

ANÁLISE DE UM MATERIAL DIDÁTICO DE FÍSICA PARA PROPORCIONAR AMBIENTES INVESTIGATIVOS¹

Pedro Demarchi Tessarin ²
Denival Biotto Filho ³

RESUMO

Muitas pesquisas apontam a necessidade de ambientes de aprendizagem mais investigativos na educação escolar. Os cenários para investigação são ambientes que proporcionam um convite aos alunos para se envolverem no próprio processo de aprendizagem por meio da investigação. Nosso interesse foi o de discutir esse assunto ao investigar um material didático utilizado no ensino de Física nas escolas públicas de São Paulo. O objetivo da pesquisa foi analisar as atividades propostas nesse material para identificar a sua potencialidade de proporcionar ambientes de aprendizagem investigativos. Os dados da pesquisa foram os exercícios contidos nesse material e a análise de dados envolveu classificar os exercícios levando em conta sua potencialidade de ser usado em ambientes investigativos. A partir dessa análise, desenvolvemos uma reflexão sobre seis possíveis ambientes de aprendizagem nas aulas de Física.

Palavras-chave: Apostila de Física, Cenários para investigação, Ensino de Física, Ambientes de aprendizagem.

INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas apontam a necessidade de uma abordagem mais investigativa nos ambientes formais de ensino (PEREZ, 2004; BIOTTO FILHO, 2015; ROSSINI 2004). As discussões sobre mudanças na educação escolar incluem a extrapolação das fronteiras dos conteúdos para que os alunos possam relacionar os conteúdos das disciplinas e sociedade, o incentivo para que o estudante possa interagir com a sociedade de forma crítica e reflexiva, a importância de ultrapassar os limites da sala de aula, a possibilidade para o aluno refletir sobre os problemas do seu dia-a-dia e sobre a realidade social, cultural, política e econômica em que ele está inserido.

¹ Este artigo é resultado de projeto de pesquisa de iniciação científica no Instituto Federal de São Paulo – IFSP, contemplado com bolsa de iniciação científica PIBISFP.

² Graduando do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de São Paulo - IFSP, bolsista de iniciação científica do PIBISFP, pedro.demarchi@aluno.ifsp.edu.br;

³ Professor orientador: Doutor em Educação Matemática, Instituto Federal de São Paulo - IFSP, denival@ifsp.edu.br.

No contexto da Educação Matemática, Skovsmose (2008) define os *cenários para investigação* como ambientes proporcionam um convite aos alunos para se envolverem no próprio processo de aprendizagem, explorando temas ou conteúdos, formulando questões e procurando soluções ou explicações. Muitas pesquisas discutem os *cenários de investigação* (BIOTTO FILHO, 2008; BIOTTO FILHO, 2015; BIOTTO FILHO, FAUSTINO, MOURA, 2017; CATTAI 2007; SKOVSMOSE 2008). Apesar disso, não encontramos pesquisas que procuram investigar as potencialidades de materiais didáticos nesse contexto. Isso inspirou a pesquisa aqui apresentada. Nosso trabalho se contextualiza no Ensino de Física.

Nosso interesse foi o de discutir as limitações e possibilidades de um material didático no ensino institucional. Dessa forma, o objetivo de nossa pesquisa foi definido da seguinte forma: *analisar as atividades propostas em um material didático de Física para identificar a sua potencialidade de proporcionar ambientes de aprendizagem investigativos*. Primeiramente procuramos entender quais materiais didáticos estão sendo utilizados nas aulas de Física do ensino médio e depois selecionar um material para a análise.

Vale também ressaltar que os trabalhos que discutem os *cenários para investigação* apresentados por Skovsmose (2008) se situam no contexto da Educação Matemática, mas não no contexto do Ensino de Física. Por isso, nosso estudo também envolveu uma reflexão teórica, ao passo que tentamos situar as discussões sobre os *cenários para investigação* nos ambientes de aprendizagem de física.

METODOLOGIA

Durante o trabalho desenvolvido, procuramos discutir o conceito de *cenários para investigação* e entender como os materiais didáticos utilizados nas escolas públicas de Ensino Médio favorecem propostas dessa natureza nas aulas de física. Para determinar quais materiais didáticos seriam incluídos na pesquisa, fizemos primeiro uma busca nos sites oficiais para entender qual a abrangência desses materiais nas escolas. Decidimos então analisar uma apostila de física utilizada oficialmente nas escolas públicas do estado de São Paulo, para verificar as possibilidades do livro em gerar um ambiente investigativo ao aluno. Após a familiarização com esse material, optamos pela primeira apostila do primeiro ano do Ensino Médio do ensino estadual de

São Paulo, selecionando apenas o conteúdo de física. Esse foi o material que constituiu os dados da presente pesquisa.

