

A PLATAFORMA ARDUINO E SEU POTENCIAL COMO FERRAMENTA DE EXPLICITAÇÃO DE INVARIANTES OPERATÓRIOS RELACIONADOS AOS CONCEITOS DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO

THE ARDUINO PLATFORM AND ITS POTENTIAL AS A TOOL FOR EXPLAINING OPERATIONAL INVARIANTS RELATED TO THE CONCEPTS OF SPEED AND ACCELERATION

Patrick Luiz Guevara Delgado¹
Lisiane Barcellos Calheiro²

Resumo

A sociedade está imersa, cada vez mais, em um mundo no qual as tecnologias estão presentes em nosso dia a dia, de forma que os recursos tecnológicos não ficam de fora do contexto escolar. Neste artigo apresentamos, como produto educacional, uma montagem experimental utilizando a plataforma Arduino para introduzir os conceitos de velocidade e aceleração. A pesquisa foi implementada em uma turma de 3º ano do ensino médio de uma escola pública estadual. Utilizamos, como referencial metodológico, a Aprendizagem Baseada em Projetos, visando desenvolver e estimular o uso de ferramentas tecnológicas no contexto escolar. Para análise dos resultados utilizamos a Teoria dos Campos Conceituais buscando responder a seguinte questão de pesquisa: Quais invariantes operatórios sobre velocidade e aceleração podem ser mobilizados a partir de situações-problema tendo o Arduino como um produto educacional? O uso do dispositivo em sala de aula permitiu não apenas demonstrar e visualizar o movimento executado durante a ação, mas também realizar análise de gráficos, tornando a aula lúdica e ao mesmo tempo capaz de exigir dos alunos um pensamento crítico na análise das situações-problema a eles apresentadas. Como resultados foi possível verificar que os estudantes mobilizaram diferentes teoremas e conceitos-em-ação que apontaram para um possível domínio do Campo Conceitual abordado.

Palavras chave: Arduino; Aprendizagem Baseada em Projetos; Ensino de Física.

¹ Licenciado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) Atualmente, é professor de física na Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul.

² Doutora em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente, é professora Adjunta na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), incluindo o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

Abstract

Society is increasingly immersed in a world in which technologies are present in our daily lives, so that technological resources are not left out of the school context. In this article we present, as an educational product, an experimental setup using the Arduino platform to introduce the concepts of speed and acceleration. The research was implemented in a 3rd year high school class at a state public school. We use Project-Based Learning as a methodological reference, aiming to develop and encourage the use of technological tools in the school context. To analyze the results, we used the Conceptual Field Theory, seeking to answer the following research question: Which operational invariants about speed and acceleration can be mobilized from problem situations using Arduino as an educational product? Using the device in the classroom allowed not only to demonstrate and visualize the movement performed during the action, but also to perform graphic analysis, making the class fun and at the same time capable of demanding critical thinking from students when analyzing the problem situations presented to them. As a result, it was possible to verify that the students mobilized different theorems and concepts-in-action that pointed to a possible domain of the Conceptual Field addressed.

Keywords: Arduino; Project Based Learning; Teaching Physics.

Introdução

As tecnologias estão cada vez mais presentes no mundo contemporâneo. Seu uso tem se mostrado fundamental em diversos setores da sociedade, seja para auxiliar no plantio de um determinado alimento ou para a obtenção mais precisa de diagnósticos médicos. Além disso, elas também se apresentam em momentos de lazer, como ao assistir um filme ou realizar chamadas de vídeo com pessoas distantes. Fato é que a tecnologia se tornou uma presença significativa na vida de uma parcela considerável da população (MARTINS, GARCIA e BRITO, 2011; ALVES, 2022).

Neste contexto, a discussão sobre a inserção de tecnologias em sala de aula não é algo recente. Ela já data de algumas décadas. Segundo Brito e Purificação (2008, p. 23): “[...] estamos em um mundo em que as tecnologias interferem no cotidiano, sendo relevante, assim, que a educação também envolva a democratização do acesso ao conhecimento, à produção e à interpretação das tecnologias”.

Como afirmam os autores, tratar dos recursos tecnológicos no âmbito da educação não é algo somente para agradar aos estudantes, mas também traz um viés de democratização do conhecimento, oportunizando o acesso, a produção e a interpretação do uso dessas tecnologias.

Considerando que a tecnologia está presente em diversos setores da sociedade contemporânea, por que não introduzi-lá também na prática docente? De

acordo com Martinazzo, Trentin, Ferrari e Piaia (2014), os estudantes não se contentam apenas com aulas expositivas. Já os professores, estes se encontram em uma situação de angústia frente à evolução tecnológica e, conseqüentemente, na mudança comportamental dos estudantes.

A presença de dispositivos móveis e computadores possibilita ao estudante o acesso constante à internet, oportunizando uma variedade de recursos e informações que contribuem para o seu enriquecimento e, ao professor, propicia novas estratégias pedagógicas diferenciadas, capazes de enriquecer e tornar mais atrativas suas aulas. Porém, esta atração muitas vezes não se traduz automaticamente em um revista de produtos educacionais, engajamento profundo e aprendizado significativo. Souza Neto (2015, p.5) destaca que “a simples utilização das tecnologias digitais como forma de apoio às tradicionais estratégias de ensino é compreendê-las de forma bem limitadas em relação ao seu potencial”.

No entanto, para que o uso de tecnologias seja integrada à prática docente de forma efetiva, elas devem promover a participação ativa do estudantes, contribuir na resolução de problemas e integrar os conteúdos de forma mais significativa. No ensino de Física destacam-se diferentes possibilidades de uso das tecnologias digitais, as quais possibilitam a modelagem e o estudo de diferentes fenômenos. Podemos citar o uso de *hardwares* e *softwares*, recursos como o uso de simulações, vídeos, plataformas online e aplicativos móveis que permitem visualizar e compreender fenômenos complexos (ARANTES, MIRANDA e STUART, 2010; NOGUEIRA, 2023).

