

A utilização da metodologia *problem-based learning* em uma disciplina de Física básica em um curso superior: possibilidades da abordagem didático-científica

The use of the problem-based learning methodology in a basic physics discipline in a higher education course: possibilities of the didactic-scientific approach

Tainá Almeida Fragoso^{1*}, Dioni Paulo Pastorio¹

¹Instituto de Física, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500 - Caixa Postal 15051 - CEP 91501-970 - Porto Alegre, RS, Brasil.

*E-mail: taina.afragoso@gmail.com

Resumen

Neste trabalho, pretendemos apresentar uma aplicação de atividade de resolução de problemas (RP) que foi implementada em uma turma de física básica no ensino superior, utilizando a metodologia *Problem-Based Learning* (PBL), cujo principal objetivo é proporcionar que os alunos tenham a oportunidade de praticar o uso dos conceitos aprendidos no curso através da resolução de problemas contextualizados. Iremos apresentar e analisar os problemas que foram desenvolvidos para uma atividade de RP implementada, mostrando as invariáveis operatórias que podem ser utilizadas como estratégias de resolução de problemas e como uma introdução ao processo de modelagem científica, a partir da modelagem didático-científica.

Palavras-chave: Resolução de Problemas. Ensino de Física. *Problem-Based Learning*. Modelagem Científica.

Abstract

In this work, we intend to present an application of problem solving activity (PR) that was implemented in a class of basic physics in higher education, using the Problem-Based Learning (PBL) methodology, whose main objective is to provide students with the opportunity to practice the use of the concepts learned in the course by solving contextualized problems.

We will present and analyze the problems that have been developed for an implemented PR activity, showing the operational invariables that can be used as problem solving strategies and as an introduction to the scientific modeling process, based on didactic-scientific modeling.

Keywords: Problem solving. Physics teaching. Problem-Based Learning. Scientific Modeling.

I. PANORAMA DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

No que diz respeito ao ensino de ciências no Brasil, mais especificamente da Física, é importante lembrar que esta disciplina foi desmerecida no início da formação das instituições de ensino no Brasil, sendo bastante influenciada pelo contexto econômico, social e político. Diversas medidas e reformas adotadas pelos governos, no âmbito educacional, acabaram prejudicando o ensino de Física na educação básica, o que reflete diretamente na carência de conhecimento dessa disciplina nos alunos que chegam no ensino superior, além da baixa procura pela carreira científica (Rosa e Rosa, 2012). Pode-se dizer que o ensino de Física foi impulsionado a partir de 1960 com o início da corrida espacial, que proporcionou grande desenvolvimento científico e tecnológico (Costa e Barros, 2015). Com isso, o ensino de Física passou a ser observado como uma área a ser desenvolvida e diversas preocupações a respeito do tema começaram a emergir. Ainda na década de 60 o ensino de Física começou a ser incentivado como parte do progresso necessário para o desenvolvimento tecnológico do país, foi nesse contexto que surgiram também as preocupações relacionadas ao desempenho e ao entendimento dos alunos nos conteúdos de Física.

Embora o tema já tenha baseado diversos trabalhos e pesquisas desde o século XX, ainda assim, muitos dos debates propostos e explorados no início da pesquisa no ensino de Física continuam ainda hoje, de forma que as problemáticas seguem constantemente preocupando professores e pesquisadores (Rosa e Rosa, 2012). O final do século XX foi marcado pela reforma do ensino nacional e da elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM – que apontam competências, relacionadas ao ensino de Física, que são importantes referências para a evolução do ensino dessa disciplina e que, apesar do enfoque na Educação Básica, apresentam importantes conceitos e práticas que também precisam ser desenvolvidas no Ensino Superior. Essas competências visam transformar o ensino tradicional baseado na leitura extensiva dos livros e manuais didáticos, dos conceitos e fórmulas desarticuladas com a realidade da natureza e com a automatização das resoluções de exercícios como prática de aprendizagem (Rosa e Rosa, 2012). O ensino de Física deve desenvolver o pensamento e a cultura científica, de forma a despertar o interesse do aluno acerca dos conteúdos e do desenvolvimento da ciência, de acordo com Moreira (2018), o conhecimento da Física é importante para a cidadania e “(...) aprender Física pode levar ao desenvolvimento de processos cognitivos, de uma consciência epistemológica e crítica.” O trabalho do professor, além de apresentar conteúdos de determinadas disciplinas, é também de compartilhar conhecimentos e experiências para a construção do aprendizado. Para discutir sobre o ensino de Física, é importante ter a visão do professor sobre as práticas que proporcionam uma aprendizagem significativa, com o intermédio de ferramentas educacionais como os livros didáticos e as tecnologias de informação e comunicação (TIC).