Nossa análise envolveu identificar cada exercício como sendo investigativo ou não. Levamos em conta desde pequenas atividades sugeridas ao professor até exercícios envolvendo pesquisas com os alunos. Elencamos categorias de exercícios e calculamos as porcentagens de cada estilo de exercício em relação a quantidade total destes. No entanto, essa análise foi realizada com um viés qualitativo e procurou identificar as possibilidades e limitações desse material em incentivar ambientes de aprendizagem e refletir sobre a contextualização dos *cenários para investigação* no Ensino de Física.

No que diz respeito à metodologia de pesquisa, nos baseamos em Skovsmose (2009) que apresenta uma metodologia que analisa possibilidades. Nesta, o pesquisador não leva em conta somente a atual situação investigada, mas também considera situações hipotéticas sobre o que poderia ser diferente. Nesse sentido, nossa análise também envolve um fator hipotético ao considerar possibilidades de uso dos exercícios analisados. Por exemplo, alguns exercícios podem ser tratados de diferentes modos pelo professor, podendo ter um caráter investigativo ou não, dependendo de como ele será desenvolvido durante a aula.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os *cenários para investigação* propostos por Skovsmose (2008) são apresentados no contexto da Educação Matemática e são o nosso principal referencial teórico, sendo importante para a discussão presente nos resultados dessa pesquisa. Por isso, trazemos a seguir uma apresentação teórica sobre eles. O autor discute seis ambientes de aprendizagem. Primeiramente, ele define dois tipos de situações: o *paradigma do exercício* e o *cenário para investigação*. O *paradigma do exercício* é uma abordagem tradicional do ensino, em que o professor apresenta conceitos matemáticos, alguns exemplos e, em seguida, os alunos resolvem exercícios. Assim, a aula envolve a exposição da matéria e a resolução de exercícios. Não há uma discussão sobre a relevância de se trabalhar esses exercícios e existe uma única resposta correta para cada um deles. Os *cenários para investigação* se contrapõem ao *paradigma do exercício*, pois nesse tipo de ambiente, os alunos se envolvem em sua própria aprendizagem. Eles são convidados a explorar os conceitos, a formular questões e a

procurar soluções. Na tabela da Figura 1, o *paradigma do exercício* e os *cenários para investigação* são combinados a três tipos de referência: *matemática pura*, *semirrealidade* e *realidade*.

Figura 1: Ambientes de aprendizagem

	Paradigma do exercício	Cenário para investigação
Referências à matemática pura	1	2
Referências à semirrealidade	3	4
Referências à realidade	5	6

Fonte: Tabela de Skovsmose (2008), versão da imagem feita pelos autores

Na tabela apresentada por Skovsmose (2008) há seis ambientes de aprendizagem. O *ambiente de aprendizagem 1* faz uma abordagem tradicional da *matemática pura*, apresentando exercícios do tipo “calcule” e “resolva”. Por exemplo: “Calcule a diferença entre 284.000 e 1.782”, “Efetue as operações abaixo...”, “Resolva as equações...”.

Por outro lado, o *ambiente de aprendizagem 2* procura proporcionar uma investigação sobre a matemática, envolvendo conceitos, números ou figuras geométricas. Para exemplificar uma atividade que acontece no *ambiente de aprendizagem 2*, Cattai (2007) considera uma atividade didática sobre a influência que os coeficientes a , b e c exercem sobre o gráfico da função quadrática $f(x)=ax^2+bx+c$. O professor poderia fazer o convite à investigação com perguntas tais como: “O que acontece com o gráfico se aumentarmos ou diminuirmos o valor de b ? O que acontece se o valor de a for positivo ou se for negativo? Por que será que isso acontece?”. Nesse tipo de pergunta o professor convida os alunos a explorarem um problema matemático. Skovsmose (2008) explica que essas perguntas geralmente começam com: “o que acontece se...”, “e se...”, “por que...”.