Rodrigues (2017,p.37) destaca que a utilização e integração das tecnologias digitais são significativas e provocam alterações positivas nos professores e estudantes, “ seja ao nível da inovação das metodologias ou da melhoria da motivação e dos resultados escolares dos alunos”.

Neste contexto, o presente artigo apresenta resultados de uma das etapas de uma dissertação em andamento, que tem como objetivo utilizar a plataforma Arduino para introduzir o estudo dos conceitos de Velocidade e Aceleração, tendo como aporte metodológico a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP).

Para análise dos resultados utilizamos a Teoria dos Campos Conceituais buscando responder a seguinte questão de pesquisa: Quais invariantes operatórios sobre velocidade e aceleração podem ser mobilizados a partir de situações-problema tendo o Arduino como um produto educacional?

Aporte Teórico

O Arduino e o Ensino de Física

Na área da Ciências da Natureza e, principalmente, na Física, é comum trabalhar utilizando modelagem computacional, de forma a trazer um maior significado para conceitos que muitas vezes se apresentam de forma abstrata e de difícil compreensão. Dentre as diversas formas de se fazer uma modelagem, a placa controladora Arduino vem se mostrando versátil e de simples entedimento, não sendo necessário um estudo aprofundado para compreender o básico acerca da funcionalidade do aparelho.

O Arduino é uma placa controladora de código aberto, destinado para qualquer pessoa que deseja realizar projetos interativos. Ele utiliza-se de diferentes tipos de sensores, sendo capaz de acender um simples LED de forma automática e até mesmo abrir portões de garagem conforme a aproximação de um veículo. A vantagem desse produto é que ele pode ser usado tanto por amadores que desejam aprender sobre a tecnologia ou mecanizar algo de seu cotidiano, quanto por profissionais do ramo da programação (ARDUINO.CC, 2021). Desde sua criação, o arduino vem ocupando espaço em diversos setores, e a área do ensino não ficaria de fora. O dispositivo começou a ser utilizado em escolas e universidades buscando enriquecer o conhecimento nos cursos ministrados (GONÇALVES, FREITAS e CALHEIRO, 2023). De acordo com Moreira *et al.* (2018) e Schiavon *et al.* (2023), o aparato pode ser utilizado no meio escolar através da experimentação, visando elaborar instrumentos científicos de custo acessível, instigando não somente a curiosidade, como também servindo de uma iniciação para um ambiente de programação.

Em um ambiente de sala de aula é importante a maneira como o Arduino será utilizado, o que será fundamental para agregar uma aprendizagem com maior significado, propiciando o planejamento de aulas mais dinâmicas e atrativas aos olhos dos estudantes. Apesar das vantagens que o arduino pode promover nesse ambiente, ele ainda é pouco utilizado, visto que os professores podem não ter tido uma formação inicial ou continuada que os preparassem para o uso dessa tecnologia (MARTINAZZO *et. al.*, 2014).

Visando analisar os aspectos acima citados acerca das vantagens de se

utilizar essa tecnologia no ambiente escolar, o presente trabalho busca verificar se o uso da tecnologia Arduino aliada ao ambiente escolar tem a capacidade de promover não somente um ambiente potencialmente estimulante para o aprendizando, mas também servir como ideias para que professores de diferentes áreas possam se inspirar e introduzir a tecnologia em suas práticas pedagógicas.

Aprendizagem Baseada em Projetos

Buscando romper com um modelo de ensino que costuma dar respostas prontas ou que busque vencer o currículo escolar, tornando o estudante um agente passivo em sala de aula, as metodologias ativas surgem como ferramentas para auxiliar o professor a atingir melhores resultados em suas práticas pedagógicas, tornando o ambiente escolar mais prazeroso ao estudante.

De acordo com Morán (2015), para que os estudantes se tornem mais proativos é necessário, também, adotar estratégias que envolvam o aprendiz em atividades complexas, exigindo tomadas de decisões e posicionamento diante das questões apresentadas, utilizando materiais que sejam relevantes, agregando a experimentação de novas possibilidades e estimulando iniciativas de forma ativa em sala de aula. O autor destaca a importância da inovação na educação, argumentando que o ensino baseado em projetos é uma maneira eficaz de promover a inovação na sala de aula.

Visando trabalhar uma metodologia ativa no ensino de Física, a ABP vem justamente ao encontro de se criar um espaço que permita ao estudante exercer um pensamento crítico, tornando-o um agente central de seu processo de ensino e aprendizagem. A ABP é definida por Bender (2014, p.15) como sendo “projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa ou problema altamente motivador e envolvente, para ensinar conteúdos acadêmicos aos estudantes no contexto do trabalho cooperativo para a resolução de problemas”. O Quadro 1 apresenta características essenciais para a ABP, definidas pelo autor.

Quadro 1: Características essenciais da ABP de acordo com Bender (2014, p.16-17)

Âncora	Introdução e informações básicas para preparar o terreno e gerar o interesse dos estudantes.
Trabalho em equipe cooperativo	É crucial para as experiências da ABP, enfatizado por todos os proponentes da ABP como forma de tornar as experiências de aprendizagem mais autênticas.
Questão motriz	Deve chamar a atenção dos estudantes, bem como focar seus esforços.
Feedback e revisão	A assistência estruturada deve ser rotineiramente proporcionada pelo professor ou no interior do processo de ensino cooperativo. O feedback pode ser baseado nas avaliações do professor ou dos colegas.
Investigação e inovação	Dentro da questão motriz abrangente, o grupo precisará gerar questões adicionais focadas mais especificamente nas tarefas do projeto.
Oportunidades e reflexão	Criar oportunidades para a reflexão dos estudantes dentro de vários projetos é aspecto enfatizado por todos os proponentes da ABP.
Processo de investigação	Pode-se usar diretrizes para a conclusão do projeto e geração de artefatos para estruturar o projeto. O grupo também pode desenvolver linhas de tempo e metas específicas para a conclusão de aspectos do projeto.
Resultados apresentados publicamente	Os projetos de ABP pretendem ser exemplos autênticos dos tipos de problemas que os estudantes enfrentam no mundo real, de modo que algum tipo de apresentação pública dos resultados do projeto é fundamental dentro da ABP.
Voz e escolha do estudante	Os estudantes devem ter voz em relação a alguns aspectos de como o projeto pode ser realizado, além de serem encorajados a fazer escolhas ao longo de sua execução.