Um dos grandes problemas no ensino de Física do Brasil é a falta de contextualização dos conteúdos, de acordo com Moreira (2018), um erro bastante comum no ensino de Física é começar a ensinar sem utilizar situações que tenham sentido para os alunos. O desenvolvimento dos conteúdos de Física deve apresentar situações que sejam identificadas pelos alunos, que façam parte das suas realidades. O estudo baseado em situações do cotidiano faz o aluno desenvolver não somente o conhecimento dos conteúdos, mas também a capacidade de pensar em soluções para problemas que podem surgir ao longo de sua vida pessoal e profissional, tornando a aprendizagem significativa (Bezerra *et al.*, 2009). É claro que a aprendizagem não pode ser baseada somente nas situações cotidianas, de acordo com Moreira (2000, p. 95),

(...) é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar Física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender Física é, justamente, libertar-se do dia-a-dia.

Por isso, esta é apenas uma maneira de incentivar o estudo da disciplina, de forma que, posteriormente, novas situações mais complexas ou mais abstratas possam ser compreendidas também. Além disso, a contextualização dos conteúdos torna as aulas mais atraentes para os alunos, que se sentem mais motivados, pois o desejo de compreender o mundo ao seu redor é uma característica dos indivíduos modernos (Bezerra *et al.*, 2009).

A. A Física no Ensino Superior

Na graduação em Física, são várias as problemáticas que surgem em relação aos métodos utilizados pelas instituições de ensino e pelos professores. As universidades parecem ter uma dificuldade muito maior em se libertar das aulas expositivas, dos planos de ensino imutáveis e das longas e cansativas listas de exercícios, resultado de uma cultura de ensino essencialmente tradicional (Lacerda e Santos, 2018). De acordo com Moreira (2000, p. 95), “Possivelmente, os estudantes que sobrevivem acabam saindo bacharéis ou licenciados em Física nem precisassem ter tido o ensino que tiveram. Trata-se muito mais de seleção natural do que de aprender em função do ensino.” Ainda em conformidade com

Moreira (2000), a Física Geral oferecida aos alunos da graduação é, muitas vezes, conteudista e massificada, como se o importante fosse somente cumprir o plano da disciplina, sem que exista a preocupação sobre se o aluno está sendo corretamente encaminhado aos conteúdos que serão importantes para ele ao longo do restante do curso. Como disciplina introdutória, a Física Geral colabora para que os discentes percebam a importância da integração das teorias com o laboratório, entendam as diferentes possibilidades que se encontram dentro da pesquisa ou na docência e, principalmente, como se dá o processo de construção do conhecimento científico colaborativo.

Por isso, é fundamental buscar transformações no ensino de Física, as quais passam pela adoção de práticas que mudem o processo de ensino-aprendizagem antes de tudo. Pensar em formas de incentivar os alunos ao pensamento crítico, à resolução de problemas com o uso do conhecimento adquirido – de forma que eles consigam levar esses conhecimentos para um contexto além da sala de aula – e motivá-los a complementar seus estudos através das ferramentas disponíveis, faz parte da aprendizagem significativa que oferecem as diferentes metodologias ativas de ensino, propostas estas que apresentam perspectivas reais em relação à melhoria do ensino de Física no Brasil e no mundo.

II. A IMPORTÂNCIA DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA

Neste trabalho, iremos abordar os problemas que foram desenvolvidos em uma das atividades didáticas (AD) de resolução de problemas (RP) que foi implementada em uma turma de Física Geral no contexto de um projeto de ensino voltado para combater a evasão dos alunos de graduação em Física, utilizando metodologias ativas como prática de ensino primordial. Primeiramente, definiremos o que são problemas e qual a diferença destes em relação aos exercícios.

Um problema apresenta uma situação na qual não há a disposição de procedimentos automáticos para solucioná-la sem que haja um processo de reflexão ou de tomada de decisões sobre os passos a serem seguidos (Echeverría e Pozo, 1998). Os problemas necessitam da análise de uma situação para identificar as ferramentas, modelos e conhecimentos que podem ser utilizados para a solução, esses fatores não se mostram claros de forma instantânea, eles devem ser pensados e desenvolvidos conforme o objetivo estabelecido após o entendimento do problema.

