

REFLEXÕES ACERCA DE UM CURSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA DOCENTE SOBRE O ARDUINO E O ENSINO DE FÍSICA OFERTADO NA MODALIDADE DE ENSINO REMOTO EMERGENCIAL

Reflections on a continuing teacher education course on Arduino and the teaching of physics offered in the modality of emergency remote teaching

Adriana de Andrade [adriana-ifsp@hotmail.com]

Marcio Vinicius Corrallo [corrallo@ifsp.edu.br]

Instituto Federal de São Paulo Campus São Paulo

GPITEF - Grupo de Pesquisa em Inovação Tecnológica para o Ensino de Física

Rua Pedro Vicente, 625 - Canindé - São Paulo – SP

Recebido em: 19/12/2021

Aceito em: 07/07/2022

Resumo

As inovações na educação demandam um esforço, muitas vezes, maior do que em outros setores da sociedade. Assim sendo, é preciso um contínuo processo de formação docente, indo além da operacionalização da tecnologia, mas oportunizando a reflexão acerca da prática docente, tanto para aspectos técnicos como pedagógicos. Articulado a esse pensamento, este trabalho relata o desenho e a condução de um curso de extensão realizado na perspectiva do ensino remoto emergencial, para professores de física, durante o isolamento social, em uma Instituição Pública de Ensino Superior, localizada na cidade de São Paulo. O curso tinha como temática a inserção da automatização da coleta de dados em laboratório didático de física, com a plataforma de prototipagem Arduino. Devido à necessidade de adaptação, os experimentos e proposições foram realizados também com o simulador Tinkercad. Os resultados obtidos, com enquetes e participação em fóruns, apontaram uma excelente valorização da metodologia empregada no curso.

Palavras-chave: Arduino; Tinkercad; Ensino Remoto Emergencial; Pensamento Computacional; educação a distância.

Abstract

Innovations in education often require more effort than in other sectors of society. Therefore, a continuous teacher training process is necessary, going beyond the operationalization of technology, but providing opportunities for reflection on teaching practice, both in the technical and pedagogical aspects. Linked to this thought, this paper on the design and conduct of an extension course carried out from the perspective of emergency distance education, for physics teachers, during social isolation, in a Public Institution of Higher Education, located in the city of São Paulo. The course had as its theme the insertion of automation of data collection in a didactic physics laboratory, with the Arduino prototyping platform. Due to the need for adaptation, the experiments and propositions were also carried out with the simulator Tinkercad. The results obtained, with research and participation in forums, showed an excellent appreciation of the methodology used in the course.

Keywords: Arduino; Tinkercad; Emergency Remote Learning; Computational Thinking; e-learning.

Introdução

As tecnologias vêm modificando o jeito que a população interage com os serviços, os processos e a forma de comunicação. Todavia, as inovações impõem esforço e tempo para que a sua adesão seja plena. Na educação, o processo de incorporação de novos métodos parece demandar um esforço ainda maior, e, sem dúvida, carece de períodos mais elásticos para que os atores se ajustem às mudanças. A fim de favorecer as inovações na educação, é esperado um processo contínuo de formação dos atores, tanto para os aspectos técnicos oriundos da própria tecnologia, quanto das inovações pedagógicas que possam potencializar os processos de ensino e aprendizagem. Além disso, a formação deve ser amparada em um processo crítico-reflexivo sobre a adoção das tecnologias, permitindo que os atores sejam capazes de elencar as tecnologias que melhor se adaptem aos episódios pedagógicos escolhidos.

É razoável afirmar que somente a formação inicial de professores de física não tem dado conta em municiar os egressos com as ferramentas tecnológicas, e, muito menos, a sua articulação com o conteúdo a ser ensinado e as abordagens didático-pedagógicas que visem o protagonismo do estudante, especialmente durante as atividades práticas propostas no laboratório didático de física.

Nessa conjectura, a formação continuada é uma possibilidade real para tentar sanar as lacunas que os professores têm em sua formação, bem como sua contínua adaptação ao cenário da educação do século XXI. É bem verdade que muitos programas de formação continuada são ineficazes, ora por trazer soluções para problemas que o docente ainda não se deu conta, ora por uma baixa articulação entre teoria e prática. Em contrapartida, os cursos de extensão, ofertados por instituições de ensino superior, podem assim articular os elementos do tripé ensino-pesquisa-extensão, princípio da indissociabilidade do artigo 207 da Constituição Brasileira de 1988 (Brasil, 2021), potencializando ações que emergem do cotidiano escolar do docente e seus saberes, e que possam vincular com a pesquisa, fruto de uma possível ação conjunta da universidade e da escola.

Inovar nem sempre é uma tarefa simples e indolor. Para Cuenca et al. (2007), a inovação educacional está atrelada ao contexto de sua implementação, aos padrões culturais subjacentes, às concepções de ensino dos atores e ao próprio campo de conhecimento que se pretende implementar a inovação.

Dentro dessas perspectivas, surge a proposta de um curso de extensão¹ para professores de física e egressos de licenciatura em física, o qual traz uma alternativa para as atividades experimentais, tanto para os cursos presenciais de física quanto para o contexto de ensino remoto emergencial, ou seja, a implementação de sistemas de aquisição de dados com a plataforma de prototipagem Arduino². McRoberts (2013, p. 24) nos lembra que a “[...] maior vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a sua facilidade de utilização, o que permite que pessoas que não sejam de áreas técnicas possam aprender o básico e criar seus próprios projetos [...]”. A versatilidade do Arduino associada ao seu custo acessível permite vislumbrar, não só a automatização de experimento *in loco*, mas a possibilidade de compartilhamento de dados com acesso remoto, ou, ainda, a replicação de experimentos simples pelos estudantes em suas residências.