Fonte: Bender (2014).

A dissertação da qual originou esse trabalho teve como *Questão Motriz* estudar como a Teoria da Relatividade está associada ao funcionamento da tecnologia GPS (*Global Positioning System*). Para o presente artigo, foi desenvolvida a etapa *Investigação e Inovação* definida no Quadro 1, de forma a introduzir os conceitos de Velocidade e Aceleração necessários para conduzir a uma melhor compreensão da teoria da Relatividade.

Teoria dos Campos Conceituais

Para a análise dos dados foi utilizada a Teoria dos Campos Conceituais (TCC), desenvolvida pelo matemático, filósofo e psicólogo francês Gérard Vergnaud (1933-2021), com vistas a verificar o desenvolvimento cognitivo e a apropriação de conceitos complexos por parte dos estudantes.

Gerard Vergnaud compôs o segundo quadro dos doutorandos de Jean Piaget (1896-1980), sendo evidente as influências do pensador suíço em sua obra, principalmente no que diz respeito a definição de esquema. De acordo com Lopes, Sá e Darsie (2018), Vergnaud considera que os esquemas possuem relação com as situações na qual eles estão inseridos, ou seja, possui uma relação esquema-sujeito,

indo de encontro com a interação proposta por seu orientador sujeito-objeto.

Apesar de Piaget trazer valiosas contribuições para a área do ensino, o mesmo não demonstrava interesse para tal, tendo como foco o desenvolvimento cognitivo do ser humano. Por sua vez, Vergnaud busca, com a sua teoria, visar justamente o contexto escolar (NOGUEIRA e REZENDE, 2014).

Segundo essa teoria, o conhecimento está organizado em Campos Conceituais, possuindo a conceitualização como um eixo central; o domínio desse campo só ocorrerá no decorrer do tempo, por meio de experiências e aprendizagens que o estudante deve presenciar (VERGNAUD, 1983). Os principais conceitos que abrangem a TCC são:

- Campo Conceitual - um conjunto de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, que se interligam durante o processo de ensino (VERGNAUD, 1983). Para o autor, existem três argumentos que levam a esse conceito: um conceito não irá se formar somente a partir de uma única situação; uma situação não pode ser analisada tendo um único conceito; a construção de um conceito pode decorrer até mesmo por décadas.

- Conceitos – definido como um conjunto triplo, $C = (S, I, R)$, onde S é o conjunto de situações que darão sentido ao conceito I o conjunto de invariantes operatórios relacionados ao conceito, sendo esse utilizado para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto, e R as representações simbólicas que podem ser utilizadas para indicar e representar os invariantes operatórios (VERGNAUD, 1998).

- Situações – pode ser interpretada como um conjunto de tarefas, de forma que cada tarefa possui diferente nível e dificuldade (VERGNAUD, 1998).

- Esquemas – é a forma como os invariantes de uma determinada classe de situações estão organizados; a partir desses esquemas que serão investigados os invariantes operatórios dos estudantes (VERGNAUD, 1998).

- Invariantes Operatórios – compreendido pela expressão “conceito-em-ação” e “teorema-em-ação”. O conceito-em-ação é tido como aquilo que se mostra relevante perante uma determinada situação, que tem potencial para vir a se tornar um conceito científico. Por sua vez, o teorema-em-ação pode ser tanto verdadeiro quanto falso, implícito na estrutura cognitiva do aprendiz, estando a cargo do pesquisador/professor explicitar esse teorema (CALHEIRO, 2018; MOREIRA, 2002). De acordo com Moreira (2002, p.20):

As concepções prévias dos estudantes contêm teoremas e conceitos-em-ação que não são verdadeiros teoremas e conceitos científicos mas que podem evoluir para eles. (...) o hiato entre os invariantes operatórios dos estudantes e os do conhecimento científico é grande, de modo que a mudança conceitual poderá levar muito tempo (MOREIRA, 2002, p. 20).

Ou seja, identificar esses invariantes é uma maneira potencial de auxiliar os estudantes na construção de um Campo Conceitual, de forma a expô-los a diversas situações-problemas. Para a análise de dados desse artigo, foi proposta a verificação dos Invariantes Operatórios dos estudantes no que diz respeito ao possível domínio do Campo Conceitual dos conceitos “velocidade” e “aceleração”, através de três situações-problema.

Encaminhamento metodológico

A presente pesquisa possui caráter qualitativo, tendo como público alvo estudantes regularmente matriculados no 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Mato Grosso do Sul. As atividades foram desenvolvidas no período regular de aulas dos estudantes na disciplina de Física, contando com um total de 13 participantes, sendo necessárias duas aulas de 50 minutos para a conclusão.

