

O ENSINO DE FÍSICA ALIADO A RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS (RED): As contribuições da plataforma Arduino em sala de aula

PHYSICS TEACHING COMBINED WITH DIGITAL TECHNOLOGICAL RESOURCES (RTD): the contributions of the Arduino platform in the classroom

EDUCACIÓN FÍSICA ALIADA A LOS RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES (RED): Los aportes de la plataforma Arduino en el aula

Weimar Silva Castilho

Doutor em Sistemas Mecatrônicos (Universidade de Brasília). Professor do Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT) e do curso de Licenciatura em Física no Instituto Federal do Tocantins (IFTO). weimar@ifto.edu.br

 0000-0002-5642-6049

Denise Lima de Oliveira

Doutora em educação pela Universidade Federal de Goiás (Universidade Federal de Goiás). professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins -Campus Palmas e técnica pedagógica na secretaria de Educação e Cultura do Estado do Tocantins. deniselo@ifto.edu.br

 0000-0002-7461-1600

Marco Vinicius Gomes Dutra

Licenciado em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas. marcogdutra@gmail.com

 0000-0002-7432-517X

Correspondência: Instituto Federal do Tocantins (IFTO) - Campus Palmas, Quadra Ae 310 Sul Avenida Ns 10 S/N - Plano Diretor Sul, 77021-090 – Palmas, TO – Brasil.

Recebido em: 16.02.2021

Aceito em: 01.03.2021

Publicado em: 01.04.2021.

RESUMO:

Este estudo teve por objetivo identificar a produção literária sobre o uso da plataforma Arduino como um recurso tecnológico digital (RED) para o ensino de conceitos da Física no ensino médio. Trata-se de um estudo exploratório realizado em bases de dados de periódicos científicos reconhecidos nas áreas de ensino e ciências exatas. A partir do levantamento de 32 trabalhos que se caracterizavam ao escopo deste estudo, destacaram-se quatorze artigos que traziam os resultados de projetos experimentais desenvolvidos para o ensino de conceitos científicos com o auxílio do Arduino. Os resultados desses estudos indicaram que o uso deste RED no desenvolvimento de atividades experimentais em sala de aula, além de propiciar a autonomia e o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e criativo do estudante, também se revelou como um recurso tecnologicamente viável e economicamente sustentável por ser de baixo custo, mas com qualidade e versatilidade iguais ou superiores às opções comerciais.

PALAVRAS-CHAVES: Ensino de Física. Recursos Educacionais Digitais. Arduino. Atividades Experimentais.

Introdução

O mundo passou por diversas transformações no campo das tecnologias em decorrência dos avanços científicos e do acirramento das relações comerciais entre as nações, dado o processo de globalização da economia. A inclusão das tecnologias digitais no cotidiano das organizações e na vida das pessoas alterou não apenas a dinâmica do mundo do trabalho como também impactou nas formas de consumo, nas relações interpessoais e no modo de acesso aos bens culturais historicamente produzidos pela humanidade (CORDOVA; TORT, 2016; GALERIU *et. al.*, 2014).

Entretanto, por mais influências positivas e/ou negativas que as tecnologias possam gerar há ainda uma parcela da sociedade excluída de seu alcance. Em 2016 a

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad) coletou, pela primeira vez, informações sobre o acesso da população brasileira de 10 anos ou mais de idade à Internet, à televisão e ao telefone móvel celular para uso pessoal. A pesquisa identificou que dentre os 69.318 mil domicílios pesquisados em todo país, 2,8% ainda não possuíam acesso a televisores; em 5,4% deles não havia qualquer tipo de equipamento telefônico; em 54,7% das residências não possuíam microcomputadores e que o uso doméstico da Internet foi confirmado em 69,3% dos domicílios pesquisados (BRASIL, 2016).

Esses dados indicam desafios a serem superados para assegurar a universalização do acesso aos recursos tecnológicos pela população brasileira, que vão desde a necessidade de investimentos em infraestrutura para garantir qualidade de conexão, à adoção de políticas públicas para assegurar preços mais acessíveis aos produtos e serviços disponíveis, democratizando a aquisição e a fruição de recursos tecnológicos pela população.

Em uma iniciativa de semelhante natureza, o Movimento Todos pela Educação realizou em 2017 um levantamento entre quatro mil professores da rede pública de todo país, com o intuito de identificar o uso das tecnologias digitais em sala de aula. Os dados revelaram que 55% dos professores utilizavam regularmente a tecnologia por necessidade ou curiosidade por novas ferramentas para auxiliar dia a dia.

Entretanto, ao se referir ao uso da tecnologia em sala de aula, a pesquisa identificou alguns desafios: 67% dos professores declararam ter necessidade moderada ou alta de aperfeiçoamento profissional para o uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC); 72% dos professores que utilizavam algum recurso tecnológico em sala de aula o faziam como suporte para apresentar informações ou fazer demonstrações aos estudantes; 66% dos professores apontaram defasagem no quantitativo e obsolescência dos equipamentos disponíveis em suas escolas (MOVIMENTO, 2017).

Dentre os fatores apontados pelos professores como limitadores para o uso das tecnologias em sala de aula foram citados: a percepção do impacto sobre os estudantes, visto que não associavam o uso da tecnologia à melhoria do desempenho acadêmico dos alunos; a falta de infraestrutura tecnológica nas escolas (*hardware* e *software*); a percepção de que o uso das TDIC em sala de aula aumentaria a demanda de trabalho do professor e a pressão sobre o trabalho docente e, a falta de formação específica para o uso de tecnologia em sala de aula (MOVIMENTO..., 2017).

Diante desses desafios alguns questionamentos vêm à tona a respeito da relação entre educação e tecnologias: como as tecnologias educacionais podem contribuir para relações pedagógicas mais inovadoras que impactem nos processos de ensino e de

aprendizagem e contribua com a formação dos estudantes? Qual é o papel político-social e pedagógico das escolas e dos professores diante da responsabilidade com a formação das futuras gerações? O quanto os professores estão preparados para romperem com o modelo tradicional das práticas de ensino em razão de práticas progressistas e inovadoras que valorizem a construção do conhecimento pelo estudante e o desenvolvimento de suas capacidades cognitivas, procedimentais/técnicas e atitudinais/éticas?