A distinção entre problemas e exercícios é bastante sutil e não pode ser apresentada em termos absolutos, ou seja, dependerá de cada indivíduo, dos seus conhecimentos prévios e entendimento das situações (Peduzzi, 1997), porém, é possível identificar algumas características que ajudem no reconhecimento destes dois tipos de questões. Enquanto a solução de problemas requer a reflexão e a análise citadas anteriormente, os exercícios podem ser resolvidos de forma automatizada, seguindo uma sequência de passos conhecida que não necessita de um pensamento crítico dos alunos, de acordo com Clement e Terazzan (2012, p. 100), *“Numa atividade envolvendo apenas exercícios(...) o que se observa é o uso de rotinas/passos automatizados, quer dizer, as situações com as quais o indivíduo se depara já são por ele conhecidas, podendo ser resolvidas por meios ou caminhos habituais.”*

Esse debate acerca das diferenças entre problemas e exercícios tem sido um importante motor para o desenvolvimento de metodologias que envolvam as RP dentro do ensino de Física, em que existe a utilização massiva de exercícios como ferramenta de aprendizagem – para a qual se decora fórmulas, leis e sequências de resolução –. É importante ressaltar que o uso de atividades com resolução de exercícios não deve ser condenado, mas sim ampliado, de forma a não ser a única maneira de colocar em prática os conhecimentos adquiridos; visto que, através da resolução de exercícios, os alunos podem desenvolver e consolidar habilidades que os preparem para situações mais elaboradas (Peduzzi, 1997), como as atividades de RP.

Além da diferenciação entre problemas e exercícios, pode-se também caracterizar os problemas em duas diferentes classes, os problemas abertos e os fechados. Os problemas fechados podem oferecer dados numéricos e apresentar de forma explícita os tópicos que devem ser abordados em sua solução, apesar de, em geral, possuírem certa contextualização. Já os problemas abertos são caracterizados por uma contextualização mais abrangente, mais próxima da realidade e não apresentam de forma específica os dados, proporcionando ao aluno a experiência de refletir sobre o processo de construção dessa solução. De acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2020, p. 3) a resolução de problemas abertos:

É uma sequência de ações na qual o solucionador se envolve em um diálogo com os elementos do problema. Nesse modelo, deve-se reconhecer as perspectivas divergentes, coletar evidências para apoiar ou rejeitar propostas, e sintetizar o próprio entendimento da situação, em vez de buscar uma solução exemplar, automatizada.

Apesar de oferecer as vantagens destacadas, em um contexto de desenvolvimento de habilidades diversas dentro de uma proposta de tarefa de resolução de problemas, a forma como essas atividades são desenvolvidas deve ser cuidadosa, para que não ocorra um desvio dos objetivos da aplicação. Assim sendo, é essencial que as atividades que

envolvam resolução de problemas sejam planejadas com foco nas habilidades que os alunos precisam desenvolver no processo de solução, funcionando como um instrumento de aprendizagem e de retomada dos conhecimentos adquiridos durante o processo educacional.

III. AS METODOLOGIAS ATIVAS PARA SUPERAR O INSUCESSO NO ENSINO DE FÍSICA

A discussão sobre os processos de ensino-aprendizagem vem sendo realizada há vários anos, passando por diferentes contextos sociais, culturais e tecnológicos, de forma que se tornam indispensáveis alternativas metodológicas que estejam em consonância às necessidades da sociedade (Pasqualetto, Veit e Araujo, 2017).

O modelo tradicional de ensino se fundamenta em uma visão enciclopedista, em que o conhecimento se divide em disciplinas e é transmitido pelo docente, além disso, esse modelo se baseia na memorização e reprodução dos conteúdos (Lacerda e Santos, 2018). Todas essas características, no entanto, podem se resumir à passividade do corpo docente em relação ao processo de aprendizagem. Esse modelo é utilizado há vários anos, tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, porém, não acompanhou as diversas mudanças pelas quais a sociedade passou, principalmente nos últimos quase trinta anos da popularização da internet. De acordo com Morán (2015, p. 16),

Os métodos tradicionais, que privilegiam a transmissão de informações pelos professores, faziam sentido quando o acesso à informação era difícil. Com a Internet e a divulgação aberta de muitos cursos e materiais, podemos aprender em qualquer lugar, a qualquer hora e com muitas pessoas diferentes.