A excepcionalidade gerada pela pandemia, causada pelo vírus SARS-CoV-2, trouxe enorme mudança no cenário educacional. Impulsionando processos que estavam estagnados e

¹ O curso de formação continuada docente (curso de extensão) é parte integrante do produto educacional do primeiro autor, desenvolvido e aplicado durante a realização de seu mestrado profissional em ensino de ciências e matemática.

² Desenvolvida na Itália em 2005, a plataforma de prototipagem Arduino é baseada na filosofia de *hardware* livre e projetada com um microcontrolador de placa única com acesso de entrada e saída através de uma linguagem de programação baseada em C++.

expondo os atores da educação às ferramentas computacionais de comunicação para aulas síncronas, como: *Google Meet*, *Microsoft Teams*, *Zoom*, *Facebook*, *WhatsApp*, entre outras, as quais já eram conhecidas pelo grande público, mas não faziam parte, comumente, da ação dos professores. Essa adaptação se fez necessária também para a condução das atividades destinadas ao ensino de física, levando muitos professores a se apoiarem em simuladores de experimentos ou vídeos demonstrativos. De maneira análoga, seguimos o mesmo caminho durante o planejamento e condução do curso de extensão, isto é, adaptamos os experimentos e proposições para que pudessem ser realizados remotamente (sem a necessidade de aquisição de equipamento pelo cursista) a partir do simulador Tinkercad³. Para La Rocca; Riggi & Pinto (2020), a utilização do Tinkercad em aulas experimentais de física permite aos estudantes realizarem os experimentos sem a necessidade de equipamentos, podem testar sem medo de danificar, e aos professores é permitido rastrear erros, fornecer *feedbacks* e sugestões para a condução das atividades.

Como referencial e abordagem didático-pedagógica, apoiamos o curso de extensão a partir de curadoria de texto, com leitura e discussões dos seguintes trabalhos, a saber: Hestenes (1996); Haag; Araujo & Veit (2005); Valente (2005); Wing (2006); Ricardo (2010); Heidemann; Araujo & Veit (2012); Haugen & Moore (2014); Silva et al. (2015); e Moreira et al. (2018), os quais entendemos que poderiam subsidiar os cursistas na transposição das ferramentas técnicas e didático-pedagógicas, sugeridas ao longo do curso de extensão, para o seu próprio cotidiano. Os textos supracitados traziam a apresentação e discussões sobre abordagens possíveis para o uso das tecnologias no ensino de física, o pensamento computacional e os caminhos para implementação de metodologias ativas, dialogando com as tecnologias, inclusive com a plataforma de prototipagem Arduino.

Os resultados obtidos, a partir da participação de enquete e de fóruns pelos cursistas, apontaram uma excelente valorização da metodologia empregada, bem como sua possível implementação/adaptação para a atividade laboral do cursista. Cabe mencionar que um obstáculo relatado pelos cursistas foi a apropriação da lógica de programação (podemos até arriscar e extrapolar para o obstáculo do pensamento computacional, o qual será tratado em seção específica).

Enquadramento teórico-metodológico

Em análise à literatura, percebe-se que a exiguidade de suporte, como infraestrutura ou formação docente são fatores limitantes à inserção de atividades práticas com recursos tecnológicos em âmbito escolar. Tratando, em especial da automatização da coleta de dados no laboratório didático de física, percebe-se pouca preocupação dos projetos pedagógicos das licenciaturas sobre essa demanda, fazendo-nos crer que a formação continuada pode ser uma das alternativas plausíveis à incorporação de tecnologia no laboratório didático de física.

Nas seções seguintes, trataremos de algumas possibilidades de inserção da automatização da coleta de dados no laboratório didático de física a partir do uso da plataforma de prototipagem Arduino, bem como o simulador Tinkercad, o qual favoreceu a oferta do curso de formação docente (curso de extensão) de forma remota. Discutiremos, também, sobre a articulação sobre o pensamento computacional e sua importância na utilização da plataforma de prototipagem Arduino em contexto do ensino de física. Por fim, apresentaremos os itinerários de um curso de extensão que visava para os cursistas a apropriação de elementos técnicos para o uso da plataforma de prototipagem Arduino para coleta de dados em laboratório didático de ensino de física, bem como os elementos didático-pedagógicos para uma plena implementação de coleta automatizada em laboratórios didáticos de física no contexto escolar do cursista.

³ é um produto da empresa Autodesk, Inc, que permite desenvolver projetos 3D, programas e circuitos eletrônicos de forma gratuita. Acesso em 19 set., 2021, <https://www.tinkercad.com>.

Arduino como elemento articular para o ensino de física

O uso da plataforma de prototipagem Arduino, para o ensino de física, vem crescendo significativamente. Isso se deve em parte a sua flexibilidade e custos mais acessíveis, comparados aos sistemas proprietários de interfaceamento entre experimento de física e computador. A possibilidade de coleta de dados de forma automatizada pode ser um elemento interessante para a adoção da plataforma de prototipagem Arduino no laboratório didático de física. Para Haag; Araujo & Veit (2005), há várias razões para se introduzir a aquisição automatizada de dados nos laboratórios didáticos, a saber: diversificação da forma de apresentação dos dados e resultados; redução de intervalos de tempo entre as medições, comparado com os processos manuais; coleta de dados durante um longo período, indo além da duração da aula; redução de tempo reservado à coleta de dados despendida pelo estudante; maior precisão nas medidas; e aproximação aos processos atuais de coleta e análise dos dados, presentes tanto nos setores produtivos quanto nos setores científicos, favorecendo, portanto, a alfabetização científica. Dessa maneira, é razoável acreditar que a adoção da plataforma de prototipagem Arduino pode potencializar o avanço no laboratório didático de física, especialmente à automatização da coleta de dados. O manuseio do Arduino implica em entender e desenvolver os códigos de programação e respectiva montagem de circuito, proporcionando o envio de um conjunto de dados recebidos de sensores, para que possam ser exibidos na forma de um gráfico ou tabela. Haugen & Moore (2014) nos alerta que o processo de automatização de experimento no laboratório didático de física deve envolver o estudante em todas as dimensões, como a escolha dos sensores e a elaboração e teste de modelos construídos.