Libâneo (2011) salienta que a escola deve assegurar a formação cultural e científica para a vida pessoal, profissional e cidadã dos estudantes. A escola deve possibilitar uma relação autônoma, crítica e construtiva com a cultura e suas manifestações. Além disso, deve ofertar uma formação geral sólida que propicie ao estudante a capacidade de pensar criticamente e agir eticamente diante das mudanças sociais, culturais, ambientais, científicas e tecnológicas da sociedade.

Essa escola “precisa deixar de ser meramente uma agência transmissora de informação e transformar-se num lugar de análises críticas e produção da informação, onde o conhecimento possibilita atribuição de significado à informação” (LIBÂNEO, 2011, p. 12). Trata-se, assim, de uma escola que não veja o estudante como um receptor de informações, mas que possibilite o desenvolvimento de suas capacidades cognitivas, que os ensine a pensar de modo crítico e reflexivo e, sobretudo, a acessar, a dominar e a produzir um conjunto de conhecimentos necessários à sua participação ativa em sociedade.

Moran (2018) salienta que esse tensionamento por mudanças na educação tem exigido dos educadores formas mais vivas, criativas, significativas e experimentadoras do processo de ensinar. Espera-se por uma escola que não se conduza por uma visão magistrocêntrica de ensino, pautada na passividade do estudante e no cumprimento das diferentes etapas de escolarização. Uma instituição de ensino comprometida com a formação omnilateral dos sujeitos que, subsidiados por uma formação teórica consistente e qualificada, os capacite a identificar os problemas e apresentar soluções viáveis para resolvê-los.

Essa escola pressupõe uma aprendizagem contextualizada e significativa, o que implica dizer que exigirá “do aprendiz e do docente, formas diferentes de movimentação interna e externa, de motivação, seleção, interpretação, comparação, avaliação, aplicação” (MORAN, 2018, p. 38) do conhecimento, partindo de níveis mais simples para níveis mais complexos. Essa aprendizagem significativa aumenta a “flexibilidade cognitiva, que é a capacidade de alternar e realizar diferentes tarefas, operações mentais

ou objetivos e de adaptar-nos a situações inesperadas, superando modelos mentais rígidos e automatismos pouco eficientes” (p. 39).

Contudo, para que isso aconteça, é necessário repensar o papel da escola frente aos desafios da sociedade contemporânea. É preciso que a educação pública seja eleita como prioridade nacional, portanto, é imperativa a revisão das políticas de investimento para o ensino público deste país, para que assim se crie um ambiente escolar propício para tais mudanças.

Além de assegurar que os professores tenham condições dignas e objetivas de trabalho, é preciso investimentos em infraestrutura e equipamentos que permitam expandir o acesso à Internet à todas as escolas públicas em todo o país e, também, a garantia de aquisição de equipamentos tecnológicos que ampliem o uso desses recursos nas escolas.

Igualmente importante, é o compromisso a ser assumido com a formação inicial e continuada de professores para que estes tenham a possibilidade de repensar sua didática frente às novas tecnologias digitais, capacitando-os para o domínio da linguagem informacional e para o desenvolvimento de práticas metodológicas mais significativas.

A interação da escola e seus sujeitos com as tecnologias digitais compelem para que os métodos tradicionais de ensino sejam substituídos por métodos participativos que engajem o estudante na construção do próprio conhecimento por meio de pesquisas, trabalhos em grupos, compartilhamento de tarefas e resoluções de problemas (LIBÂNEO, 2011; MORAN, 2018).

Para que as TDIC sejam empregadas como recursos pedagógicos e a cultura digital seja instituída no contexto escolar, é necessário que o professor se desprenda de práticas de ensino conservadoras já enraizadas e assuma uma postura crítica e receptiva em relação à tecnologia, colocando-se, também, na posição de sujeito aprendente.

No campo do ensino de Física, a realidade dos professores que atuam na educação básica não é diferente dos demais. As práticas pedagógicas geralmente encontram-se centradas na figura do professor, com conteúdos desatualizados e tecnologias obsoletas que resultam em uma aprendizagem mecânica, descontextualizada, cansativa e reprodutivista. O foco quase sempre é na resolução de listas de exercícios e na apresentação de respostas corretas, mas sem a necessária correlação com outras áreas do conhecimento e contextualização com o cotidiano dos estudantes (MOREIRA, 2017).

A introdução de metodologias experimentais para aquisição de dados utilizando o computador representa uma alternativa viável para exploração e análise estatística de dados nas aulas de Física. O uso dos computadores e microcontroladores se tornaram

cada vez mais integrados às atividades de ensino de Física, tendo em vista que os experimentos conduzidos por essas tecnologias se tornam mais atraentes para os estudantes em relação as aulas no modelo tradicional (ATKIN, 2018; DWORAKOWSKI, *et al.*, 2016).

Estudos apontam que as metodologias experimentais no ensino de Física são enriquecedoras para os estudantes e podem ser estratégias facilitadoras para a aprendizagem de conceitos científicos. Elas permitem a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes e a correlação entre a teoria e a prática, mediante a realização do experimento, dando sentido ao que está sendo aprendido, ao aproximar o conhecimento científico aos elementos da realidade do estudante (CARVALHO; AMORIM, 2014; DWORAKOWSKI *et al.*, 2016; MORAES; SILVA, 2015; PEREIRA; MOREIRA, 2017; TUNYAGI *et al.*, 2018).

Desse modo, as atividades experimentais no ensino da Física são alternativas viáveis para o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e criativo dos alunos, visto que são metodologias com potencial para despertar seu interesse quanto ao funcionamento da Ciência e seus métodos de investigação, contribuindo para a construção de conceitos científicos a partir dos dados explorados em sala de aula (MOYA, 2017; SZMOSKI, *et al.*, 2017).

Não é possível esperar por uma nova geração de cientistas se não for permitido que os estudantes se apropriem da linguagem científica e de seus métodos. É preciso oportunizar estratégias para explorações no campo das ciências e a vivência prática de modelos científicos que possibilitem o desenvolvimento da criatividade e da curiosidade dos estudantes, preferencialmente, em um ambiente educacional amigável, construtivo e tecnologicamente viável.

As metodologias experimentais permitem a superação do enciclopedismo de termos e conceitos da Física, além de estarem em consonância com as diretrizes preconizadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) quanto à necessidade de promover o letramento científico dos estudantes.

De acordo com a BNCC o compromisso com o letramento científico deve ser iniciado desde o ensino fundamental. Este é um processo que “[...] envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais da ciência” (BRASIL, 2017, p. 273).