Nesse contexto, surge a necessidade de discutir, desenvolver e pôr em prática novas metodologias de ensino que estejam não somente de acordo com as transformações da sociedade, mas também com as características do cidadão e do profissional que se quer educar para o mundo. As metodologias precisam guiar-se pelo que se espera que seja desenvolvido através delas; se queremos alunos proativos, necessitamos propor metodologias em que os alunos precisam refletir sobre situações complexas, tomar decisões e avaliar resultados (Morán, 2015). Dessa forma, se no processo pedagógico os alunos se envolvem de maneira a perguntar, discutir, fazer e ensinar, então será sujeito principal da própria aprendizagem, construindo seu conhecimento de forma ativa e não apenas recebendo passivamente do professor (Gewehr, Strohschoen, Marchi, Martins e Schuck, 2016).

As metodologias ativas de ensino proporcionam ferramentas e conceitos que auxiliam nas mudanças didático-pedagógicas necessárias para uma modificação dos preceitos relacionados à sala de aula e à atuação de alunos e professores. Essas metodologias apontam que a forma mais eficaz de aprender é combinando atividades, desafios e informações contextualizadas; com elas, o aprendizado acontece por meio de problemas e situações reais ou simuladas, muitas das quais os alunos irão experimentar em suas vidas profissionais, no futuro (Morán, 2015).

A educação no Ensino Superior traz diversos debates sobre a relação método tradicional versus métodos ativos de ensino, visto que a universidade é um ponto de partida fundamental na formação dos profissionais. Dessa forma, os alunos precisam de uma educação continuada e que dê conta não somente dos conteúdos exigidos, mas também da formação sócio-interacionista (Wall, Prado e Carraro, 2008). De acordo com os autores, essas propostas pedagógicas devem ter enfoque no sujeito, em que o professor é um facilitador da aprendizagem. Essas são características construtivistas como as citadas por Lacerda e Santos (2018) em seu trabalho sobre a integralidade na formação do Ensino Superior; os autores afirmam que uma grande parte do insucesso nesse nível de ensino (evasão, repetência e deformação profissional) decorre da insuficiência da Educação Básica, por isso também é tão importante buscar o desenvolvimento dentro das universidades, sanando alguns dos problemas causados pelas experiências pedagógicas anteriores dos alunos.

Em relação aos docentes, a formação dos professores é um debate recorrente quando o assunto é a eficácia das metodologias de ensino e a evolução das ferramentas educacionais (Moreira, 2018). Apesar do progresso na pesquisa em ensino de Física, ainda são grandes os problemas enfrentados pelos docentes para se adaptarem a novas formas de ensinar, às diferentes propostas didáticas e, principalmente, ao uso das TIC. Por isso, a mudança nos parâmetros de ensino-aprendizagem deve se voltar não somente à sala de aula ou aos diferentes métodos de ensino, mas também para a formação de professores que estejam preparados para participar no processo de ensino no contexto atual da educação.

Por parte do professor, as metodologias ativas requerem flexibilidade e a capacidade de alcançar o aluno, de forma que este compreenda a importância de tornar-se protagonista da própria aprendizagem, ativo e crítico. Para isto, de acordo com Wall *et al.* (2008, p. 517),

...as técnicas de ensino utilizadas, devem propiciar que se trabalhe a representação do conjunto das questões, estimulando a comunicação, o trabalho em equipe, os contratos que se fazem, bem como as formas de convivência, permitindo a manifestação e levando em conta o tempo de aprendizagem de cada aluno.

Ademais, é claro que não há apenas uma forma correta de ensinar, nem mesmo um conjunto de metodologias ou práticas absolutas que garantem o sucesso da aprendizagem e da formação do aluno, pois tudo isso depende de cada indivíduo. Não há como atingir todos os alunos ao mesmo tempo e por essa razão é tão importante pesquisar e manter vivo o debate sobre os métodos de ensino e as práticas pedagógicas.

IV. O QUE É PBL

As técnicas de dinâmica de grupo favorecem a interação social e facilitam o processo de aprendizagem, visto que nós aprendemos na relação com os outros e com o mundo (Masetto, 2003). As atividades pedagógicas coletivas se diferenciam das individuais quando envolvem um grupo de pessoas trabalhando de diferentes formas, com pensamentos diversos e maneiras distintas de solucionar problemas. Com isso, mesmo que os resultados sejam semelhantes, os caminhos tomados para alcançar os objetivos passam pela complexidade de cada aluno, com suas experiências e conhecimentos prévios que se unem aos de outros indivíduos, criando uma interação que contribui de forma significativa para a aprendizagem.