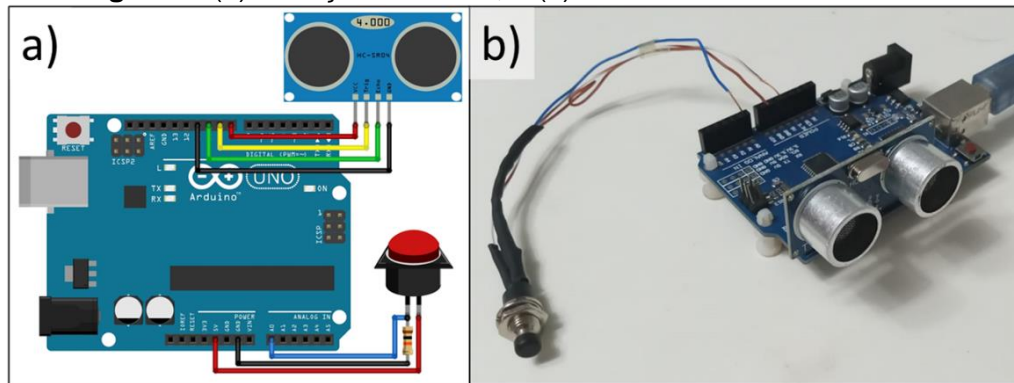
Os conceitos de Velocidade e Aceleração são importantes para que ocorra uma evolução no domínio do Campo Conceitual da Teoria da Relatividade. Ao se deparar com a Teoria da Relatividade Restrita proposta por Einstein, o estudante irá analisar corpos que possuem velocidade diferente de zero em relação a um corpo estacionado, enquanto que para a Teoria da Relatividade Geral, serão abordados situação-problema em que corpos estarão acelerados e, por conta dessa aceleração, sofrerão efeitos como se estivessem imersos em um campo gravitacional. Desse modo, é importante uma compreensão desses dois conceitos a fim de minimizar possíveis equívocos no momento da abordagem desse conteúdo.

Visando então desenvolver esses conceitos e, ao mesmo tempo fazer o uso de recursos tecnológicos no âmbito escolar, foi utilizada a placa controladora Arduino, de modo que o estudante pudesse construir gráficos da sua posição em função do tempo, verificando de que modo os conceitos estão envolvidos.

O aparato experimental utilizado consistiu em um Arduino Uno com o código previamente instalado, um sensor de movimento ultrassônico, um botão, uma fonte de

alimentação para o Arduino, um datashow e um anteparo. A Figura 1 apresenta o dispositivo utilizado.

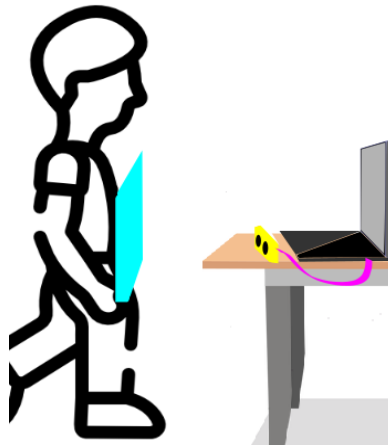
Figura 1: (a) Esboço do circuito, e (b) Foto do arduino com sensor



Fonte: Ladeira, Calheiro e Gonçalves (2022).

Na Figura 2 apresentamos de que modo foi organizado a montagem experimental para a execução da atividade.

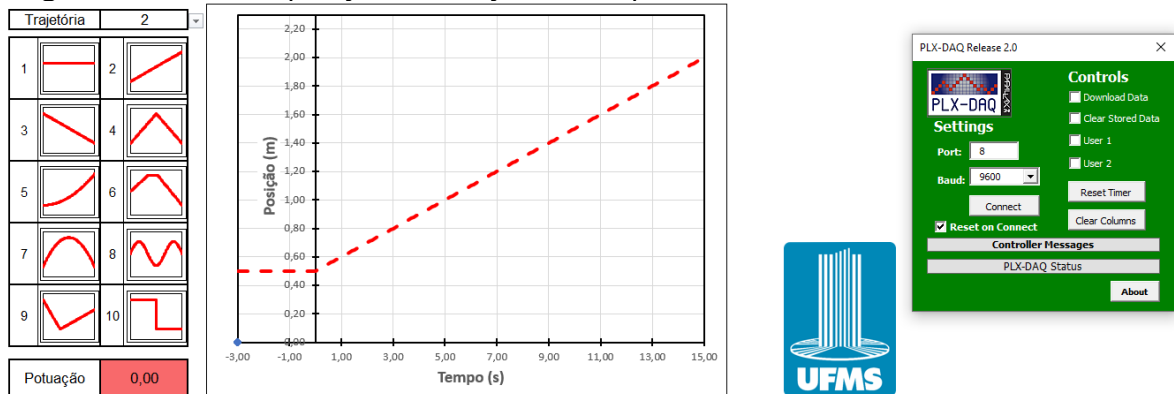
Figura 2: Montagem experimental para a execução da atividade



Fonte: Autores.

Para o trabalho em questão, foi utilizado um notebook como fonte de alimentação para o Arduino. Após a montagem ter sido realizada conforme a Figura 2, foi aberto uma planilha do Excel que consistia em um conjunto de 10 gráficos da posição de um corpo em função do tempo. A Figura 3 apresenta a interface dessa planilha.

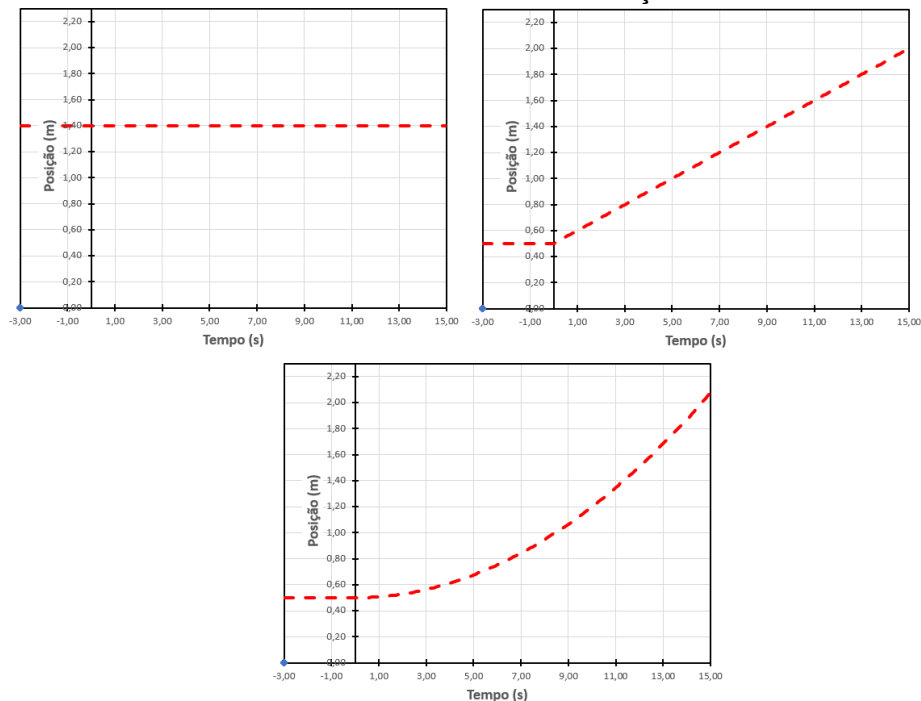
Figura 3: Gráfico da posição em função do tempo em Excel com o auxílio de um Arduino