Para que o ensino de Física contribua com a consolidação do letramento científico em estudantes de escolas públicas é preciso investimentos em laboratórios didáticos. No entanto, considerando as condicionantes materiais a que essas escolas estão

submetidas e, diante do alto custo de equipamentos comerciais específicos que podem ultrapassam centenas de dólares, uma alternativa viável é o desenvolvimento de instrumentação eletrônica de baixo custo, facilmente encontrado no dia-a-dia e com a mesma qualidade e precisão na obtenção dos dados. Como exemplos desses equipamentos podemos citar a plataforma Arduino Uno, os resistores, os potenciômetros, o diodo emissor de luz (em inglês: *light-emitting diode* - LED), a bateria de 5V, os sensores, entre outros.

O Arduino é uma plataforma livre de *software* e *hardware* que permite o desenvolvimento de circuitos eletrônicos programável via *Universal Serial Bus* (USB) de forma rápida e prática, até mesmo por pessoas sem formação ou conhecimentos específicos em eletrônica. O Arduino tem custo relativamente baixo (na ordem de dezena de reais), possui código aberto, é fácil de transportar, é preciso e versátil, de fácil manuseio e acesso, além do fato de que diversas comunidades científicas disponibilizam esquemas das montagens e códigos gratuitamente (SOUZA *et al.*, 2011).

Assim, esse artigo tem o propósito de identificar a produção literária sobre o uso da plataforma Arduino, com a finalidade de verificar sua viabilidade como um recurso educacional digital favorável ao ensino de Física para o desenvolvimento de atividades experimentais em sala de aula.

Metodologia

A pesquisa foi elaborada diante da necessidade de identificar estudos sobre o uso da plataforma Arduino como um RED viável ao desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de Física no ensino médio. A metodologia teve como enfoque qualitativo interpretativo hermenêutico, utilizando a estratégia de análise documental com foco em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que propõe identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis (GALVÃO; PEREIRA, 2014).

Para Kitchenham (2004), a RSL deve seguir os seguintes critérios: a criação de um protocolo da revisão, a seleção dos estudos primários, a avaliação da qualidade dos estudos disponíveis e a extração e síntese dos dados. A criação do protocolo de revisão estabelece um processo de maior confiabilidade na pesquisa, tornando-a passível de reprodução.

Para tanto, elaborou-se algumas questões norteadoras que foram adotadas como critérios de exclusão e inclusão dos estudos acerca do tema: o Arduino pode ser utilizado como ferramenta no ensino de Física? A atividade experimental com o Arduino propicia

resultados satisfatórios para a construção do conhecimento pelo aluno se comparados aos resultados das aulas teóricas?

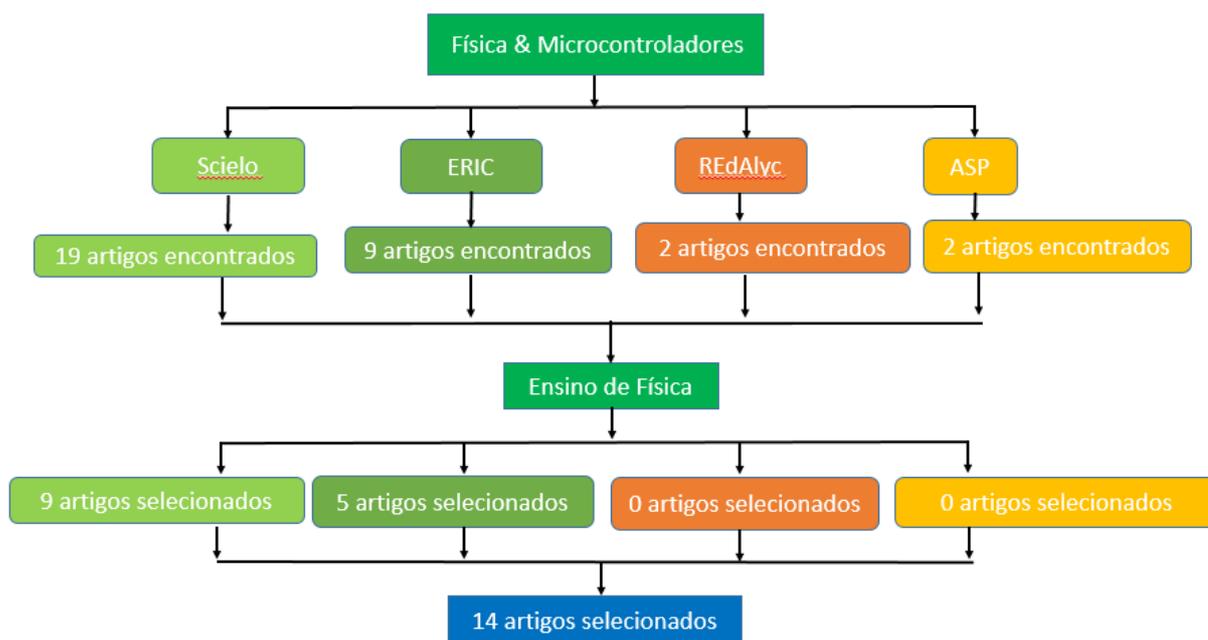
Com a finalidade de buscar respostas às essas questões, três objetivos específicos foram definidos: compreender a metodologia de ensino experimental com a plataforma Arduino, adotada no estudo selecionado; identificar roteiros experimentais com valores acessíveis que possam ser replicáveis em escolas públicas e identificar os casos que obtiveram êxito na aplicação dessa metodologia.

A busca pelos estudos foi realizada nas bases de dados de revistas nacionais e estrangeiras (nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola) especializadas nas áreas de ensino e Ciências Exatas, publicados a partir de 2010 até o mês de julho de 2020, a saber: Scielo (Scientific Electronic Library Online), ERIC (Educational Resources Information Center), REdAlyc (Red de Revistas Científicas da América Latina y el Caribe, España y Portugal), e ASP (Academic Search Premier).

Os descritores utilizados para identificação dos estudos foram “Ensino de Física”, “Física” e “microprocessadores”. Nas primeiras buscas pelas bases de dados foram identificados trinta e dois artigos com potencial para responder as perguntas da pesquisa. Em seguida, realizou-se a leitura do resumo de todos os artigos selecionados e dos trechos contendo os descritores usados na busca, com a finalidade de avaliar o alinhamento do artigo com os objetivos desta pesquisa.

