

Robótica no Ensino de Física: estudo sobre a vivência de uma sequência de ensino estruturada a partir de elementos da Engenharia Didática

Robotics in Physics Teaching: a study about the experience of a sequence of teaching structured from elements of Didactic Engineering

José Roberto Tavares de Lima

IFPE campus Pesqueira e Universidade Federal Rural de Pernambuco/PPGEC
jroberto@pesqueira.ifpe.edu.br

Helaine Sivini Ferreira

Universidade Federal Rural de Pernambuco / PPGEC
hsivini@terra.com.br

Resumo

O uso da Robótica como ferramenta educacional possibilita aos estudantes um ambiente de construção e experimentação de conceitos relacionados as diversas áreas do conhecimento. Em nossa investigação tivemos como objetivo analisar as contribuições da utilização da Robótica Educacional para o ensino de Física a partir da estruturação de uma sequência de ensino utilizando alguns elementos da Engenharia Didática Clássica. O conteúdo de Física selecionado foi o estudo do fenômeno de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme. A sequência de ensino consistiu na aplicação de dois testes de resolução de problemas e a disponibilização de uma atividade com montagem de robôs carros e a vivência de solução do desafio do Encontro dos corpos. Os resultados evidenciaram que um projeto de ensino utilizando elementos da Engenharia Didática possibilita um estudo de processos de ensino com reconhecimento de estratégias eficazes ou incorretas utilizadas pelos estudantes e suas dificuldades de aprendizagem.

Palavras chave: ensino de física, engenharia didática, robótica educacional

Abstract

The use of Robotics as an educational tool allows students an environment of construction and experimentation of concepts related to the different areas of knowledge. In our investigation we aimed to analyze the contributions of the use of Educational Robotics to the teaching of Physics from the structuring of a sequence of teaching using some elements of Classical Didactic Engineering. The selected Physics content was the study of the phenomenon of Meeting of Bodies in Uniform Movement. The teaching sequence consisted in the application of two tests of problem solving and the provision of an activity with the assembly of robots and the experience of solution of the challenge of the Meeting of the bodies. The results showed that a teaching project using elements of Didactic Engineering

enables a study of teaching processes with recognition of effective or incorrect strategies used by students and their learning difficulties.

Key words: physics teaching, didactic engineering, educational robotics

Introdução

Hoje vivemos um novo momento cultural no qual os estudantes são expostos às diversas fontes de conhecimentos através das tecnologias da informação tais como: as videoaulas, os canais de Youtube, Podcast, as séries e filmes disponibilizados em nuvem, etc (POZO e CRESPO, 2009).

Aliado ao múltiplo acesso ao conhecimento através das mídias virtuais, o aluno tem disponível, em seu cotidiano, um ambiente repleto de tecnologias, tais como: os videogames com sensores de movimento, os smartphones, os scanners, as impressoras 3D, os computadores interligados em rede, etc. Neste contexto, vislumbramos a possibilidade de inserção da modernização e de novas tecnologias em processos educacionais nos espaços escolares, reduzindo os efeitos das práticas de ensino com ênfase na memorização e no treino matemático. Desta forma, o desenvolvimento de dinâmicas didáticas com a Robótica Educacional proporciona a inclusão de elementos tecnológicos do mundo cotidiano para o espaço escolar, além de possibilitar atividades de experimentação, observação e leitura de dados.

Percebemos na literatura científica dedicada à área do ensino um crescente interesse por pesquisas envolvendo a Robótica Educacional e nas publicações nacionais encontramos diversos trabalhos de pesquisa com ênfase no uso da Robótica para o ensino de conceitos físicos (BALDOW; SILVA JR e LEÃO, 2017; SILVA JR, LINS e LEÃO, 2017). Assim, nesta pesquisa tivemos como objetivo analisar as contribuições da utilização da Robótica Educacional para o ensino de física a partir de sequências estruturadas considerando elementos da Engenharia Didática Clássica.

A Engenharia Didática como instrumento teórico e metodológico

A Engenharia Didática, surge na década de 70, a partir dos estudos de Brousseau e Artigue, e embora tenha sido concebida como metodologia de pesquisa em situações de ensino de conteúdos matemáticos, esta perspectiva de pesquisa qualitativa possui uma dinâmica que possibilita sua aplicação em outras áreas do conhecimento, como por exemplo, no Ensino das Ciências (GUIMARÃES, BARLETTE e GUADAGNINI, 2015; SOUSA, 2010; BERENQUER, 2010). Esta alternativa de utilização da Engenharia Didática como recurso de investigação em pesquisas no Ensino das Ciências se justifica, pois sua metodologia permite diversas contribuições de pesquisa em ensino, tais como: o diagnóstico das concepções dos sujeitos, um estudo e reflexão sobre as dificuldades e obstáculos de aprendizagem, estudo e análise das estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução de situações problema e a possível validação de processos de construção de conhecimentos específicos em situações experimentais e práticas através da confrontação das análises a priori e a posteriori.