Fonte: Autores.

Na interface da esquerda é possível alternar entre até 10 diferentes gráficos da posição em função do tempo. Por decorrência do tempo limitado para a execução da atividade, foram selecionados somente três trajetórias para a análise, sendo elas a Trajetória 1, 2 e 5, intituladas neste trabalho de Situações-problema 1, 2 e 3, respectivamente, apresentados na Figura 4.

Figura 4: Situações-problema 1, 2 e 3, respectivamente, utilizadas para o estudo dos conceitos de velocidade e aceleração.



Fonte: Autores.

O objetivo dos estudante era realizar deslocamentos com o anteparo pela sala de aula de modo a construir o gráfico apresentado no datashow. O programa em

questão apresenta, também, uma pontuação que varia de 0-10 pontos e que serviu como um estímulo para os participantes verificarem quem obteve uma curva mais próxima do modelo esperado, sem cunho avaliativo. A Figura 5 traz os estudantes realizando a atividade proposta.

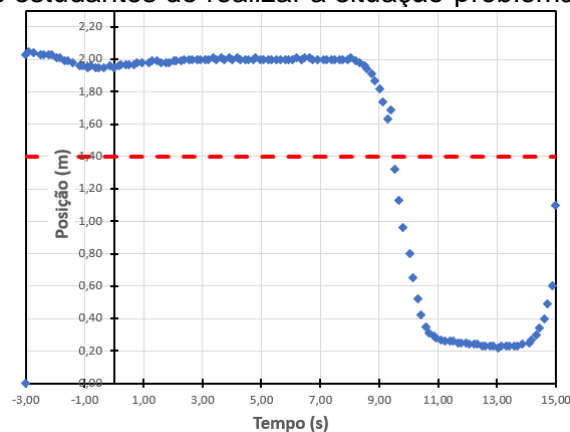
Figura 5: Estudante segurando uma anteparo para construir um gráfico da posição em função do tempo com o auxílio de um Arduino



Fonte: Autores.

Durante o deslocamento do estudante com o anteparo, o mesmo visualizava no gráfico o seu deslocamento através de uma linha azul pontilhada, quando, então, o participante alinhava a linha azul (o seu deslocamento) com a linha vermelha (movimento esperado). A Figura 6 apresenta uma das tentativas dos estudantes ao executar situação-problema 1.

Figura 6: Tentativa dos estudantes de realizar a situação-problema 1 da atividade proposta



Fonte: Autores.

Para cada situação-problema analisada pelos estudantes, eles deveriam responder a seguinte questão: de que forma o conceito de velocidade e aceleração estão envolvidos na ação realizada?

Neste artigo elaboramos uma análise dos esquemas utilizados pelos estudantes ao participarem da atividade, sendo identificados anonimamente por A1, A2, ..., A13 para garantir a confidencialidade dos dados.

Resultados e Discussão

Pensando em organizar os resultados obtidos por meio da atividade, a pesquisa foi dividida em duas etapas a fim de agrupar as respostas em categorias de conceito-em-ação e teoremas-em-ação apresentados pelos estudantes.

Na primeira etapa foi determinada qual era a regra da ação, sendo essa do tipo “se... então”, buscando uma relação de causa e efeito. Por exemplo, para o Situação-problema 1, o estudante A6 respondeu: *“não teve velocidade porque não se moveu de um ponto a outro. Também não teve aceleração, porque sem o uso da velocidade não tem a aceleração.”* (A6).

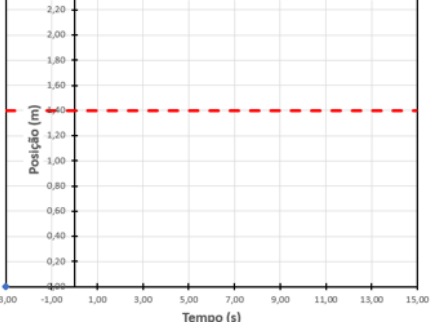
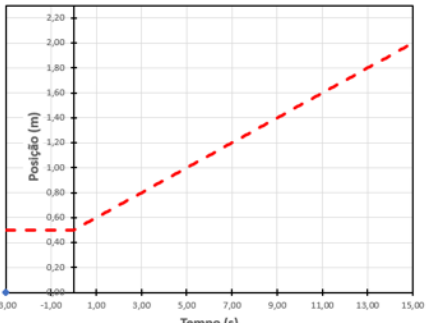
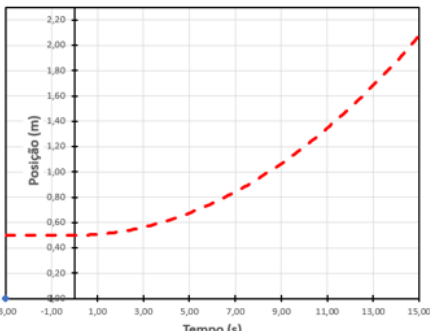
Pela regra do “se...então”, é possível observar uma relação de causa e efeito, no qual ele afirma que *“não se moveu de um ponto ao outro”* (se) logo *“não teve velocidade”* (então). Dessa forma, chega-se ao seguinte teorema-em-ação: *não teve velocidade porque não teve movimento. Sem velocidade não tem aceleração diferente de zero.*