Após essa etapa foram mantidos apenas os artigos que abordavam de forma explícita o uso da plataforma Arduino aplicado ao ensino de Física, considerando-se a metodologia de ensino e o roteiro das atividades experimentais com a plataforma. Seguindo os critérios de seleção, nove foram selecionados para análise, sendo nove artigos na base de dados da Scielo e cinco na base Eric.

Figura 1. Fluxograma dos artigos selecionados para o estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Resultados e discussões

No Quadro 1, apresenta-se a identidade dos artigos analisados e os aspectos relevantes das produções científicas com o tema ensino de Física e o uso da plataforma Arduino. Observou-se que as produções concentraram-se no período de 2011 a 2018, demonstrando que a partir de 2017 houve o aumento das publicações em 65%.

Todos os estudos analisados apresentaram como principais características o baixo custo para aquisição dos componentes utilizados nos experimentos e o fácil acesso aos materiais informativos (roteiros) para elaboração dos projetos. Além disso, houve um consenso entre os pesquisadores de que a plataforma Arduino pode ser utilizada como apoio às práticas de ensino dos professores de Física (CARVALHO; AMORIM, 2014; CARVALHO NETO et al., 2017; DWORAKOWSKI et al., 2016; MORAES; SILVA, 2015; PEREIRA; MOREIRA, 2017; TUNYAGI et al., 2018; SZMOSKI et al., 2017).

A seguir, o quadro 1 apresenta o comparativo dos artigos selecionados e analisados:

Quadro 1. Comparação de estudos envolvendo ensino de Física e Arduino

AUTOR E ANO	ARTIGO	OBJETIVO	CONTRIBUIÇÕES
Cavalcante et al. (2011)	Física com Arduino para iniciantes.	Aquisição e automação de dados em atividades experimentais de Física.	Propostas didáticas para a interação com o Arduino com tutoriais que possibilitam a reprodução dos experimentos.

Souza et al. (2011)	A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC	Apresentar a placa Arduino, para aquisição de dados.	Uma opção de baixo custo para a aquisição de dados com um PC. E duas aplicações que mostram as potencialidades dessa plataforma.
Galeriu et al. (2014)	Uma investigação Arduino de movimento harmônico simples.	Investigar o movimento harmônico simples de uma massa em uma mola.	Atividade interdisciplinar integra a eletrônica, programação de computadores, Física e Matemática.
Cordova; Tort (2016)	Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre.	Medir a aceleração da gravidade g no laboratório de Física.	Resultados experimentais com um erro relativo de 0,1% comparados com o valor local de g medido pelo Observatório Nacional, Rio de Janeiro.
Dworakowski et al. (2016)	Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real.	Construir um aparato experimental indicado para o ensino de gráficos da Cinemática.	Identificou melhor desempenho dos estudantes, na análise e interpretação de gráficos de movimento. real, a partir do aparato experimental utilizado.
Moya (2017)	Tempo de Conexão e Frequência no Circuito RC.	Estudar a carga e descarga de um capacitor através de um resistor.	Permite comparação das constantes de tempo.
Szmoski et al. (2017)	Desenvolvimento de um aparato experimental de baixo custo para o estudo de objetos em queda: análise do movimento de magnetos em tubos verticalmente orientados.	Propor um aparato experimental de baixo custo para estudar estes comportamentos de modo quantitativo.	Os resultados obtidos corroboram com os resultados previstos teóricos.
Carvalho Neto et al. (2017)	Sistema <i>photogate</i> de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de Física.	Descrever e disponibilizar um sistema de chaves óticas (<i>photogates</i>) completo (hardware + software) para uso em laboratórios didáticos de Física.	Na estruturação e autonomia de laboratórios de ensino ao propiciando o desenvolvimento de projetos robustos com qualidade e versatilidade iguais ou superiores às opções comerciais.
Nascimento et al. (2018)	Descrição temporal de forças de colisão: um modelo didático para laboratório de física assistido por sistema embarcado.	Modelar a força de colisão em uma bola.	Verificou-se as leis da mecânica clássica, com notável exatidão.
Silveira et al. (2018)	Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio.	Desenvolver dois experimentos que apresentam relações entre frequências invisíveis e inaudíveis.	Atividade inclusiva, que permitiu uma experiência sensorial a estudantes cegos e surdos.

Cordova <i>et al.</i> (2018)	Audiotermômetro: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual.	Reduzir as dificuldades apresentadas e por estudantes com deficiência visual.	Possibilita identificar os valores das temperaturas, pelo som.
Tunyagi <i>et al.</i> (2018)	Determinação do coeficiente de atrito por medições de resistência elétrica.	Obter do coeficiente de atrito, usando um cordão de borracha e um sensor de força.	Os resultados obtidos são corroboram os resultados da literatura.
Espindola <i>et al.</i> (2018)	Uso de um Arduino para estudar a força de empuxo.	Medir peso aparente em função da profundidade utilizando duas células de carga conectadas a um Arduino.	Verificou o princípio de Arquimedes, a terceira lei de Newton, e calculou a densidade do líquido.
Atkin (2018)	Investigando a Lei Torricelli Usando um Sensor de Pressão com o Arduino e MakerPlot.	Examinar a lei de Torricelli para o fluxo de líquido de um pequeno orifício de drenagem em um recipiente.	Melhor obtenção de dados com uma substituição de técnica.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os autores dos artigos avaliados não explicitam uma teoria de aprendizagem específica como norteadora da prática pedagógica, porém, observou-se que todos corroboram com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que afirma que uma nova informação ancora-se nos conceitos relevantes ou subsunções pré-existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, pressupondo a participação, o diálogo e a reflexão crítica dos estudantes (D'AUSILIO, 2011; MOREIRA; MASINI, 2002).

Cavalcante et al. (2011), apresentaram diferentes modos de operar a plataforma Arduino, uma delas foi a interface alternativa para aquisição e automação de dados em atividades experimentais de Física via porta USB do computador.

Neste trabalho, o experimento selecionado foi o estudo da carga e descarga de um capacitor, em um circuito Resistor Capacitor (RC). Foram apresentadas as etapas de interação com o Arduino, construção do circuito, coleta e visualização gráfica simultânea. Para cada etapa foram apresentados todos os códigos fontes necessários para a interação com o microprocessador.