Pensamento Computacional

Segundo Wing (2010), o pensamento computacional é definido como a forma de pensar envolvida na formulação de problemas e suas soluções, de modo que as soluções podem ser representadas por formalismos passíveis de entendimento por agentes (máquinas ou humanos, ou a combinação de ambos) para o processamento de informações. Da mesma forma, Valente (2005, p. 30) diz que o professor precisa saber “[...] orientar e desafiar o aluno para que a atividade computacional contribua para a aquisição de novos conhecimentos [...]”. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) aponta a necessidade do desenvolvimento do pensamento computacional e a importância dos algoritmos, a saber:

Associado ao pensamento computacional, cumpre salientar a importância dos algoritmos e de seus fluxogramas, que podem ser objetos de estudo nas aulas de Matemática. Um algoritmo é uma sequência finita de procedimentos que permite resolver um determinado problema. Assim, o algoritmo é a decomposição de um procedimento complexo em suas partes mais simples, relacionando-as e ordenando-as, e pode ser representado graficamente por um fluxograma. A linguagem algorítmica tem pontos em comum com a linguagem algébrica, sobretudo em relação ao conceito de variável. Outra habilidade relativa à álgebra que mantém estreita relação com o pensamento computacional é a identificação de padrões para se estabelecer generalizações, propriedades e algoritmos. (Brasil, 2018, p. 271).

Em relação às competências, deve-se destacar que os estudantes precisam aprender a usar “[...] diversas ferramentas de *software* e aplicativos para compreender e produzir conteúdo em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento [...]” (Brasil, 2018, p. 475). Ainda na BNCC, na área de ciências da natureza e suas tecnologias, é incumbência do ensino médio propiciar um ensino que desenvolva competências investigativas, permitindo ao estudante desenvolver argumentos científicos.

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais

e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação [...] (Brasil, 2018, p. 553).

Entretanto, nota-se uma lacuna na formação do professor, em relação ao uso da tecnologia no laboratório didático de física, sobretudo na automatização da coleta de dados. Segundo Haag; Araujo & Veit (2005, p. 69), “[...] na escola atual, o computador está sendo explorado prioritariamente na construção de materiais (como textos, apresentações e páginas na *web*), como fonte de consulta de informações e como meio de comunicação [...]”. É razoável acreditar que esse quadro pouco se alterou. Portanto, é fundamental oferecer ao professor bases para construir conhecimentos de programação e o próprio pensamento computacional.

Itinerário do curso de formação docente

Devido ao momento pandêmico, o curso de extensão foi ofertado em conformidade com o ensino remoto emergencial, instituído na unidade ofertante. O curso proposto derivou-se de versões presenciais, as quais foram ofertadas apenas para professores da rede pública do Estado de São Paulo. Além do ambiente de aprendizagem Moodle Institucional, no qual o curso foi articulado, utilizou-se o ambiente virtual de aprendizagem Tinkercad, onde temos uma bancada virtual capaz de simular a bancada real de um laboratório didático de física, em especial quando se trata de experimentos com componentes eletrônicos e, inclusive, a placa de prototipagem Arduino. A plataforma Tinkercad é um ambiente de aprendizagem com uma diversidade de recursos digitais capaz de simular sistemas eletrônicos elaborados, contribuindo, assim, como ferramenta didática para o ensino da física. Também, encontram-se diversos componentes eletrônicos, tais como: resistores, capacitores, sensores, diodo, indutor, potenciômetro, LED, LDR, motor de vibração, sensor infravermelho, microcontroladores e diversos instrumentos, como multímetro, fonte de energia, circuitos integrados, entre outros periféricos.

Segundo Andrade & Corrallo (2020), articular o Tinkercad em apoio ao ensino de física pode evidenciar, tanto o estudante quanto o professor, ambos podem ganhar em relação ao protagonismo do processo de ensino e aprendizagem. No entanto, os autores alertam sobre a importância das escolhas didáticas do professor, pois precisam estar alicerçadas, principalmente no processo de aprendizagem do estudante. De acordo com Scott et al. (2018), quando o Tinkercad é utilizado como recurso didático, pode favorecer a:

[...] criatividade, inovação, independência e conhecimento tecnológico. [...] alunos criam seu próprio conhecimento criando e interagindo com objetos físicos. O foco é colocado em materiais práticos e problemas do mundo real. Os alunos constroem coisas que compartilham com outras pessoas. Está intimamente relacionado com a literacia mediática (capacidade de criar), *design thinking* (o que é e como aplicar), resolução de problemas e aprendizagem autodirigida. (Scott et al., 2018, p. 33, tradução nossa).