A aprendizagem baseada em problemas (PBL, do inglês *Problem Based Learning*) é outra modalidade das metodologias ativas de ensino-aprendizagem, que se diferencia de outras propostas por apresentar elementos essenciais para o ensino técnico-científico (Berbel, 2011). Essa metodologia se baseia no desenvolvimento de atividades de resolução de problemas, com o objetivo de que o aluno estude, pratique e, conseqüentemente, aprenda os conteúdos, tendo em vista as características que definem um problema e as diferenças deste em relação a um exercício, como debatido na seção 2. A PBL, de acordo com Barros (2020), “(...) é fundamentada na resolução de problemas contextualizados, preferencialmente com o cotidiano dos estudantes(...)”, dessa forma, espera-se que os alunos se sintam motivados a participar do processo de investigação proposto pela atividade e, através disso, estudem situações diversas que possam capacitá-los a procurar o próprio conhecimento ao se depararem com situações problemas reais (Berbel, 2011).

Definidos os métodos e ferramentas didáticas utilizadas, seguimos agora com um relato sobre a construção das atividades didáticas.

V. A AD CONSTRUÍDA

A AD apresentada neste trabalho faz parte de um conjunto de atividades que foram desenvolvidas em turmas de Física Geral I – A em um curso de Física do Ensino Superior. Durante dois semestres foram implementadas diferentes metodologias ativas de ensino, como citado na seção 3, como parte de um programa de combate à evasão de alunos, principalmente da licenciatura, o Programa de Acompanhamento Discente. Para auxiliar no desenvolvimento dessas propostas, a disciplina contava com monitores que estavam envolvidos na maioria dos processos de planejamento e aplicação, tais como desenvolvimento de problemas para as AD.

Como uma forma de apresentar aos alunos as AD de RP que seriam desenvolvidas ao longo do semestre, uma atividade inicial foi proposta, em que eles se juntaram em grupos para resolver uma tarefa de RP. Mais tarde, um dos problemas dessa tarefa foi analisado e solucionado em aula com os monitores, mostrando estratégias de resolução de problemas em física básica, quais caminhos e percepções poderiam auxiliar na análise das situações.

As estratégias apresentadas em etapas propunham formas de abordar o problema, de maneira a conduzir um pensamento crítico da situação utilizando concepções da Física. Entre essas etapas estavam:

- Listar os dados, quando existentes e expressar as grandezas envolvidas;
- Listar a(s) grandeza(s) incógnita(s);
- Analisar qualitativamente a situação problema, elaborando as hipóteses necessárias;
- Situar e orientar o sistema de referência de forma a facilitar a resolução do problema;
- Quantificar a situação-problema, escrevendo uma equação de definição, lei ou princípio em que esteja envolvida a grandeza incógnita e que seja adequada ao problema;
 - Desenvolver o problema literalmente, fazendo as substituições numéricas, se necessário, apenas ao final;
 - Analisar criticamente o resultado indicado.

Ao todo, cinco atividades de RP foram realizadas ao longo do semestre, incluindo a primeira, introdutória, já mencionada. Essas tarefas eram propostas após o desenvolvimento de determinada parte do conteúdo da disciplina, que era dividida com base no livro texto de referência. Ou seja, os conteúdos abordados sempre estavam relacionados com aquela etapa específica da disciplina.

Baseada na metodologia descrita na seção 4, as atividades de RP eram realizadas em grupos que podiam ou não serem montados pelo professor ou monitores. Após a formação dos grupos, os problemas propostos eram entregues aos grupos e eles possuíam o período da aula para desenvolver suas soluções, sempre promovendo o debate e a pesquisa.

A articulação teórica apresentada na conjuntura deste artigo não acompanha os resultados empíricos da aplicação das AD, no entanto, está apoiada pelos estudos realizados previamente no contexto do Programa de Acompanhamento Discente, mostrados no trabalho de Ribeiro, Pigosso e Pastorio (2019), que apresenta os resultados de uma implementação utilizando as mesmas perspectivas de situações problemas mostrados no presente trabalho.

Vamos agora apresentar e analisar, do ponto de vista teórico, umas das atividades de resolução de problemas que foi desenvolvido no contexto apresentado anteriormente.

VI. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS PROBLEMAS NO ÂMBITO DA MODELAGEM CIENTÍFICA

Os problemas propostos nas atividades de RP podiam ser originais ou baseados em existentes, sempre tentando trazer situações contextualizadas que pudessem ser compreendidas pelos alunos como uma forma de transposição dos conteúdos estudados para o mundo real. Além disso, os problemas têm aspectos diferentes em relação às estratégias que podem ser utilizadas para sua solução, podendo apresentar características de situações-problema mais abertas ou mais fechadas.