Com isso, Cavalcante et al. (2011), mostraram como podemos transitar de uma aplicação em que o Arduino se comportou apenas como uma interface de aquisição de dados em tempo real com o auxílio do software Processing para a leitura dos dados captados e sua transformação em gráficos. O estudo demonstrou as potencialidades que um microcontrolador pode oferecer e a gama de possibilidades para sua exploração, sobretudo, por se tratar de um recurso de código aberto, o que facilita muito o seu uso e disseminação.

Carvalho Neto et al. (2017) descreveram e disponibilizam um sistema composto por hardware e software livres para uso em laboratórios didáticos de Física. Utilizados

para diferentes abordagens e com bom tempo de resposta (aproximadamente 1ms) e precisão na coleta de dados, com conversão analógica-digital de até 10 bits.

O RED foi utilizado em fase de teste em três experimentos: plano inclinado, viscosímetro e pêndulo simples. Os autores relataram que os estudantes montaram o aparato experimental sem dificuldades e o código do programa foi informado pelos professores/autores, para obtenção dos dados. Também, destacaram que é fundamental observar os processos subjacentes aos dispositivos de aquisição de dados para uma correta avaliação e limitações experimentais (CARVALHO NETO et al., 2017).

O estudo constatou que as atividades experimentais no ensino possibilitam aos estudantes o contato com as grandezas físicas a partir de procedimentos do método científico. A proposta de trabalho desses autores possibilitou o desenvolvimento de um projeto com recursos razoavelmente sofisticados, necessitando de conhecimentos básicos de eletrônica e programação para implementar o algoritmo. A proposta se baseou no conceito de projetos compartilhados com acesso livre aos códigos de programação. Os exemplos ilustraram a versatilidade do Arduino e a qualidade dos resultados obtidos, ratificando sua viabilidade para a prática de atividades experimentais que demandariam o uso dos laboratórios didáticos de Física (CARVALHO NETO et al., 2017).

Dworakowski et al. (2016) descreveram a construção de um aparato experimental para facilitar a aquisição de dados para esboçar os gráficos de cinemática. O aparato experimental utilizou o software PLX-DAQ, além de um sensor sonar de ultrassom acoplado em uma plataforma Arduino com o objetivo de registrar as posições e distâncias dos objetos. O aparato instrumental foi desenvolvido para aulas do primeiro ano do ensino médio, na condição de produto educacional, desenvolvido e aplicado durante a pós-graduação em nível de mestrado profissionalizante.

A atividade prática consistia em assistir uma demonstração sobre o funcionamento do equipamento e, em seguida, os estudantes testavam sua funcionalidade. A sala foi dividida em cinco grupos e cada grupo recebeu um kit experimental. Ao iniciar o experimento deslocando o objeto, geravam-se os dados de espaço e tempo, em tempo real para obtenção do gráfico. Assim, os estudantes comparavam o gráfico produzido com o gráfico recebido para análise, identificando a situação do movimento por meio dos gráficos.

A motivação dos autores Dworakowski et al. (2016) para desenvolver essa atividade se deu quando os estudantes apresentaram dificuldades para coletar e tabular os dados de tempo e distância nas atividades experimentais e em esboçar os gráficos da Cinemática.

Tendo por objetivo a superação das dificuldades relatadas pelos alunos, as atividades descritas no trabalho contribuíram para que os estudantes se familiarizassem com a obtenção e a utilização de dados em tempo real, algo até então, nunca experimentado por eles. Com isso, os alunos tiveram a oportunidade de interpretar resultados qualitativos e de reproduzir gráficos de movimento, em tempo real, a partir da plataforma Arduino e do software Parallax Inc. Os autores constataram, ao longo do conjunto de atividades, o desenvolvimento progressivo dos estudantes, avaliado como plenamente satisfatório em relação aos objetivos de aprendizagem previstos.

Souza et al. (2011) apresentaram experimentos didáticos em sala de aula utilizando a plataforma Arduino para o estudo das oscilações amortecidas. Para tanto, registrou-se o movimento amortecido de uma régua de plástico com um pequeno espelho plano fixado em uma das extremidades e a outra extremidade da régua, foi fixada com auxílio de um pequeno pedestal. Em seguida, tocava-se a extremidade livre da régua fazendo vibrar no sentido vertical. Utilizando um apontador laser, um espelho para refletir a luz e um LDR (Light Dependent Resistor), formou o aparato experimental que, com poucos ajustes também poderia ser utilizado para estudar trocas radiativas. Todos os programas, detalhes da montagem experimental e locais onde a versão nacional da placa Arduino (Freeduino-BR), podem ser obtidas diretamente, via e-mail, com o autor correspondente.

A placa Arduino nesse experimento foi utilizada para coleta de dados, entretanto, as possibilidades de aplicação vão muito além disso. Os autores apontaram aplicações em que pequenos componentes eletrônicos como resistores, termistores e LDR podem ser usados com transdutores (dispositivo utilizado em conversão de energia de uma natureza para outra) de baixo custo como complementos simples para a placa Arduino. Todo o sistema deste RED para aquisição de dados tem alta portabilidade sendo conveniente para experiências de campo, quando usados com um laptop (SOUZA et al. 2011).

Galeriu et al. (2014) perceberam as vantagens de usar a plataforma Arduino para experimentos de laboratório didáticos nas escolas de ensino médio, pois esses equipamentos experimentais têm custo inferior às alternativas comerciais.

As atividades experimentais desenvolvidas foram as do movimento harmônico simples (MHS) massa e mola. Nessa atividade foi utilizado apenas um sensor de distância ultrassônico e uma microcontrolador Arduino. Os dados obtidos foram representados graficamente e analisados usando o programa Origem 9. Os códigos de programação utilizados eram relativamente simples e não requeriam conhecimentos profundos de programação, facilitando que o professor explorasse as inúmeras potencialidades que um microcontrolador pode oferecer.

Os autores descreveram o baixo custo dos componentes para a construção do RED, a facilidade de montagem e a precisão dos dados obtidos por ele, quando comparado com os dados previstos no modelo teórico. Durante a atividade revelou-se conexões fundamentais entre a Física, eletrônica, programação em computadores e a Matemática o que possibilita a interdisciplinaridade entre as áreas de conhecimento. Observou-se ainda que os estudantes estiveram motivados no decorrer das atividades experimentais visto que tiveram a oportunidade de construir o conhecimento de forma autônoma e prazerosa (GALERIU et al., 2014).