O curso de extensão⁴ foi desenhado visando um contínuo processo crítico-reflexivo em relação ao uso das tecnologias em apoio aos laboratórios didáticos de física, de modo que o cursista pudesse conquistar sua autonomia e adequar as propostas em seu contexto educacional. As aulas foram constituídas de 81,25% da carga horária na forma assíncrona e 18,75% da carga horária com aulas síncronas remotas. Foram divididas em 10 semanas, como início em maio de 2021. Foi realizado um processo de curadoria para a escolha dos materiais didáticos, entre os recursos escolhidos, como: artigos, videoaulas (tutoriais de autoria própria e terceiros), *softwares* de apoio e livro em versão digital com acesso pela biblioteca virtual disponibilizada pela Instituição ofertante,

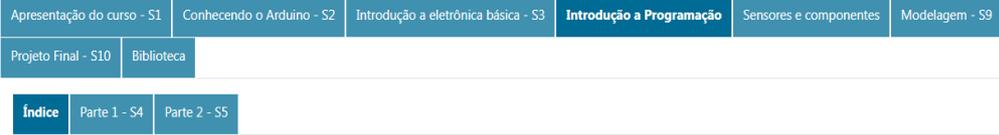
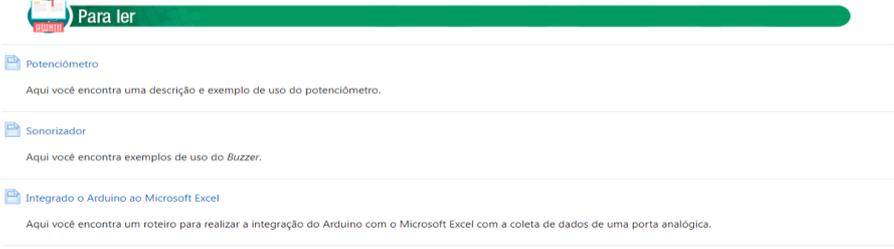
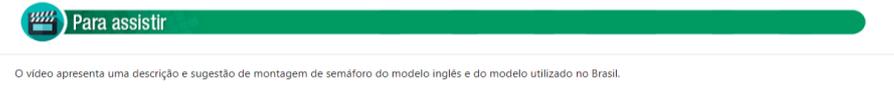
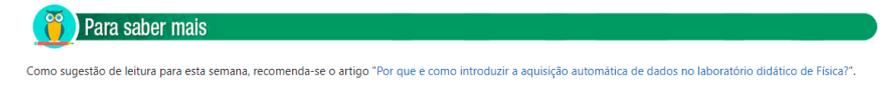
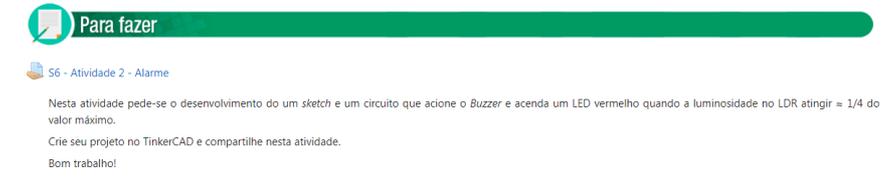
⁴ Curso de extensão, carga horário total de 40 horas, foi realizado em uma Instituição Pública de Ensino Superior, sediada na cidade de São Paulo. Tivemos 18 cursistas, sendo professores de física da educação básica e ensino superior, de diversas regiões de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. A condução do curso se deu com um professor formador e um tutor virtual.

buscando, materiais didáticos e *softwares* que pudessem ser de livre acesso e adequados à perspectiva do ensino remoto emergencial.

O curso foi disponibilizado em espaço virtual na plataforma Moodle Institucional, tendo em seu *layout* 10 Abas e seções (vide figura 1), com as seguintes propostas:

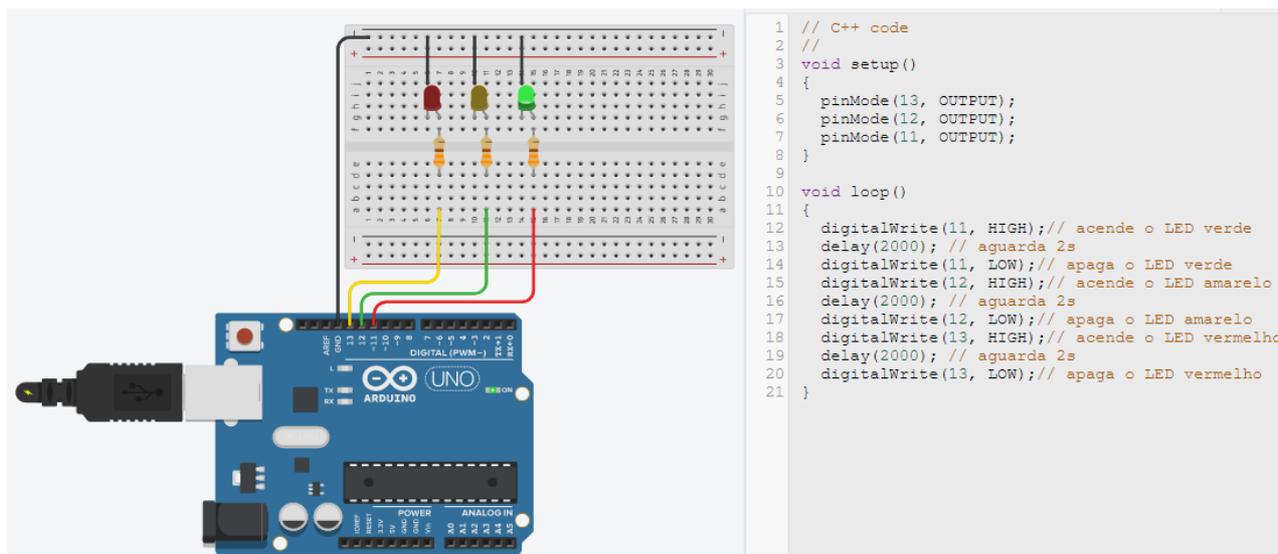
1. apresentação de aspectos conceituais e técnicos ligados ao Arduino e/ou Tinkercad (vide figura 2), na seção “Para Ler”;
2. na seção “Para assistir”, foram disponibilizados vídeos de produção própria ou terceiros;
3. aspectos didático-pedagógicos ligados aos caminhos e reflexões para a inserção de tecnologias no laboratório didática de física, na seção “Para saber mais”;
4. proposta semanal de atividade, tanto técnica quando pedagógica, na seção “Para fazer”; e
5. um espaço para debate e dúvida, na seção “Dúvidas”. O espaço virtual também possuía uma sala de aula virtual para os encontros síncronos e plantões de dúvidas semanais.