Baseando-se na Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1993), para o qual “*É através das situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido(...)*”, Brandão, Araujo e Veit (2011) destacam invariantes operatórios necessários na concepção de alunos e professores ao tratar de situações que envolvem modelagem científica na física, dentre eles, os conceitos de idealização, aproximação, referente, variável, parâmetro, domínio de validade, grau de precisão, expansão e generalização de modelos científicos, que são entendidos como referências na estruturação de modelos e no processo da modelagem científica, e que “*(...) compõem o que se entende por campo conceitual da modelagem científica em Física (...)*” (Brandão et al., 2011, p. 527). Para os autores, esses conceitos e suas relações, associados ao processo de modelagem científica, constituem um esquema de organização que guiam as ações do sujeito em situações que envolvem a modelagem, e estruturam o campo conceitual da modelagem científica em Física.

Utilizando a metodologia de análise empregada no trabalho de Brandão et al. (2011) e Oliveira, Araujo e Veit (2020), vamos buscar identificar nos caminhos do processo de resolução dos problemas as características da modelagem de problemas de física a partir da modelagem didático-científica (MDC). De acordo com a definição dada por esses autores e revisitada por Oliveira et al. (2020) em termos da MDC, o campo conceitual da modelagem didático-científica em Física é constituído por três conjuntos:

- conjunto das situações que dão sentido aos conceitos associados à noção de modelo e ao processo de modelagem científica em Física;
- conjunto de invariantes operatórios de caráter geral e de caráter específico;
- conjunto de representações simbólicas que podem ser usadas para indicar esses invariantes, as situações e os procedimentos de modelagem para lidar com elas.

Pretendemos mostrar, através dessa análise, que os problemas desenvolvidos nessas atividades podem ajudar no desenvolvimento do pensamento científico, em menor ou maior grau, de acordo com suas características estruturais, baseando-se nas constatações de Oliveira (2018), que permite “*(...) enxergar as atividades didáticas de problemas abertos em Física como atividades de construção, exploração, uso e validação de modelos.*” (Oliveira, 2018, p. 156). Com essa premissa, no Quadro I apresentamos e analisamos os problemas – propostos na 2ª atividade de RP aplicada e cujos conteúdos envolvidos são vetores, movimento bidimensional e relativo –, do ponto de vista dos invariantes operatórios específicos apresentados no trabalho desses autores; a identificação dessas características deve exemplificar como o processo de resolução de problemas abertos pode ser entendido como um processo de modelagem didático-científico.

Para cada problema é possível identificar diferentes invariantes operatórios, que são conhecimentos concebidos do processo de modelagem científica em Física e que são essenciais para a seleção de informações, inferência de objetivos e decisão de procedimentos adequados para análise de situações-problema. Fazendo uso dessas estratégias e raciocínios para atividades de resolução de problemas, o sujeito está trabalhando com conceitos que são importantes no desenvolvimento do pensamento científico e do processo de modelagem.

Quadro I. Apresentação dos problemas e os invariantes operatórios identificados no processo de resolução.