Segundo Artigue (1996), a metodologia da Engenharia Didática é composta por quatro fases as quais podem acontecer de forma sequenciada, mas não necessariamente. Na primeira fase, a Análise Preliminar, o pesquisador se dedica a construção de suas hipóteses e do quadro teórico didático sobre o conteúdo a ser ensinado, levantando as dificuldades e obstáculos de

aprendizagem.

Na segunda etapa, a Concepção e Análise a priori das Situações Didáticas, faz-se as escolhas das variáveis didáticas envolvidas no sistema de estudo e é construído um roteiro das situações didáticas com planejamento de alternativas para a superação dos obstáculos de aprendizagem e disponibilização de atividades de experimentação. Na terceira fase, denominada de Experimentação, os aprendizes vivenciam a sequência didática projetada e por fim, na quarta e última etapa, a Análise a posteriori e a Validação, o pesquisador executa a sua última reflexão sobre os resultados da experimentação e faz um confronto entre as hipóteses concebidas na Análise a priori com as constatações verificadas na Análise a posteriori.

Metodologia da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida com 32 estudantes vinculados ao curso de Licenciatura em Física do IFPE, localizado no município de Pesqueira a 208 km da capital de Pernambuco, agrupados em equipes com 2 a 3 componentes, totalizando 12 equipes.

Para estruturação da sequência iniciamos com a etapa de Análise Preliminar, na qual dedicamos esforços para a seleção de conteúdos matemáticos e físicos que seriam abordados, além da escolha do projeto de experimentação utilizando a Robótica como interface de mediação e levantamento de informações. Ainda nesta etapa, coletamos informações para a construção do quadro teórico didático sobre o encontro de corpos em movimento uniforme, conteúdo específico a ser ensinado, além de realizarmos uma revisão bibliográfica sobre as pesquisas de ensino do conteúdo em questão. Através da aplicação de um questionário coletamos as percepções e expectativas de 14 professores sobre o processo e as dificuldades de ensino e as estratégias utilizadas para a solução dos problemas, que nos auxiliaram a identificar diversos erros, estratégias e obstáculos que poderiam ocorrer durante as atividades de ensino, com o intuito de termos mais elementos para a construção de nossos roteiros e encaminhamentos didáticos na situação de ensino a ser desenvolvida.

Na Etapa da Análise a Priori e na Concepção da Situação Didática desenvolvemos a sequência de ensino, estruturamos a metodologia da pesquisa e elaboramos os instrumentos de coleta de dados. Dois dos instrumentos de coleta de dados, aplicados antes e após a vivência experimental, denominados de Teste Avaliativo Diagnóstico e Teste de Avaliação Final, foram compostos por 6 questões cada.

Vale salientar que as aplicações dos testes não tiveram o objetivo de servir como um pré-teste e pós-teste da pesquisa com a finalidade de verificação de melhorias na aprendizagem dos sujeitos. A proposta foi a de desenvolver uma dinâmica didática de ensino do fenômeno de Encontro de Corpos que conseguisse mobilizar saberes e reconhecer dificuldades e obstáculos na resolução de problemas, assim como buscar elementos de apoio ao professor no ensino do conteúdo trabalhado. Daí os resultados dos testes serviram para o reconhecimento das dificuldades de construções de conceitos e das estratégias competentes e das estratégias desconectadas de lógica científica utilizadas na solução dos problemas, externadas antes da experimentação (Teste Diagnóstico) e após a experimentação (Teste de Avaliação Final) evidenciando os efeitos do trabalho desenvolvido pelo professor de Física em sala de aula.

A experimentação foi composta de três episódios: a aplicação do Teste Diagnóstico, a vivência experimental e a aplicação do Teste de Avaliação Final. A vivência experimental consistiu em seis encontros, de 2 horas aulas, nas quais cada equipe inicialmente montou um robô na forma de carro utilizando o kit Lego Mindstorms. Depois da montagem e programação dos dois carros e a determinação de suas velocidades, mostradas na Figura 1-A,

os alunos foram convidados a refletir e comparar os resultados obtidos de forma experimental do instante e da posição de encontro dos robôs em situação de sentido opostos, ilustrado na Figura 1-B, com os resultados obtidos através das estratégias matemáticas.



Figura 1: Detalhe do robô se deslocando para determinação da velocidade (A) e situação experimental em movimentos opostos (B)

Após a Etapa da experimentação vivenciamos a Análise a posteriori, refletindo sobre os resultados coletados na sequência experimental e procuramos comparar as nossas expectativas e validar a verificação das hipóteses construídas na Análise Preliminar.