Figura 1: *Layout* do espaço virtual do curso de extensão

Abas com as 10 semanas do curso de extensão	
1. Exemplo da seção “ Para ler”	
2. Exemplo da seção “ Para assistir”	
3. Exemplo da seção “ Para saber mais”	
4. Exemplo da seção “ Para fazer”	
5. Exemplo da seção “ Dúvidas”	

Fonte: extraído do espaço virtual do curso de extensão – Moodle Institucional. Ícones sob licença CC, disponível em <http://www.flaticon.com>

Figura 2: Exemplo de uso do Arduino no Tinkercad - montagem de um semáforo com o códigos de programação



Fonte: imagem gerada a partir do <http://tinkercad.com>.

As escolhas do curso partiram da articulação entre os aspectos didático-pedagógicos, aspectos técnicos e aspectos conceituais físicos, objetivando que o cursista pudesse se apropriar de elementos novos (técnicos e pedagógicos) e, continuamente, pudesse adaptar para seu contexto escolar.

No quadro 1, temos o conteúdo programático do curso, tendo em seu bojo uma proposta imbricada na BNCC, sobretudo, em relação ao método de ensino que deve envolver a “[...] investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promover o domínio de linguagens específicas [...]” (Brasil, 2018, p. 472). Em outras palavras, buscamos, com as atividades práticas, de leitura e reflexão, estabelecer uma articulação para que o cursista tivesse possibilidade de elaborar atividades que potencializassem o aprendizado de conceitos físicos em seu contexto educacional.

Quadro 1: Conteúdo programático

Ambientação no espaço virtual Moodle. Papel do computador no processo ensino e aprendizagem. Ambientação no espaço virtual Tinkercad. Eletrônica básica. Programação básica. Comandos básicos e variáveis. Utilizando sensores/componentes e a plataforma de prototipagem Arduino. Automatizando experimentos de física. Modelagem e o ensino de física. Desenvolvimento do projeto final.

Fonte: os autores

Resultados e Discussões

Em destaque, no quadro 2, temos alguns cursistas numerados, como: cursista⁵ 1, cursista 2, cursista 3 e cursista 4, que foram exemplos de superação, pois iniciaram o curso sem nenhum

⁵ O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da instituição ofertante (CEP), via Plataforma Brasil, em cumprimento à Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), vigente à época. O projeto foi aprovado pelo CEP de acordo com o parecer consubstanciado nº 4.633.634 em 27 mar. 2021.

conhecimento de linguagem de programação, mas apresentaram motivação para aprender desde o início. Desse modo, apresentamos algumas respostas dos cursistas no quadro 2, sobre o objetivo de realizar o curso extensão.

Quadro 2: Respostas dos cursistas sobre o objetivo de realizar a formação

Desde o início da minha carreira sentia que os alunos não compreendiam muito bem a aplicabilidade dos conceitos aprendidos em sala. E, tenho total consciência que essa falta de compreensão se deve a minha pouca competência em ligar os conceitos do livro didático com a vida cotidiana. Eu sei que estamos inseridos em uma era digital e o entendimento de eletrônicos se faz mais do que necessário, então acredito que o conhecimento de Arduino consiga estimular a minha criatividade na criação de projetos em sala que consigam fazer com que meus alunos possam refletir sobre essas ferramentas tecnológicas e seus impactos. (cursista 1).
Meu objetivo em fazer o curso de Arduino é me tornar um especialista no assunto e aplicar ao nível médio! Gostaria de elaborar um grupo de robótica na escola na qual eu trabalho [...] o intuito de participar de feiras científicas, olimpíadas, competições etc. (cursista 2).
No futuro gostaria de trabalhar com robótica e programação. Com a mudança da BNCC, estou buscando me reinventar e aprender conteúdos novos para proporcionar um bom aprendizado aos meus alunos. Gostaria de tirá-los do básico da sala de aula e incentivá-los a estudar física e mostrar o quanto pode ser divertido e interessante. (cursista 3).
[...] sempre busco alternativas para que meu ensino em Física seja o mais compreensível possível. Tento levar leveza em uma disciplina que, em princípio, é uma das mais temidas e por isso bloqueia o aprendizado de alguns alunos. Nesse contexto, procurando um curso de capacitação para melhorar minhas aulas, encontrei no [...] a oportunidade. (cursista 4).