Os ambientes citados acima fazem referência à matemática pura. Mas muitas vezes é possível encontrar exercícios de matemática que fazem referência a uma realidade construída para tentar dar um significado aos conceitos. Skovsmose (2008)

define esta realidade construída como *semirrealidade*. Não é a realidade de fato, pois desconsidera aspectos que seriam importantes em acontecimentos reais. Para exemplificar, suponhamos uma situação em que o professor apresente o seguinte exercício em sala de aula: “Mamãe comprou 29 quilos de laranja e depois comprou mais 7 quilos. Quantos quilos de laranja ela comprou?” Suponha agora que um aluno fizesse as seguintes perguntas: “Porque ela quer tantas laranjas? Será que as laranjas serão consumidas antes de estragarem? Como ela levou as laranjas para casa?” Se um aluno fizesse tais perguntas, o professor talvez conclua que este aluno está tentando obstruir a aula. Tais questionamentos fariam sentido se o problema fosse uma situação real, mas o exercício se refere a uma *semirrealidade*, construída para a resolução do exercício. Há um tipo de acordo não explícito entre alunos e professores para que os dados sejam aceitos sem questioná-los, tomando todas as informações do exercício como necessárias e suficientes para resolvê-lo. No *ambiente de aprendizagem 3* essa *semirrealidade* é utilizada apenas para a produção de exercícios.

Por outro lado, se essa *semirrealidade* for explorada para convidar os alunos para fazerem investigações sobre situações hipotéticas, então identificamos o *ambiente de aprendizagem 4*. Por exemplo, suponha que o professor realize uma atividade para desenvolver algumas noções de probabilidade com o lançamento de dois dados. Nesse sentido, Skovsmose (2008) apresenta uma situação em que um jogo de tabuleiro simula uma corrida entre 11 cavalos numerados de 2 a 12. Dois dados são lançados e os dois valores são somados. O cavalo com a numeração igual à soma dos números nos dados avança um espaço no tabuleiro. A corrida continua com novos lançamentos dos dados. A partir desta situação, algumas perguntas poderiam ser levantadas: “Qual cavalo tem mais chance de ganhar? Uma agência de aposta oferecia um prêmio maior para quais cavalos? Por que os cavalos 6, 7 e 8 estão ganhando mais do que os cavalos 2 e 12?” Este tipo de atividade faz referência a uma *semirrealidade*, mas pode proporcionar um ambiente de investigação.

Alguns exercícios matemáticos podem conter informações reais, tais como: o *Índice de Desenvolvimento Humano* de uma cidade, a média da altura de uma população, um gráfico que representa a evolução mensal ou sazonal das chuvas, o preço de uma mercadoria, e assim por diante. Se estes dados reais são apresentados apenas para contextualizar um exercício, então identificamos o *ambiente de aprendizagem 5*. Por exemplo, considere uma situação em que um texto sobre a água é apresentado aos

alunos, e em seguida eles devem responder às seguintes perguntas: “Como está distribuída a água em nosso planeta? O quanto dessa água é potável? Quanto tempo leva para alguns tipos de lixo se decompor na água?”. Tais perguntas têm um grande potencial de reflexão e alguns assuntos poderiam ser mais investigados. Mas se nenhuma reflexão ou investigação é realizada, e a atividade tem como único objetivo encontrar a resposta correta, ainda estamos se trata de um paradigma do exercício.

Por outro lado, no *ambiente de aprendizagem 6*, os alunos são convidados a explorarem uma situação real. Por exemplo, Biotto Filho (2008) apresenta uma atividade desenvolvida por um grupo de estudantes que estavam interessados em investigar a inclusão digital em uma região periférica da cidade em que viviam. O grupo entrevistou um determinado número de moradores no bairro e organizou os dados dessas entrevistas em tabelas e gráficos para entender se os entrevistados tinham acesso a computadores, se eles tinham acesso a internet, e em que tipo de lugares eles tinham esse acesso. Foi preciso aprofundar o conhecimento matemático e estatístico para analisar esses dados. Eles também realizaram uma reflexão sobre quais as alternativas possíveis para os que não tinham acesso a computadores e internet.

Mais exemplos dos ambientes de aprendizagem podem ser consultados em Biotto Filho (2008), Biotto Filho (2015), Biotto Filho, Faustino e Moura (2017), Cattai (2007), Skovsmose (2008), Skovsmose (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, é importante destacar que não é possível definir se uma aula terá um caráter investigativo considerando somente os exercícios propostos. Há muitos outros elementos envolvidos. Por exemplo: o modo como o professor conduz a aula, se os alunos aceitam o convite à investigação, como o assunto foi trabalhado em aulas passadas, a estrutura física da sala de aula, o currículo escolar, o hábito que os alunos tem de outras aulas, as ferramentas de avaliação, se o uso da apostila é opcional ou obrigatório, entre outros fatores a considerar. No entanto, esta pesquisa envolveu nossas interpretações de possibilidades com base no material selecionado.