Definido então o teorema-em-ação, inicia-se a segunda etapa, na qual pretende-se determinar qual é o conceito-em-ação que está explícito ou implícito no teorema, podendo esse ser uma afirmação. Para a situação-problema acima, o estudante atingiu o objetivo esperado, sendo capaz de diferenciar os conceitos de velocidade e aceleração, inferindo o conceito da seguinte forma: *Velocidade é a variação da posição no tempo, enquanto aceleração é a variação da velocidade no tempo.* Entretanto, nem todas as respostas foram passíveis de se aplicar a regra pré-estabelecida, como é a situação-problema do participante A10: *“para a linha azul (do gráfico) se encaixar precisa ajustar o gráfico”.* (A10).

Nessa situação não é possível inferir uma situação de causalidade, impossibilitando a identificação dos invariantes operatórios, caracterizando, então, como *indefinido* durante a análise dos resultados.

O Quadro 2 apresenta os resultados esperados para cada situação-problema abordada, sendo utilizado como parâmetro para avaliar se a atividade teve um potencial significado para o possível domínio do campo conceitual abordado.

Quadro 2: Resultado esperado para cada situação-problema analisada

Situações-problema	Resultado esperado
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p>Identificar que um corpo em repouso possui velocidade nula, visto que o mesmo não varia sua posição durante um determinado intervalo de tempo.</p>
<p style="text-align: center;">2</p> 	<p>Identificar que um corpo possui velocidade diferente de zero quando a sua posição varia em um determinado intervalo de tempo, porém a sua aceleração será nula pois a sua velocidade foi constante em todo o trajeto.</p>
<p style="text-align: center;">3</p> 	<p>Identificar que um corpo possui velocidade diferente de zero quando a sua posição varia em um determinado intervalo de tempo e teve aceleração uma vez que a sua velocidade alterou ao longo do trajeto.</p>

Fonte: Autores.

Para cada situação-problema analisada, foram obtidas um total de 13 respostas. O Quadro 3 apresenta os invariantes operatórios mobilizados pelos estudantes para o Situação-problema 1.

Quadro 3: Invariantes Operatórias mobilizados pelos estudantes para a Situação-problema

1

Conceitos-em-ação	Teoremas-em-ação	Exemplos das justificadas escritas pelos estudantes	Ocorrência do total de estudantes
Velocidade é a variação da posição no tempo, enquanto que aceleração é a variação da velocidade no tempo.	Não teve velocidade porque não teve movimento. Sem velocidade não tem aceleração diferente de zero.	<i>“não teve velocidade, porque não se moveu de um ponto a outro. Também não teve aceleração, porque sem o uso da velocidade não tem a aceleração” (A6)</i>	8 estudantes (61,53%)
Precisa de velocidade para fazer uma reta no gráfico, porém sem aceleração porque não ocorreu uma variação da velocidade no período de tempo.	Teve velocidade porque a reta do gráfico se manteve (linear), mas não teve aceleração porque o gráfico não mudou.	<i>“teve velocidade porque se manteve a reta (do gráfico) mas não teve aceleração porque não variou (a velocidade).” (A8)</i>	2 estudantes (15,38%)
O corpo se moveu com velocidade constante.	A velocidade não mudou, mas o corpo ainda estava em movimento.	<i>“o corpo dele estava movimento enquanto a velocidade não mudava” (A5)</i>	1 estudante (7,69%)
Indefinido	Indefinido	<i>“para a linha azul (do gráfico) se encaixar precisa ajustar o gráfico” (A10)</i>	2 estudantes (15,38%)

Fonte: Autores.

Para esta situação-problema 1, 61,53% dos estudantes que participaram da atividade foram capazes de diferenciar os conceitos de velocidade e aceleração de maneira satisfatória, se aproximando do conceito científico. Para 2 estudantes (15,38%), o conceito estava associada à figura formada pelo gráfico, ou seja, como formou-se uma figura no gráfico, existiu velocidade. A velocidade nesse situação-problema está atribuída aos pontos visualizados no gráfico e não ao deslocamento da pessoa no momento da plotagem, que nessa situação-problema era nenhum. O mesmo é válido para a aceleração, pois como a figura observada era uma linha reta horizontal, foi constatado que o corpo não acelerou, estando implícito que se o gráfico crescesse linearmente, seria constatado que o corpo acelerou, visto que a figura observada estava se deslocando para cima.

Dos 13 estudantes, somente 1 (7,69%) afirmou que o corpo estava se movimentando, porém com velocidade constante, sendo análogo ao anterior. O movimento está atribuído à imagem formada no gráfico e não ao movimento realizado pelo corpo. O corpo tinha velocidade constante (zero), porém não realizou qualquer movimento para tal. Por fim, 2 estudantes (15,38%) foram categorizados como

indefinidos por conta das condições citadas anteriormente.

Na sequência, o Quadro 4 apresenta os invariantes operatórios mobilizados pelos estudantes para o Situação-problema 2.