Fonte: os autores

Percebemos grande motivação por parte dos cursistas em aprender a manipular o Arduino, e integrar como ferramenta de apoio ao ensino de física, já que todos os cursistas eram professores de física, seja do ensino básico ou do ensino superior. Alguns cursistas se comportaram de maneira proativa, como é o caso de um cursista que é coordenador na área de ciências da natureza e matemática, e brilhantemente se apropriou do novo letramento (*sketch*⁶ e montagem de circuito), desenvolvendo os algoritmos e despertando o próprio prazer em desenvolver os seus projetos sobre a automatização da coleta de dados. Na descrição do objetivo de realizar o curso, esse cursista disse: “Nesse curso, vejo uma oportunidade de me aprofundar nos dois conteúdos (a Física e o Arduino) para orientar os professores de física na prática pedagógica, e me aperfeiçoar como professor.” Cabe ainda relatar que esse cursista adquiriu o Arduino e diversos componentes, apontando que possivelmente fará uso da formação em sua ação profissional.

Em uma das atividades foi solicitado aos cursistas que exemplificassem como a modelagem poderia ser implementada em suas aulas de física. No Quadro 3 selecionamos excertos da resposta dada por um dos cursistas.

Quadro 3: Excertos de respostas sobre modelagem no ensino de física

No contexto apresentado por Elio Carlos Ricardo [autor de uma das obras indicadas para leitura], entendo que a modelagem deva ser implementada em meio a uma problematização e não como mera exemplificação ou aplicação de conteúdos supostamente aprendidos em uma aula.
Tomando, por exemplo, a temática da associação de resistores, é muito comum que primeiramente se apresente ao aluno a matematização envolvida na questão, de modo a que ele aprenda a como calcular o valor da resistência equivalente para, então, aplicar esse conceito na resolução de exercícios envolvendo os mais variados, criativos e [...] abstratos circuitos elétricos. Cursista (6)

Fonte: os autores

⁶ O termo *sketch* (em tradução livre - rascunho) em um projeto do Arduino significa que a rotina é dividida em duas partes, sendo a rotina do *setup* e a rotina do *loop*, e essa rotina integra o código de programação.

Encontramos na resposta do cursista (6) uma prática calcada no ensino investigativo. O cursista (6) menciona que a modelagem deve ser por meio de uma problematização, ou seja, que tenha como ponto de partida a investigação sobre determinado fenômeno físico. Nessa perspectiva, a resposta do cursista (6) dialoga com o Ricardo (2010), sobre um ensino com viés investigativo.

A contextualização sucede a problematização e a teorização ou modelização. É na etapa da modelização que os saberes a ensinar serão trabalhados. Ela responde, em certo sentido, à seguinte pergunta: que saberes são necessários para se compreender a situação problema que se apresenta nesse momento? É por isso que tal situação tem que ser construída. Ela não é dada nos programas ou livros didáticos. (Ricardo, 2010, p. 44).

É importante destacar que 6 cursistas tiveram pouco envolvimento no curso, com baixa participação em fóruns, encontros síncronos, plantão de dúvidas, bem como insuficiência na entrega e qualidade de atividades programadas. A partir da metade do curso, em que, as atividades ficaram mais complexas, tivemos a desistência de um cursista, que pode estar ligada à dificuldade de apropriação da sintaxe⁷ e, possivelmente, à dificuldade de lidar com o pensamento computacional, tão necessário nesse estágio do curso. Com o aprofundamento das propostas de atividades, tivemos outra desistência. Sobre essa questão, Bosse (2020, p. 6) menciona que, no aprendizado de programação, uma aula tem continuidade com a outra para a construção do novo letramento. Nas palavras da autora: “As conexões mostram a influência que um aprendizado malsucedido de um tópico pode ter no aprendizado de outro [...]”. Assim, quando as atividades foram elaboradas com certo ineditismo e o conhecimento da aula anterior se tornou necessário para resolver a atividade, a evasão pode ter aumentado pela falta de continuidade no aprendizado. Vale mencionar que, na segunda metade do curso, os conteúdos foram sobre componentes eletrônicos, sensores, desde medir a tensão do potenciômetro, por meio de um LED, até elaborar um projeto para medir a temperatura por sensores de temperatura, e a elaboração de gráficos de energia de um sistema massa-mola. Os cursistas que continuaram no curso atingiram um maior aprofundamento, fato esse comprovado pela qualidade dos projetos de final de curso. Indicando que talvez tenham articulado os aspectos pedagógicos, aspectos técnicos e aspectos conceituais discutidos ao longo do curso de extensão.

Na última atividade relacionada aos aspectos pedagógicos, foi solicitado que o cursista respondesse a seguinte pergunta: “Descreva possíveis mudanças que ocorreram em sua ação docente sobre as atividades práticas experimentais e se pretende implementá-las juntamente com o Arduino?”, ou seja, buscamos compreender como automatização da coleta de dados impactou em sua prática docente. Apresentamos algumas respostas no quadro 5.

Quadro 5: Relato dos cursistas sobre as mudanças em relação ao curso de extensão

O curso proporcionou uma nova visão sobre as aplicações do Arduino. Até então, não imaginava a gama de sensores disponíveis para realizar experimentos práticos. Desse modo, os experimentos "triviais" de física podem ser aprimorados utilizando sensores e, com isso, uma maior precisão em relação à coleta de dados e explicação do(s) fenômeno(s). Outro fator importante é que, ao lidar com programação e as várias possibilidades de código para um mesmo objetivo, estamos trabalhando com algumas das habilidades propostas pela BNCC. E, com isso, os alunos poderão ser os protagonistas na realização das atividades com o Arduino. (Cursista 08)

De fato, automatizar para ensinar física já é uma realidade há muito tempo. Acho que falta nas escolas propor a oportunidade para o aluno estar no centro da aprendizagem e vejo que utilizar programação/instrumentação é um bom caminho para isto. Antes do curso sempre achei que fosse impossível aprender ou implementar qualquer circuito relacionado a Arduino. Hoje eu já não tenho essa sensação. Sei que ainda há muito a aprender, mas o curso me deu ferramentas para buscar e aprofundar esse conhecimento. Ferramentas essas que antes eu não possuía. Sempre gostei de realizar experimentos em sala de aula. Hoje, pretendo fazê-lo juntamente com Arduino. (Cursista 10)

⁷ Sintaxe de programação é um rol de regras e normas que permitem a padronização das formas e combinações que os símbolos podem ser inseridos.