Cordova e Tort (2016) elaboraram um RED para o desenvolvimento de uma atividade experimental para medir a aceleração da gravidade (g) local, utilizando uma plataforma Arduino. Foram realizados dois encontros com os estudantes sendo o primeiro, para apresentar os fundamentos teóricos e o arranjo experimental e o segundo, para que os estudantes fizessem a coleta e análise de dados. Os resultados experimentais obtidos em sala de aula nesse experimento apresentaram erro relativo inferior a 0,1%, se comparados com o valor local de g medido no Observatório Nacional do Rio de Janeiro.

Foi disponibilizado pelos autores os códigos fonte, esquema de montagem do aparato e também observaram que não há a necessidade de profundos conhecimentos em eletrônica para montar o circuito. Os autores destacam ainda o baixo custo da montagem do aparato experimental e sua eficiência em calcular o tempo de queda livre de um corpo, com precisão do tempo em milissegundos.

Moya (2017) realizou um estudo experimental de carga e descarga de um capacitor, em um circuito elétrico simples com uma fonte, um resistor e um capacitor, para introdução dos conceitos da variação exponencial da corrente elétrica e da tensão em função da constante de tempo. A determinação da constante de tempo do circuito RC, pode ser usada para medir valores desconhecidos de resistência ou capacitância. O autor desenvolveu uma plataforma Arduino que demonstra como a constante de tempo do circuito RC pode ser facilmente determinada.

O estudo revelou a capacidade da aplicação do experimento para laboratório de física em diversos cursos de graduação como por exemplo cursos de química, engenharia, informática e eletrônica. Os valores obtidos durante as coletas de dados demonstraram estar em excelente acordo com os valores teóricos esperados pela literatura. Essa atividade possibilitou aos estudantes utilizarem técnicas experimentais, a comparação das constantes de tempo obtidas e a correlação dos domínios do tempo e da frequência.

Szmoski et al. (2017) compararam dois enfoques teóricos distintos para a determinação da velocidade terminal do imã dentro de tubos metálicos. A proposta deste trabalho foi a elaboração de um aparato experimental de baixo custo utilizando o Arduino para estudar quantitativamente e qualitativamente o movimento descrito por magnetos em queda dentro de tubo metálico, visando explorar as leis da queda dos corpos e da indução atribuída à Faraday e Lenz.

O aparato contava com um sensor ultrassônico, acoplado ao microcontrolador Arduino que possibilitava acompanhar o deslocamento do magneto em intervalos tempo curtos (1ms) para, por fim, calcular a velocidade e a aceleração do magneto. Os resultados obtidos apresentaram concordância com os resultados previstos pela teoria. O estudo demonstrou que a plataforma Arduino permite uma infinidade de atividades experimentais para o ensino de Física e que sua utilização em sala de aula de forma bem orientada, representa um passo importante para a construção do conhecimento pelos estudantes com o apoio de um recurso tecnológico (SZMOSKI et al., 2017).

Nascimento et al. (2018) modelaram um experimento para descrever temporalmente as forças de colisão em uma bola. Para essa atividade os autores desenvolveram circuito programável com um Arduino e um sensor piezoelétrico ligado a um computador, onde se deixava cair uma determinada bola com massa m a uma altura y na vertical em cima deste sensor. A programação foi feita em linguagem Wiring (semelhante à linguagem C++) para ler o sinal do sensor e calcular a intensidade da força. Após a colisão, imediatamente, o programa forneceu dados para elaboração de uma tabela força \times tempo com a resolução de $120 \mu\text{s}$, comprovando as leis da conservação do momento e da energia.

Os autores desse trabalho apresentaram o esquema de montagem e códigos fontes para ser reproduzido e testado, além de ensinarem a calibrar o aparato experimental após sua construção para encontrar a constante de proporcionalidade (λ), pois o Sensor Piezoelétrico manda sinal elétrico (V) para o Arduino e esse sinal elétrico é proporcional a força (F) aplicada vezes a constante de proporcionalidade $V = \lambda F$.

O custo total do aparato experimental, foi próximo de R\$ 160,00 exceto o computador, obtendo resultados muito próximos aos comparados com a literatura. Os testes de desempenho do aparato experimental permitiram a exploração minuciosa da força durante a colisão. Além disso, também demonstrou que o aparato tem potencial para ser usado para a exploração experimental de outros fenômenos, sendo necessário apenas a trocar dos sensores e de ajustes no programa (MASCIMENTO et al., 2018).

Tunyagi et al. (2018) apresentaram uma experiência simples e de baixo custo, utilizado o Arduino para medir o coeficiente de atrito entre a madeira e outras

superfícies, utilizando um cordão condutor de borracha como sensor de força. Essa atividade foi desenvolvida para estudantes do ensino médio e superior.

Pedagogicamente, o estudo confirmou que aliar a teoria às atividades práticas auxilia nos processos de ensino e de aprendizagem, pois o estudante deixou de ser mero expectador das aulas expositivas e, ao ser desafiado a resolver os problemas propostos, acessou conhecimentos prévios, refletiu sobre os possíveis resultados, definiu caminhos para chegar aos resultados, acessou conhecimentos teóricos para resolver atividades práticas, construindo e dando significado ao conhecimento assimilado.

Espindola et al. (2018) estudaram o peso aparente dos corpos, propondo um aparato experimental que media a força resultante exercida pelo fluido sobre um corpo, em função da profundidade dentro de um cilindro com água. Neste experimento optou-se pelo uso do microcontrolador Arduino para a obtenção automática dos dados. A programação foi feita pelos próprios professores com pouca experiência em linguagens de programação, de forma fácil e intuitiva se comparada com as demais linguagens.

De acordo com a pesquisa, o experimento proporcionou ao estudante uma melhor compreensão do princípio de Arquimedes, da terceira lei de Newton e da densidade de um líquido. Demonstrou também que o aparato experimental pode ser usado em laboratórios de Física substituindo os kits comerciais, já que as limitações quanto à precisão são irrelevantes quando comparadas com as inúmeras possibilidades de aprendizagem do estudante (ESPINDOLA et al., 2018).

Atkin (2018) estudou o fluxo de líquido dentro de um recipiente com orifício de drenagem sob a ação da gravidade, baseado no teorema de Torricelli. Existem duas maneiras para modelar esse sistema: utilizando uma abordagem baseada em cálculo tradicional ou um método computacional sem cálculos, sendo que a segunda opção é mais apropriada para os estudantes de ensino médio.