Análise e Discussão dos Resultados

Na Etapa da Análise a posteriori, a partir dos resultados apresentados nos testes e na experimentação, categorizamos 8 estratégias que foram utilizadas pelos estudantes na solução de problemas de Encontro de Corpos, explicitadas na Tabela 1, embora em nossa Análise Preliminar tivéssemos a expectativa de uso somente das 3 primeiras estratégias apresentadas.

Estratégia	Descrição
1	Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos
2	Utilizar o recurso da Velocidade Relativa
3	Induzir as posições dos corpos a cada tempo até coincidir os espaços
4	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e subtraí-los.
5	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e somá-los.
6	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e parar / ou calcular apenas um dos tempos.
7	Outras estratégias sem condições de compreensão da sua lógica.
8	Na situação de o corpo mais veloz se encontrar a frente do mais lento, perceber que não haverá ultrapassagem.

Tabela 1: Estratégias utilizadas para resolver os problemas de Encontro de Corpos

Após a aplicação dos dois testes, fizemos as correções e inserção dos resultados em uma

planilha eletrônica para efeito de análise estatística e reconhecimento das tendências, definindo 10 variáveis relevantes com valores médios percentuais, exibidas na Tabela 2.

Variáveis	Descrição	Teste Diagnóstico	Teste Avaliação Final
V1	Percentual de acerto no Teste	49,9 %	56,3 %
V2	Define Movimento Uniforme Corretamente (Questão 1)	75,0 %	81,3 %
V3	Identifica Movimento Uniforme Corretamente (Questão 2)	53,1 %	40,6 %
V4	Determina a Velocidade Média (Questão 3)	59,4 %	37,5 %
V5	Erra transformação de unidades no cálculo da velocidade média (Questão 3)	25,0 %	40,6 %
V6	Utiliza a convenção de velocidade negativa quando o corpo está com sentido oposto a orientação da trajetória (Questão 4)	53,1 %	53,1 %
V7	Acerto em Questão de Encontro de Corpos em movimento opostos a partir da Figura representativa (Questão 4)	46,9 %	46,9 %
V8	Demonstra não saber o significado do resultado de tempo negativo no Encontro de Corpos (Questão 5)	65,6 %	40,6 %
V9	Reconhece a não ultrapassagem quando o corpo mais veloz se encontra a frente do mais lento (Questão 5)	12,5 %	40,6 %
V10	Acerto em Questão de Encontro de Corpos com os valores e sentidos das velocidades e a distância entre os corpos expressos no enunciado (Questão 6)	46,9 %	78,1 %

Tabela 2: Resultados percentuais verificados nos Testes

A performance no percentual de acertos das questões por parte dos alunos, descrita pela variável V1 exposta na Tabela 2, subiu de 49,9% para 56,3%. Este aumento se justifica pois houve uma preocupação de um esforço no trabalho docente antes da vivência da interlocução experimental de provocar uma mediação no ensino da Estratégia 1 a propondo como uma boa alternativa na solução dos problemas de Encontro de Corpos.

Percebemos que a habilidade de definir o conceito de Movimento Uniforme não implica que aluno tenha a habilidade de conseguir identificar as situações em que o corpo esteja em Movimento Uniforme a partir das informações do espaço ocupado versus o tempo decorrido expressos em uma tabela, tal fato é evidenciado pela variável V2 ter atingido 81,3% de eficiência em definir corretamente o Movimento Uniforme, enquanto a variável de identificação das situações de MU, a variável V3, reduziu de 53,1% para 40,6%. Os procedimentos de ensino regular apontam que estes estudantes conseguem formalizar o conceito, mas não desenvolvem a capacidade de identificar as condições de MU através de dados de espaço versus o tempo decorrido, despertando a necessidade de que os professores busquem alternativas didáticas para desenvolver tal habilidade.

A respeito da habilidade do estudante em calcular a velocidade média de um corpo em uma situação contextualizada e expressá-la em quilometro por hora (km/h) necessitando de competência nos procedimentos de transformações de unidades de medidas, observamos uma redução no percentual de estudantes que conseguiram determinar a velocidade corretamente,

através da variável V4, passando de 59,4% para 37,5%. Esta redução se justifica pela dificuldade dos alunos em executar as transformações de unidades de medidas, conforme evidenciado pelo crescimento dos níveis percentuais da variável V5, de 25% para 40,60%, que correspondente ao índice percentual de erro nas transformações de unidades. Ao considerarmos conjuntamente V4 e V5 observamos que o Teste de Avaliação Final apresentou um maior grau de dificuldade que o Teste Diagnóstico, e que há necessidade de um investimento para a superação destas dificuldades operacionais.