O curso mudou a minha visão em relação a possibilidade real de aplicação de códigos de programação, coisa que para mim sempre foi difícil e realmente 'chato', em algo real. Acredito que isso pode de certo modo revolucionar a visão que os alunos têm da disciplina física já que nos experimentos (laboratório) eles poderão ter contato com algo real que se conecta com a tecnologia e não algo que ficaria dentro da sala de aula em quadros, cadernos e livros. É algo realmente libertador. (Cursista 11)
Percebi que é possível trabalhar com a prática, no ensino de física, mesmo de maneira virtual, utilizando o Tinkercad, no caso da escola não possuir recursos para comprar um Arduino físico e seus componentes para experimentos. Adorei e pretendo rever as aulas gravadas e o material, para fixar melhor o aprendizado. (Cursista 12)
As leituras e atividades apresentadas ao longo do curso me ajudaram a enxergar melhor diversas possibilidades para experimentos. Já havia pensado em usar o Arduino para fazer experimentos de física, no entanto, eu pensava mais na ideia de automatização, ou seja, de deixar o Arduino “controlar” o experimento. Agora eu vejo que nem sempre é preciso chegar neste ponto. Um experimento que já era realizado antes sem o uso da eletrônica e da programação, pode ser muito enriquecido com elas. Nesse caso, em que o Arduino, ou outro recurso eletrônico, é usado para coletar e trabalhar os dados, geralmente a complexidade e o custo é muito mais acessível do que quando usado para automatizar o experimento inteiro, logo é aplicável em muito mais realidades escolares. Enfim, além do conteúdo de programação e eletrônica em si, que já foi um ganho significativo, a maior mudança foi abrir a mente para novas possibilidades. (Cursista 13)

Fonte: os autores

Mediante as palavras de todos os cursistas apresentadas no quadro 5, é possível inferir que a curadoria e estratégia metodologias do curso de extensão foi valorizada pelos cursistas. Mesmo o curso tendo somente 40 horas, trabalhamos a introdução à linguagem de programação, de modo que os cursistas pudessem se apropriar, interpretar, modificar e construir um novo *sketch*. Derivando o quadro 5, extraímos alguns relatos dos cursistas sobre as mudanças de paradigma, e apresentamos no quadro 6 alguns destaques desses depoimentos.

Quadro 6: Extrato dos depoimentos de alguns cursistas

[...] programação e as várias possibilidades de código para um mesmo objetivo, estamos trabalhando com algumas das habilidades propostas pela BNCC. E, com isso, os alunos poderão ser os protagonistas [...] (Cursista 08)
De fato, automatizar para ensinar física já é uma realidade há muito tempo [...] utilizar programação/instrumentação é um bom caminho para isto [...] hoje, pretendo fazê-lo juntamente com Arduino [...] (Cursista 10)
[...] O curso mudou a minha visão em relação a possibilidade real de aplicação de códigos de programação, é algo realmente libertador [...] (Cursista 11)
[...]mudou muito. [...] mesmo de maneira virtual, utilizando o Tinkercad [...] (Cursista 12)
[...] é usado para coletar e trabalhar os dados, geralmente a complexidade e o custo é muito mais acessível do que quando usado para automatizar o experimento inteiro, logo é aplicável em muito mais realidades escolares [...]abrir a mente para novas possibilidades [...], mas estou ansioso para fazê-lo, estou com ótimas expectativas. [...] (Cursista 13)

Fonte: os autores

No quadro 6 é possível notar que o curso de extensão foi o precursor em provocar nos cursistas uma mudança de paradigma, demonstrando que dominaram tanto os aspectos técnicos quanto os aspectos pedagógicos do uso do Arduino em apoio ao ensino de física.

No quadro 7 apresentamos a descrição dos projetos de final de curso, salientando que poderiam ser desenvolvidos em grupo, portanto, tivemos 11 projetos realizados por 16 cursistas, com 6 projetos estruturados com o Arduino físico (mesmo sem indicar que comprassem qualquer componente ou mesmo o Arduino) e 5 projetos que foram estruturados totalmente no simulador Tinkercad.

Quadro 7: Projeto final dos cursistas do curso de extensão

Cálculo do calor sensível	Simulador Tinkercad
Conceitos básicos dos elementos de onda	Arduino Físico
Projeto final Miniestação meteorológica	Arduino Físico
Medição de temperatura em uma transformação adiabática	Arduino Físico
Irrigação Automática com Arduino	Arduino Físico
Lei de Ohm	Simulador Tinkercad
Sensor de obstáculo para deficientes visuais	Arduino Físico
Radar de velocidade por meio de uma placa de Arduino	Simulador Tinkercad
Termômetro feito com Arduino na plataforma	Simulador Tinkercad
Constante elástica tratada pela Lei de Hook	Simulador Tinkercad
Relação custo-benefício de marcas de pilhas ou baterias	Arduino Físico

Fonte: os autores

Pela qualidade dos trabalhos, notamos que o equilíbrio entre as leituras de apoio e o conteúdo sobre a introdução à linguagem de programação baseada em C++, utilizada para o Arduino, contribuiu para a concretização de projetos bem estruturados.