Problemas propostos	Caracterização	Invariantes operatórios
<p>1. No dia 6 de maio de 2018 o vulcão Kilauea, no Havai, entrou em erupção. Esse vulcão tem apenas 1456 m e está a cerca de 15km da região habitada mais próxima. Nessa erupção específica cerca de 30 casas foram destruídas e 2mil pessoas evacuadas. Suponha que as casas sejam destruídas por “bombas de lava” lançadas a partir do vulcão.</p> <p>a) Com que ângulo mínimo uma rocha deve ser lançada para atingir as casas mais próximas? Qual será a velocidade nesse ângulo? Essa velocidade é possível?</p> <p>b) No caso em que o ângulo fosse de 35°, qual seria o tempo de percurso?</p> <p>c) Qual o raio você sugeriria que fosse evacuado, considerando a velocidade máxima de 200 m/s?</p>	<p>Problema fechado: apresenta um contexto; oferece dados explícitos e espera uma solução bem específica; possui métodos bem determinados de solução.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Decidir o tipo de representação que pode ser construída para responder às questões. ● Representar a situação física de modo esquemático considerando conceitos físicos apreendidos (Princípio da independência dos movimentos, movimentos bidimensionais). ● Identificar um sistema físico e, a partir dele, apreender conceitos e formulações chaves, delimitando objetos e eventos que compõem o sistema físico (lançamento oblíquo, MRU, MRUV, equações do movimento). ● Identificar os parâmetros fixos no tempo e os variáveis (velocidades constantes ou variáveis, posições, distâncias). ● Identificado o sistema físico idealizado, decidir quais simplificações serão assumidas (ignorar resistência do ar e composição dos materiais, resistência da água, movimentos do barco causados pela navegação etc). ● Identificar as condições iniciais e as variáveis necessárias para representar o sistema físico, quais delas possuem valores numéricos e quais precisam ser calculadas (para a questão 1: ângulo mínimo de lançamento, velocidade inicial, velocidades horizontal e vertical, tempo de percurso, alcance; questão 2: ângulo de lançamento, altura do lançamento, altura do coco, posição final horizontal, posição final vertical; questão 3: velocidade do avião, velocidade do barco, altura do avião em relação ao barco, distância entre os corpos se o avião estiver no mesmo sentido ou no sentido contrário da correnteza, tempo de queda do pacote). ● Analisar a razoabilidade dos resultados obtidos através do modelo e do sistema explorado (tal como na questão sobre a velocidade ser possível ou não). ● Formular hipóteses e questões sobre a situação que podem auxiliar na resolução do problema (na questão 2: o dardo é lançado fazendo um certo ângulo com a horizontal e parte de uma certa altura vertical, o coco é lançado também de certa altura vertical; questão 3: velocidades do barco e do avião, o avião está a certa altura do barco, a distância vai depender das velocidades relativas). ● Expandir o sistema físico para a situação concebida.
<p>2. Um índio, com uma zarabatana quer atingir um coco pendurado em um coqueiro, porém ele não vê que um macaco já havia pegado aquele coco. O índio mira diretamente para o alvo. O macaco, ao ver a flecha deixar a arma, solta o coco no mesmo instante. Mostre que o coco será atingido, qualquer que seja a velocidade inicial do dardo, desde que ela seja suficiente para cobrir a distância horizontal à árvore, antes de atingir o solo.</p>	<p>Problema aberto: não apresenta dados explícitos; possui contextualização e espera uma resposta específica, porém, necessita de uma reflexão a respeito da situação e do entendimento sobre os conceitos envolvidos.</p>	
<p>3. “Um cruzeiro vindo dos Estados Unidos com mais de 4.200 pessoas a bordo está à deriva no litoral do México pelo segundo dia consecutivo, após um incêndio na sala de máquinas da embarcação, informou a polícia marítima americana.</p> <p>O MS Carnival Triumph, com bandeira das Bahamas, encontra-se acerca de km da península de Yucatán, enquanto espera a chegada de um navio-rebocador para levá-lo ao porto mexicano de Progreso.</p> <p>Nenhum dos 3.143 passageiros e dos 1.086 tripulantes a bordo ficaram feridos no incêndio. A companhia responsável pelo cruzeiro disse que todos estão recebendo alimentos e bebidas procedentes de um segundo navio Carnival na região.”</p> <p>(Fonte: http://g1.globo.com/mundo/noticia/2013/02/cruzeiro-com-4200-pessoas-bordo-ficade-ri-va-no-litoral-do-mexico.html)</p> <p>Enquanto esperam pelo resgate, o governo do México enviou um avião com suprimentos para os passageiros e tripulantes ilhados. Suponha que, para acertar o alvo, o avião deve estar na direção horizontal, com velocidade constante e a uma altura específica para acertar o alvo. A correnteza do mar faz com que o barco tenha uma velocidade aproximadamente constante. Qual deve ser a distância entre o avião e o cruzeiro, no momento em que o suprimento é largado, para atingir o cruzeiro se:</p> <p>a) O avião está no mesmo sentido que o da correnteza?</p> <p>b) O avião está no sentido contrário da correnteza?</p> <p>c) Analise os dois resultados. Qual o motivo da diferença entre as equações?</p>	<p>Problema aberto: apresenta grande contextualização; não explicita dados e espera soluções não somente matemáticas, mas também em- basada no entendimento dos alunos acerca da situação.</p>	

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da apresentação e análise dos problemas, juntamente ao referencial teórico utilizado, buscamos mostrar que atividades de resolução de problemas, principalmente abertos, podem ser encarados como formas de introduzir os conceitos da modelagem científica em Física aos alunos de disciplinas como a Física Básica, visto que os invariantes operatórios envolvidos no processo de modelagem oferecem estratégias que estão em consonância com aquelas propostas para a resolução de problemas, como visto na seção 5.