Com base nisso, foi desenvolvido um experimento utilizando a plataforma Arduino para sensoriamento de pressão, que permitiu medir o fluxo do fluido a uma taxa proporcional à raiz quadrada da altura do líquido acima do orifício. O autor disponibilizou o esquema de montagem, os materiais utilizados no experimento e os códigos para a programação, possibilitando a reprodução do aparato experimental. Esse trabalho revelou-se capaz de demonstrar tanto na teoria quanto na prática o teorema de Torricelli.

Cordova et al. (2018) desenvolveram atividades experimentais inclusivas à luz das Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica. Os autores desenvolveram um termômetro utilizando a plataforma Arduino capaz de emitir sinais

sonoros audíveis quando houvesse a medida de temperatura. A escala das temperaturas variava de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, discriminadas de 0,5 em 0,5 $^{\circ}\text{C}$.

A atividade experimental revelou-se uma tecnologia assistiva capaz de assegurar o direito à aprendizagem aos estudantes com deficiência visual nas aulas de Física, não apenas para o estudo prático de termometria, mas também, se mostrou eficiente para medir outras grandezas da física, tais como tensão (áudio-voltímetro) e corrente elétrica (áudio-amperímetro) (CORDOVA et al., 2018).

Silveira et al. (2018) desenvolveram dois experimentos que apresentam relações entre frequências inaudíveis e visíveis, através do processamento ondulatório com a plataforma Arduino, convertidas em frequências que sensibilizam os sentidos.

Independente da natureza das ondas eletromagnética ou mecânica, o ser humano é capaz de identificar algumas faixas através dos nossos sentidos, porém, as pessoas com deficiência auditiva, ficam restritas às frequências audíveis, mas conseguem perceber as ondas visíveis. Assim, os experimentos tiveram como objetivo proporcionar que estudantes com deficiência visual ou auditiva tivessem a mesma oportunidade de interação com o conteúdo explorado nas atividades práticas das aulas de Física (SILVEIRA et al., 2018).

Os autores destacam que uma das maiores dificuldades de estudantes com deficiência visual na aprendizagem de Física está relacionada a ausência de elementos que os ajudem a compreender os conceitos científicos trabalhados em sala de aula. Por conta disso, esses professores desenvolveram dois experimentos assistivos com a plataforma Arduino que poderão auxiliar a esses alunos na apreensão desse conteúdo, possibilitando que estudantes com surdez “vejam” o som em forma de luz e os estudantes cegos “escutem” a luz em forma de som (SILVEIRA et al., 2018).

Considerações finais

Os artigos selecionados apresentaram propostas que podem ser reproduzidas com facilidade e aplicadas em sala de aula, privilegiando a realização de atividades experimentais. Os estudos evidenciaram que a plataforma Arduino é um RED eficiente na reprodução e simulação de fenômenos físicos, pois se trata de um equipamento de baixo custo especialmente quando comparados às opções comerciais, de fácil operacionalização, com capacidade de medições precisas e eficientes.

A plataforma Arduino possui uma interface gráfica versátil para aquisição e automação dos dados, facilmente adaptada para controlar diversos experimentos didáticos, já que sua programação é acessível até para pessoas que desconhecem a linguagem de programação. Com poucas modificações no código, o professor pode

adaptar as propostas experimentais para atender às necessidades didáticas específicas dos estudantes.

Outra vantagem desse equipamento é que a interface gráfica do Arduino encontra-se disponível para desktops e dispositivos móveis, como os smartphones, o que permite seu acesso de forma remota. Sua utilização é fácil e atrativa para os estudantes do ensino médio, que podem ser estimulados a realizarem experimentos fora do ambiente escolar, bastando apenas ter conexão com a Internet. Portanto, constitui-se um recurso pedagógico adequado e versátil para realizar experimentos e demonstrações dentro ou fora da sala de aula.

Os autores dos trabalhos selecionados foram unânimes ao utilizar os conceitos de materiais de baixo custo nas atividades experimentais. A plataforma Arduino se apresenta como um RED eficiente e uma alternativa viável diante da falta de equipamentos e laboratórios didáticos de Física, até mesmo para os estudos de Física Moderna, pois a aquisição dos componentes eletrônicos é acessível se comparados aos kits experimentais e equipamentos tradicionais divulgados e vendidos no mercado.

Sob o ponto de vista didático, o Arduino é um RED que auxilia no letramento científico dos estudantes, pois a partir de roteiros claros, bem definidos e estruturados, os estudantes são estimulados à iniciação científica a partir da vivência e resolução de problemas que exigem formulação de hipóteses, coleta de dados, análise e discussão dos resultados obtidos e, por fim, a compreensão dos fenômenos estudados.

Todos os estudos analisado apresentam as propostas parcial ou total da construção dos aparatos experimentais, em alguns casos os autores evidenciaram a possibilidade de novas abordagens com inúmeras oportunidades de contextualização, adaptando os materiais e instrumentos disponíveis por professores e estudantes. É importante destacar que o uso da plataforma Arduino em mais de 50% dos trabalhos foram para obtenção de dados, pois esse recurso permite obter medidas de grandezas físicas de forma rápida e precisa através dos sensores. Os sensores mais utilizados pelos autores foram: sensor de pressão, sensor de luminosidade, receptor de temperatura, ópticos e ultrassônicos.

O Arduino mostrou-se um RED eficiente para o ensino de Física por possibilitar a realização de atividades experimentais independentemente da existência de laboratórios didáticos de Física. Além disso, o uso de tecnologias em sala de aula possibilita a criação de uma ambiente estimulante, agradável e participativo, o que favorece a aprendizagem.

A realização dessas práticas despertam o interesse e a curiosidade dos estudantes pela Física, desenvolve o espírito investigativo dos alunos, desperta seu interesse e

curiosidade pela ciência e assegura seu envolvimento com a construção do conhecimento de forma significativa.

Entretanto, mesmo diante dessas vantagens este é recurso ainda pouco conhecido e pouco utilizado nas escolas públicas e nas aulas de Física, apesar de ser difundido em diversas pesquisas acadêmicas. Esse é um problema que pode estar relacionado ao desconhecimento dos professores quanto as inúmeras possibilidades que o uso desse RED traz para o ensino de Física e de como seu emprego nas atividades experimentais em sala de aula poderia favorecer a aprendizagem dos alunos.

Essa constatação indica a necessidade da formação continuada dos professores que atuam na educação básica tanto no que se refere a diversidade de RED que podem ser utilizados em sala de aula, quanto na sua operacionalização e no desenvolvimento de estratégias metodológicas adequadas ao seu uso.