Quadro 4: Invariantes Operatórios mobilizados pelos estudantes para o Situação-problema 2

Conceitos-em-ação	Teoremas-em-ação	Exemplos das justificadas escritas pelos estudantes	Ocorrência do total de estudantes
Teve velocidade porque ocorreu movimento e aceleração nula porque a velocidade foi constante.	Teve velocidade porque foi necessário se mover de um ponto a outro; não teve aceleração porque a velocidade foi constante.	“Teve aceleração porque precisou aumentar a velocidade para realizar a curva do gráfico e velocidade porque foi de um ponto até o outro da sala” (A12)	8 estudantes (61,53%)
Se a velocidade é constante a aceleração é nula.	Não teve aceleração pois a figura do gráfico (velocidade) era constante.	“Ele não teve aceleração, pois continuou no mesmo ritmo no gráfico, sem mudar a velocidade” (A3)	3 estudantes (23,07%)
A velocidade e aceleração dependem da variação da posição no tempo.	Teve velocidade e aceleração porque variou a posição no espaço.	“Teve velocidade e aceleração por ela ter que se mover de um ponto ao outro para conseguir se alinhar ao gráfico” (A13)	1 estudante (7,69%)
Indefinido	Indefinido	“Teve velocidade” (A5)	1 estudante (7,69%)

Fonte: Autores.

Conforme destaca-se no quadro, oito estudantes (61,53%) mobilizaram invariantes que apontam para uma aproximação do conhecimento científico dos conceitos de velocidade e aceleração, atribuindo uma aceleração nula para quando a velocidade se mantia constante ao longo do trajeto, diferente dos outros 3 estudantes (23,07%) que relacionaram o movimento à figura observada no gráfico, atribuindo que a velocidade foi constante porque “*continuou no mesmo ritmo no gráfico*” (A3). Nessas duas situação-problemas é possível observar que, para o primeiro grupo dos invariantes, o conceito está relacionado ao movimento do corpo físico dentro da sala de aula, enquanto que para o segundo grupo foi analisado estritamente a figura formada no gráfico, não sendo necessário visualizar o real trajeto do corpo no ambiente em qual o experimento foi realizado.

Para 1 estudante (7,69%) ainda existe um equívoco explicitado pelo seu invariante no qual aceleração e velocidade são tidos como sinônimos, apresentando um teorema que diz que para um corpo estar acelerado basta que o mesmo tenha

velocidade, mostrando-se uma inverdade, visto que para um corpo ter aceleração diferente de zero, é necessário que ocorra uma variação da velocidade em um período de tempo.

Por fim, somente 1 estudante (7,69%) entrou na categoria de Indefinido, por conta de sua resposta não atender a regra de ação definida anteriormente nesse trabalho. Por sua vez, o Quadro 5 apresenta os invariantes operatórios mobilizados pelos estudantes para o Situação-problema 3.

Quadro 5: Invariantes Operatórios mobilizados pelos estudantes para o Situação-problema 3

Conceitos-em-ação	Teoremas-em-ação	Exemplos das justificadas escritas pelos estudantes	Ocorrência do total de estudantes
É necessário variar a velocidade para obter aceleração	O corpo acelerou porque a velocidade aumentou com o tempo.	<i>“[...] teve aceleração porque o tempo de chegada diminuiu durante o deslocamento.” (A6)</i>	10 estudantes (76,92%)
O corpo estava acelerado mesmo sua velocidade sendo nula.	O corpo estava acelerando apesar de sua posição no tempo (velocidade) não variar.	<i>“tinha que acelerar com a velocidade igual para construir o gráfico” (A5)</i>	1 estudante (7,69%)
Indefinido	Indefinido	<i>“foi acelerando” (A7)</i>	2 estudantes (15,38%)

Fonte: Autores.

Para a última situação-problema analisada, dez estudantes (76,92%) apresentaram invariantes que apontavam que o corpo estava acelerando por conta de uma variação que existiu na velocidade; de acordo com o A6 :*“[...] teve aceleração porque o tempo de chegada diminuiu durante o deslocamento.”* É possível observar que quando o estudante deixa explícito que *“o tempo de chega diminuiu”* está implícito que a velocidade do corpo aumentou durante o trajeto, estando de acordo com o conhecimento científico a respeito do fenômeno observado.

Somente 1 estudante (7,69%) apresentou um equívoco nos conceitos, pois entendeu que precisava manter uma velocidade constante para que o corpo acelerasse, e 2 estudantes (15,38%) foram categorizados como indefinido, se tornando inviável analisar as suas respostas.

Considerações finais

Para a análise dos resultados é importante observar que este não foi o primeiro contato dos estudantes com o conceito formal de velocidade e aceleração, visto que na grade curricular do estado de Mato Grosso do Sul esse conteúdo consta no 1º ano do Ensino Médio. Apesar disso, é uma memória distante para a maioria dos estudantes, visto já ter transcorrido cerca de dois anos do contato com esses termos, além de ter ocorrido durante a pandemia, ou seja, período em que as aulas ocorreram de forma remota no Estado.

Os resultados apresentados através da análise dos Invariantes Operatórios são apenas uma parte inicial das discussões que envolvem a análise do Campo Conceitual da Velocidade e Aceleração. Moreira (2002, p.16) afirma que “[...] conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem, progressivamente, tornarem-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas isso pode levar muito tempo”. É claro que um único grupo de atividade não é o suficiente para determinar se ocorreu de fato ou não um domínio desse campo, porém já oferece subsídios para futuras investigações acerca da temática.

Por sua vez, uso da plataforma Arduino e outras tecnologias associadas possibilitou uma abordagem inovadora ao permitir que os estudantes não apenas visualizassem o movimento de execução, mas realizassem análises de gráficos, estimulando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e promovendo uma aprendizagem com potenciais significados. O uso do dispositivo também permitiu dar “vida” para conceitos, permitindo ao professor aprimorar metodologias de ensino através da utilização de tecnologias, gerando inovação no meio educacional e apresentando resultados potencialmente satisfatórios (SILVA, BRANDÃO, DE AZEVEDO, DE AGUIAR, 2019), refletidos na análise dos dados dos Invariantes Operatórios descritos na seção anterior, onde foi possível mobilizar diversos grupos de teoremas e conceitos-em-ação fazendo uso do Arduino como um recurso pedagógico.

Os resultados dessa pesquisa vão ao encontro dos obtidos por Martín, Martínez, Fernández e Bravo (2016), no qual alegam que trabalhar a robótica da placa controladora aliada a uma metodologia como a Aprendizagem Baseada em Projetos tem mostrado resultados práticos e eficientes, promovendo momentos de autoaprendizagem para os estudantes.