Nas situações em que o móvel mais veloz está a frente do mais lento, impondo uma situação em que não ocorre a ultrapassagem, observamos um índice percentual de acerto muito baixo no Teste Diagnóstico, expresso pela variável V9, com valor igual a 12,5%. Contudo, depois da experimentação, no Teste de Avaliação Final, o percentual de acertos sobe para 40,6%. Este aumento se deve ao fato de os alunos terem compreendido o verdadeiro significado do valor negativo, para o instante de encontro resultante em suas operações matemáticas. Esta hipótese se confirma em função da redução observada nos índices percentuais da variável, V8, que cai de 65,6% para 40,6%. Salientamos que, embora tenha havido uma diminuição para 40,6%, este índice percentual de estudantes que desconhecem o significado do valor negativo para o tempo, ainda constitui um valor considerável e sugere a necessidade de retrabalho docente com o objetivo de tentar corrigir tal dificuldade de aprendizagem.

Com relação a variável V9, observamos que o índice de acerto passou de 12,5% para 40,6% e no caso de V10 cresceu de 46,9% para 78,1%. Contudo, é importante destacar que não é regra que o estudante que utilizou a Estratégia 1 tenha necessariamente acertado as questões, pois ocorreu diversos casos em que os alunos cometeram erros na resolução da equação do 1º grau resultante do isolamento da variável do instante de tempo, ou até mesmo errou na convenção do sinal da velocidade do corpo em sentido oposto a orientação da reta como verificamos pelo alto índice da variável V6 igual a 53,1% nos dois testes aplicados.

As Estratégias 3, 4, 5 e 6 foram pouco empregadas. Desta forma, podemos destacar que os estudantes concentraram a resolução do problema utilizando-se das Estratégias 1, 2 e 8, as quais foram identificadas como estratégias com aplicações que conduzem a determinação correta do instante de encontro dos corpos.

Em nossa Análise a Posteriori constatamos diversas ocorrências que já tinham sido previstas nas etapas da Análise Preliminar e Análise a Priori, corroborando com as nossas expectativas e validando as análises realizadas em nossa Engenharia Didática, tais como: problemas com as operações de transformações de unidades de medidas, dificuldade de entender o significado do tempo de encontro ser negativo na situação de ultrapassagem dentre outras.

Considerações Finais

Ao final de todo o processo de desenvolvimento, experimentação e análise da proposta de ensino, constatamos que os elementos da Engenharia Didática nos permitiram identificar dificuldades, obstáculos e estratégias utilizadas para a solução dos problemas de Encontro dos Corpos que não tinham sido percebidas na fase de Análise Preliminar, tanto em nossas pesquisas quanto através dos professores participantes.

Os efeitos e os resultados obtidos por esta pesquisa nos direcionam para futuras investigações desenvolvendo novas propostas de ensino estruturadas a partir de elementos da Engenharia Didática utilizando montagens de experimentos com os kits de Robótica Educacional abordando outros conceitos físicos, tais como: Lançamento Horizontal, Lançamento Oblíquo, Choques Mecânicos, Equilíbrio de corpos, Movimento Harmônico Simples entre outros.

A Robótica Educacional permitiu o desenvolvimento de atividades de experimentação, construção e vivência de fenômenos físicos em situações concretas e desafiadoras, além de mobilizar novas metodologias de ensino e inserir novas tecnologias no ambiente educacional.

Referências

ARTIGUE, M. **Engenharia Didática**. In: BRUN, Jean. Didáctica das Matemáticas. Lisboa: Instituto Piaget. Horizontes Pedagógicos, 1996.

BALDOW, R.; SILVA JR, L. A. da; LEÃO, M. C. L. **Análise de Tendências sobre Robótica em congressos da área de Ensino de Ciências**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis-SC, 2017.

BERENGUER, M. I. S.. **A aplicação da Engenharia Didática no Ensino das Ciências Exatas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), 36p. Universidade Cândido Mendes. Rio de Janeiro, 2010.

GUIMARÃES, R. S.; BARLETTE, V. E.; GUADAGNINI, P. H.. **A engenharia didática da construção e validação de sequências de ensino: um panorama com foco no ensino de ciências**. In: Revista Polyphonia, v. 26/1, jan./ jun. 2015. pp. 211-226.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G.. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**, 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SILVA JR, L. A. da; LINS, W. C. B.; LEÃO, M. C. L. **Análise das produções brasileiras publicadas nos ENPEC sobre robótica educacional no ensino de ciências**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis-SC, 2017.

SOUSA, E. V. de. **Objetos de Aprendizagem no Ensino de Matemática e Física: uma proposta interdisciplinar**. Dissertação (Mestrado), 218p. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo: 2010.