Portanto, considerar o uso da plataforma Arduino no ensino de Física pode ser uma opção interessante e eficiente para o desenvolvimento de atividades experimentais, pois é uma tecnologia de baixo custo, o que para o contexto das escolas públicas brasileiras, é uma alternativa economicamente sustentável, socialmente justa e tecnologicamente viável.

Referências

- ATKIN, K. Investigating the Torricelli law using a pressure sensor with the Arduino and MakerPlot. **Physics Education**, v. 53, n. 6, p. 65, 2018.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 16/04/2020.
- CARVALHO NETO, J. T. de; APOLINÁRIO, F. R.; SOARES, A. A. Sistema photogate de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 40, n. 1, 2017.
- CARVALHO, L. R. M.; AMORIM, H. S. Observando as marés atmosféricas: uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 1-7, Sept. 2014.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 4503, Dec. 2011.
- CORDOVA, H. P., AGUIAR, C. E., AMORIM, H. S. D., SATHLER, K. S. O., & SANTOS, A. C. F. D. Audiotermômetro: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 40, n. 2, e2505, 2018.
- CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 38, n. 2, 2016.
- D'AUSILIO, A. Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment. **Behavior Research**, [S.l.], n. p. 25 out. 2011.
- DWORAKOWSKI, L. A. HARTMANN, L., MASSAYUKI Â. KAKUNO, M., E., & TEIXEIRA DORNELES, P. F. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 38, n. 3, 2016.

- ESPINDOLA, P. R.; Cena, C. R.; Alves, D. C.; Bozano, B. D. F., Goncalves, A. M. B.; Use of an Arduino to study buoyancy force. **Physics Education**, v. 53, n. 3, p. 035010, 2018.
- GALERIU, Calin; EDWARDS, Scott; ESPER, Geoffrey. An Arduino investigation of simple harmonic motion. **The Physics Teacher**, v. 52, n. 3, p. 157-159, 2014.
- GALVAO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183-184, Mar. 2014. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222014000100183&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 22 de setembro de 2020. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742014000100018>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – Pnad Contínua**. Brasília: Inep, 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101543>>. Acesso em: 16/04/2020.
- KITCHENHAM, B. A. 2004 Procedures for Performing Systematic Reviews, Tech. report TR/SE-0401, **Keele University**, 2004.
- LEITE, L. S. Mídia e a perspectiva da tecnologia educacional no processo pedagógico contemporâneo. In: FREIRE, Wendel. (org). **Tecnologia e educação: as mídias na prática docente**. 1. ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2008. p. 61-78.
- LIBÂNEO, J. C.. **Adeus professor, adeus professora?** Novas exigências educacionais e profissão docente. Goiânia: Cortez, 2011. 51 p.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Editora Centauro, 2002.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.
- MOVIMENTO TODOS PELA EDUCAÇÃO. **O que pensam os professores brasileiros sobre a tecnologia digital em sala de aula**. Disponível em: <https://www.todospelaeducacao.org.br/conteudo/O-que-pensam-os-professores-brasileiros-sobre-a-tecnologia-digital-em-sala-de-aula/?pag=2>. Acesso em: 16/04/2020.
- MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 35-76.
- MOYA, A. A. Connecting Time and Frequency in the RC Circuit. **The Physics Teacher**, v. 55, n. 4, p. 228-230, 2017.
- NASCIMENTO JUNIOR, J. F.; BORGES, V. E. S.; NASCIMENTO, R. M. M. F. Descrição temporal de forças de colisão: um modelo didático para laboratório de física assistido por sistema embarcado. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 41, n. 3, 2018.
- SAMPAIO, RF; MANCINI, MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Rev. bras. fisioter.**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, Feb. 2007.
- SILVEIRA, M. V.; BARTHEM, R. B.; SANTOS, A. C.: Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 41, n. 1, 2018.
- SOUZA, A. D., PAIXÃO, A. C., UZÊDA, D. D., DIAS, M. A., DUARTE, S., & AMORIM, H. D. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 2011, 1702, 2011.
- SZMOSKI, R. M., DOFF, A., LENART, V. M., SCHWIDERKE, S. K., & FACHINI, L. V. Desenvolvimento de um aparato experimental de baixo custo para o estudo de objetos em queda: análise do movimento de magnetos em tubos verticalmente orientados. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 40, n. 1, 2017.

TUNYAGI, A.; Kandrai, K.; Fülöp, Z.; Kapusi, Z.; Simon, A.; Friction coefficient determination by electrical resistance measurements. *Physics Education*, v. 53, n. 3, p. 28, 2018.

ABSTRACT:

This study aimed to identify the literary production on the use of the Arduino platform as a digital technological resource (RED) for teaching physics concepts in high school. This is an exploratory study carried out in databases of recognized scientific journals in the areas of teaching and exact sciences. From the survey of 32 works that were characterized by the scope of this study, fourteen articles stood out that brought the results of experimental projects developed for the teaching of scientific concepts with the help of Arduino. The results of these studies indicated that the use of this RED in the development of experimental activities in the classroom, in addition to providing autonomy and the development of the student's scientific, critical and creative thinking, also proved to be a technologically viable and economically sustainable resource for low cost, but with quality and versatility equal to or greater than commercial options.

KEYWORDS: Physics teaching. Digital Educational Resources. Arduino; Experimental Activities.

RESUMEN:

Este estudio tuvo como objetivo identificar la producción literaria sobre el uso de la plataforma Arduino como recurso tecnológico digital (RED) para la enseñanza de conceptos de física en la escuela secundaria. Se trata de un estudio exploratorio realizado en bases de datos de reconocidas revistas científicas en las áreas de docencia y ciencias exactas. Del relevamiento de 32 trabajos que se caracterizaron por el alcance de este estudio, se destacaron catorce artículos que trajeron los resultados de proyectos experimentales desarrollados para la enseñanza de conceptos científicos con la ayuda de Arduino. Los resultados de estos estudios indicaron que el uso de esta RED en el desarrollo de actividades experimentales en el aula, además de brindar autonomía y el desarrollo del pensamiento científico, crítico y creativo del estudiante, también resultó ser un recurso tecnológicamente viable y económicamente sostenible. recurso a bajo costo, pero con calidad y versatilidad igual o superior a las opciones comerciales.

PALABRAS-CLAVES: Enseñanza de la física. Recursos educativos digitales. Arduino. Actividades experimentales.