Considerações Finais

Neste relato de experiência se buscou analisar um curso de extensão que tinha como propósito a implementação da automatização em laboratório didático de física. O primeiro desafio consistiu em fazer a transposição de um curso presencial, com experimentação, em um curso que se apoia no ensino remoto emergencial. Para tanto, buscamos o simulador Tinkercad que dialoga perfeitamente com a BNCC, no sentido de promover ao estudante a possibilidade de construir todo o processo do experimento didático.

Podemos inferir que o sucesso do curso se deu pela adoção de textos pedagógicos articulados aos conceitos físicos e a linguagem de programação na montagem do circuito para a coleta de dados, demonstrando que os cursistas se apropriaram, tanto nos aspectos técnicos, quanto nos aspectos pedagógicos do uso do Arduino em apoio ao ensino de física. Vale salientar que mesmo o curso tendo 40 horas, trabalhamos a introdução à linguagem de programação, de modo que os cursistas pudessem se apropriar, ler, entender, modificar e construir seus próprios *sketches*. Para potencializar a adoção de elementos tecnológicos, como o Arduino, nos laboratórios didáticos de física, não devemos esquecer que o pensamento computacional pode ser desenvolvido na educação básica, como preconiza a BNCC, e conduzido ao longo da formação inicial do docente.

Os encontros síncronos foram essenciais, bem como os plantões de dúvidas, diminuindo assim as distâncias e ampliando as discussões. Nesses encontros foram realizados experimentos ao vivo, favorecendo a entendimentos das proposições semanais sugeridas no espaço virtual. Também, durante os encontros síncronos, elaboramos *sketches* e realizamos discussões dos textos sugeridos para leitura. Esses mecanismos foram importantes para alcançarmos resultados positivos, dado que os cursistas demonstraram, em seus projetos finais, proficiência da linguagem de programação.

Curso de formação continuada docente deve proporcionar muito mais do que capacitar o cursista no manuseio de novas tecnologias. Deve, sobretudo, criar condições e subsídios para a efetiva reflexão acerca da sua prática docente, levando em conta a pluralidade de uma sala de aula e buscando atividades que objetivem o protagonismo do cursista.

Referências bibliográficas

- Andrade, A. & Corrallo, M. V. (2020) Uma Análise das Influências da cultura maker e Tinkercad no ensino de física. Seminário de Iniciação Científica do Litoral Norte (SIC_LN_2020), 2020, Caraguatatuba, SP: 2020. Atas... Caraguatatuba: Instituto Federal de São Paulo. Acesso em 14 mar., 2021, <https://ocs.ifspcaraguatatuba.edu.br/sicln/x-sicln/paper/view/339/108>.
- Bosse, Y. (2020) *Padrões de dificuldades relacionadas com o aprendizado de programação*. 2020. 270f (Tese de Doutorado) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. Acesso em 15 nov., 2021, http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf.
- Brasil. (2021). *Constituição da República Federativa do Brasil 1988*. Brasília, DF: Presidência da República. Acesso em: 1 dez., 2021, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm.
- Cuenca, P. O., Solís, M. E. R., Guerrero, J. L. T., Rayón, A. E. L., Martínez, C. Y. S.; Téllez, L. S., & Hernández, B. R. (2007). Modelo de innovación educativa. un marco para la formación y el desarrollo de una cultura de la innovación. *RIED*. 10(1), 145–173.
- Haag, R., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2005). Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na escola*. 6(1), 69-74.
- Haugen, A. J., & Moore, N. T. (2014) A model for including Arduino microcontroller programming in the introductory physics lab. *Physics Education*, 1-11. Acesso em 20 nov., 2021, <https://arxiv.org/pdf/1407.7613.pdf>.
- Heidemann, L. A., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2012). Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. *Caderno brasileiro de ensino de física*. 29, (n. Especial 2), 965-1007.
- Hestenes, D. (1996). *Modeling Methodology for Physics Teachers*. In: International Conference on Undergraduate Physics Education, Atas... College Park, United States, 1996.
- La Rocca, P., Riggi, F., & Pinto, C. (2020). Remotely teaching Arduino by means of an online simulator. *Physics Education*, 55(6).
- Mcroberts, M. (2013). *Arduino Básico*. 1a ed. São Paulo: Novatec Editora.
- Moreira, M. M. P. C., Romeu, M. C., Alves, F. R. V., & SILVA, F. R. O. da (2018). Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 721-745.
- Ricardo, E. C. (2010). Problematização e Contextualização no Ensino de Física. In: A. M. P. Carvalho (coord.), *Ensino de Física - Coleção Idéias em Ação*. São Paulo: CENGAGE Learning.
- Scott, R. M., Dortmans, D., Rath, C., Boin, J., & Meeussen, N. (2018). Makerspace in the Primary Grades: Best Fieldtrip Ever. *Teaching & Learning*, 12(1), 1-14.

- Silva, R. B., Leal, L. S., Alves, L. S., Brandão, R. V., Alves, R. C. M., Klering, E. V., & Pezzi, R. P. (2015). Estação meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(1).
- Valente, J. A. (2005). Pesquisa, comunicação e aprendizagem com o computador. O papel do computador no processo ensino-aprendizagem. In: M. E. B. Almeida & J. M. Moran. (orgs.) *Integração das Tecnologias na Educação: Salto para o futuro*. Brasília: Ministério da Educação, Seed.
- Wing, J. M. (2010). Computational Thinking: What and Why? *The Magazine of the Carnegie Mellon University School of Computer Science*, 1–6.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33.