No que diz respeito ao referencial metodológico utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, a ABP se mostrou uma metodologia ativa capaz de desenvolver competências e habilidades nos estudantes, promovendo não somente um pensamento crítico a respeito das atividades propostas, mas também colocando os indivíduos como protagonistas de seu processo de ensino e aprendizagem, propiciando uma maior autonomia nas tomadas de decisões, visto que os casos analisados dependiam da interação aluno-objeto para que ele pudesse chegar às suas próprias conclusões.

Apesar das vantagens observadas quando da utilização desse método de ensino, o sucesso de sua aplicação não depende somente do conhecimento do pesquisador/professor. É necessário romper com as barreiras tradicionalistas de ensino, uma vez que o docente irá assumir papel de mediador nas atividades, conduzindo o estudante a momentos de reflexão, decisão e atitude (MORENO, DOS REIS e CALEFI, 2016).

Por fim, é possível concluir que este estudo possibilitou a inserção da tecnologia Arduino em conjunto com ABP, como uma metodologia capaz de apresentar uma prática diferenciada para o estudo dos conceitos de Física e que possa servir de subsídio para a abordagem da Física Moderna e Contemporânea, mais especificamente no campo da Teoria da Relatividade.

Agradecimentos

Este trabalho contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Referências

ALVES, E. F. P. Tecnologia na educação: reflexão para uma prática docente
Technology in education: reflection for a teacher practice. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 4227-4238, 2022.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: Usando Simulações Phet. **Revista Física Na Escola**, ISSN 1983-6430, Vol 11 Nr 01, 2010, p. 27-31.

ARDUINO.CC. **Arduino**, 2021. About Arduino: What is a Arduino? Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/about>. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

BENDER, W. N. (2014). **Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o Século XXI**. Porto Alegre. Editora Penso.

BRITO, G. da S.; PURIFICAÇÃO, I. da. Educação e Novas Tecnologias: Um repensar. **Editora IBPEX**, Curitiba, 2ª Edição, 2008.

CALHEIRO, L. B. **As representações sociais da radiação no contexto do ensino médio e a sua articulação com os campos conceituais de Vergnaud**. 2018. Tese (Educação em Ciências Química da Vida e Saúde). Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

GONÇALVES, A. M. B.; FREITAS, W. P. S.; CALHEIRO, L. B. Resources on physics education using Arduino. **Physics Education**, v. 58, n. 3, p. 033002, 2023.

LADEIRA, V. B.; CALHEIRO, L. C.; GONÇALVES, A. M. B. Exploring kinematics graphs using Arduino and an interactive Excel spreadsheet. **Physics Education**, 57(2), 02300,2022.

LOPES, T. B.; DE SÁ, P. F.; DARSIE, M. M. P.. Influências de epistemólogos anteriores e contemporâneos para a elaboração da teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 13, n. 2, p. 250-263, 2018.

Martín, J. L.; Martínez, P.; Fernández, G. M.; Bravo, C. Analizando el desarrollo de las habilidades STEM a través de un proyecto ABP con arduino y su relación con el rendimiento académico, 2016.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; FERRARI, D.; PIAIA, M. M. Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. **Revista Perspectiva**, v. 38, n. 143, 2014.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D.; BRITO, G. da S. Ensino de física e novas tecnologias de informação e comunicação: uma análise da produção recente. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VIII, 2011.

MORÁN, J.. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre. Vol. 7, n. 1 (jan./mar. 2002), p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. P. C.; ROMEU, M. C.; ALVES, F. R. V.; DA SILVA, F. R. O. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

MORENO, M. A.; DOS REIS, M. J.; CALEFI, P. S. Concepções de professores de biologia, física e química sobre a aprendizagem baseada em problemas (ABP). **Revista Hipótese**, v. 2, n. 1, p. 104-117, 2016.

NOGUEIRA, C. M. I.; REZENDE, V. A teoria dos campos conceituais no ensino de números irracionais: implicações da teoria piagetiana no ensino de matemática. **Schème: Revista eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, v. 6, n. 1, p. 41-63, 2014.

NOGUEIRA, J. M. **Da internet à sala de aula**: um estudo exploratório de laboratórios brasileiros de experimentação remotamente controlados para aprendizagem de Física. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2023.

RODRIGUES, A. L. **A formação ativa de professores com integração pedagógica das tecnologias digitais**. Tese de doutoramento, Educação (Tecnologia de Informação e Comunicação na Educação), Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, 2017.

SCHIAVON, G. J.; ATAIDES, A. D.; SANTOS, O. R.; BATISTA, M. C.; BRAGA, W. S.; SOUTO, A. R. Construção de um Medidor de Carga e Energia Armazenada em Capacitores Utilizando a Plataforma Arduino. **Revista do Professor de Física**, v. 6, n. 3, p. 66-86, Brasília, 2022.

SILVA, A. H. A., BRANDÃO, G. A., AZEVEDO, P. H. G. de; AGUIAR, D. S. de. Usando a robótica educacional com Scratch e Arduino para melhor compreensão de Ciências Exatas. **Scientia Prima**, v. 6, n. 1, p. 147-159, 2020.

SOUZA NETO, A. Do aprender ao ensinar com as tecnologias digitais: mapeamento dos usos feitos pelos professores. 2015. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Florianópolis.

VERGNAUD, G. Cognitive and developmental psychology and research in mathematics education: Some theoretical and methodological issues. For the learning of mathematics, v. 3, n. 2, p. 31-41, 1982.

VERGNAUD, G. Psychology and Didactics of Mathematics in France--An Overview. **International Reviews on Mathematical Education**, v. 15, n. 2, p. 59-63, 1983.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n. 2. p. 167-181, 1998.

Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0364021399800573>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

VERGNAUD, G. Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 287-304, 2012.