Evidentemente, as AD de RP propostas representam um nível de complexidade bastante inferior aos problemas que serão enfrentados pelos alunos em suas carreiras na pesquisa científica em termos de modelagem, porém, assim como nos cursos de graduação em que, em geral, as disciplinas oferecidas possuem uma organização baseada em requisitos adquiridos e, conseqüentemente, níveis de complexidade, o mesmo pode ser concebido para o desenvolvimento de atividades de RP em diferentes momentos do curso, de forma a manter o aluno em contato constante com as ferramentas da modelagem didático-científica.

Dentro do debate sobre as metodologias ativas de ensino, esse tipo de atividade é respaldado pelas pesquisas mostradas acerca da importância da contextualização e da aproximação do aluno com a Física aprendida, pois não somente oferece problemas articulados com a realidade como também permite um vislumbre do trabalho realizado na ciência, tanto pelo fator colaborativo – abordado no contexto da aplicação da *Problem-Based Learning* – quanto pelo entendimento da modelagem científica.

REFERÊNCIAS

- Barros, B. A. (2019). Aprendizagem Baseada em Problemas: um roteiro para o ensino de Termodinâmica na educação básica. (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba
- Berbel, N. A. N. (2011). As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, 32(1), pp. 25-40. DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n1p25
- Bezerra, D. P., Gomes, E. C. S., Melo, E. S. N. & Souza, T. C. (2009). A evolução do ensino da Física – perspectiva docente. *Scientia Plena*, 5(9), pp. xx-xx.
- Brandão, R. V., Araujo, I. S. & Veit, E. A. (2011). A modelagem científica vista como um campo conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(3), pp. 507-545. DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n3p507
- Clement, L. & Terrazzan, E. A. (2012). Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. *Experiências em Ensino de Ciências*, 7(2), pp. 98-116.
- Costa, L. G. & Barros, M. A. (2015). O ensino da Física no Brasil: problemas e desafios. Apresentado em EDUCERE – XII Congresso Nacional de Educação Formação de professores, complexidade e trabalho docente, 26-29 de Outubro, Paraná, Brasil.
- Echeverría, M. D. P. P. & Pozo, J. I. (1998). Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. Em Pozo, J.I. (Org.), *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed.
- Gewehr, D., Strohschoen, A. A. G., Marchi, M. I., Martins, S. N. & Schuck, R. J. (2016). Metodologias ativas de ensino e de aprendizagem: uma abordagem de iniciação à pesquisa. *Revista Ensino & Pesquisa*, 14(1), pp.225-246.
- Lacerda, F. C. B., Santos, L. M. (2018). Integralidade na formação do ensino superior: metodologias ativas de aprendizagem. *Avaliação*, 23(3), pp.611-627. DOI: 10.1590/S1414-40772018000300003
- Masetto, M. T. (2003). Docência universitária: repensando a aula. Em Teodoro, A. *Ensinar e aprender no ensino superior: por uma epistemologia pela curiosidade da formação universitária*.
- Morán, J. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. Em Souza, C. A. & Morales, O. E. T. (Org.), *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*, 2. Paraná, Brasil.
- Moreira, M. A. (2018). Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados*, 32(94), pp. xx-xx. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>

Oliveira, V. (2018). Resolução de problemas abertos para aprendizagem de física no Ensino Médio na perspectiva da modelagem didático-científica. (Programa de pós-graduação em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Porto Alegre.

Oliveira, V., Araujo, I. S. & Veit, E. A. (2020). Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no Ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200043. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0043>

Pasqualetto, T. I., Veit, E. A. & Araujo, I. S. (2017). Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(2), pp. 551-577. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172551>.

Peduzzi, L. O. Q. (1997). Sobre a resolução de problemas no ensino de física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(3), 229-253.

Ribeiro, B. S., Pigosso, L. T. & Pastorio, D. P. (2019). Implementação de metodologias ativas de ensino em uma turma de física básica: um estudo de caso. *Revista Enseñanza de la Física*, 31(2), pp. 31-45.

Rosa, C. W. & Rosa, A. B. (2012). O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. *Revista Ibero-americana de Educação*, 58(2), pp. xx-xx.

Vergnaud, G. (1993). Teoria dos Campos Conceituais. In Nasser, L. (Ed.) Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro, pp. 1-26.

Wall, M. L., Prado, M. L. & Carraro, T. E. (2008). A experiência de realizar um Estágio Docência aplicando metodologias ativas. *Acta Paulista de Enfermagem*, 21(3), pp. 515-519.