Em um primeiro momento da análise de dados, elencamos algumas categorias de exercícios e tentamos classificar os exercícios de acordo com essas categorias. A primeira categoria abrange os exercícios mais direcionados e tradicionais. São

exercícios que dificilmente imaginamos serem utilizados em um ambiente investigativo. Podem ser exercícios do seguinte tipo “calcule a velocidade...” ou “qual veículo possui a maior aceleração...”.

Uma segunda categoria abrange os exercícios que parecem ter uma boa potencialidade de proporcionar ambientes investigativos. Em geral, esses exercícios não apresentam uma pergunta com uma única resposta correta e são um convite para explorar alguma situação problemática. Alguns desses exercícios podem propor alguma pesquisa para ser feita em casa ou outro espaço extraescolar. Em outros exercícios, o convite a investigação envolve explorar o problema por meio de algum experimento. Por exemplo, uma atividade propõe girar verticalmente um copo com água fixo em um barbante (*looping* vertical). A atividade pede para o aluno anotar suas conclusões da experiência e compartilhar ela com os colegas. É possível fazer aqui uma reflexão sobre possibilidades de convites à investigação. Alguns alunos podem verificar que a água não caiu, mas outros alunos talvez tenham derrubado a água. Um aluno pode sugerir que ele gire o copo mais rápido para que a água não caia. Alguns alunos podem também dar comentários sobre o tamanho do barbante. Talvez o professor provoque ainda mais a discussão perguntando se acham que o tamanho do copo e a quantidade de água podem influenciar os resultados do experimento. Nas anotações e discussões sobre o experimento é possível que novas considerações surjam sobre os elementos físicos envolvidos.

Percebemos a necessidade de criar ainda uma terceira categoria de exercícios, que de certa forma pareçam ser um meio termo entre as duas categorias anteriores. Eram questões mais direcionadas, mas continham algum tipo de incentivo à investigação. Essa ideia está de acordo com alguns autores que tratam dos cenários para investigação. Por exemplo, alguns autores apresentam a tabela proposta por Skovsmose (2008) com algumas alterações, com linhas e colunas adicionais ou mesclando a tabela com outras figuras a fim de contribuir algumas reflexões (BIOTTO, FILHO, 2008; BIOTTO FILHO, 2015; BIOTTO FILHO, FAUSTINO, MOURA, 2017). Esses autores consideram que alguns exercícios apresentam uma investigação mais controlada pelo professor, estando em um ambiente que figurativamente está entre o *paradigma do exercício* e o *cenário para investigação*.

Todas as atividades propostas na apostila foram classificadas conforme essas três categorias citadas acima, desde pequenas atividades sugeridas ao professor até

exercícios envolvendo pesquisas com os alunos, num total de 41 atividades. Na primeira categoria envolvendo exercícios mais direcionados, estão 20% das atividades analisadas. Na segunda categoria, envolvendo exercícios mais investigativos, 71%. E na terceira categoria, envolvendo exercícios direcionados com algum elemento investigativo, 10%.

Com base na classificação feita, concluímos que o material analisado tem uma boa potencialidade para ser utilizado em ambientes de aprendizagem investigativos. É importante ressaltar aqui que não defendemos que as aulas sejam configuradas somente por *cenários para investigação*. Biotto Filho (2008) defende que os professores *caminhem* por diferentes ambientes de aprendizagem. Isso pode ajudar o professor a não se acomodar em uma zona de conforto. Trabalhar com novas propostas pedagógicas envolve incertezas, mas também envolve possibilidades. A reflexão sobre os ambientes de aprendizagem discutidos no presente artigo é também um convite à busca de tais possibilidades.

Assim como no caso da Matemática, exercícios de Física podem fazer referência a uma *semirrealidade*. Nesses exercícios, as situações investigadas não consideram elementos que poderiam ser importantes em uma situação real. Por exemplo, um exercício que envolve calcular a velocidade de queda de um objeto sem considerar o efeito do vento sobre o mesmo. No material analisado, muitos exercícios fazem referência a uma *semirrealidade*. Tradicionalmente, essa parece ser a situação mais comum nos materiais didáticos de Física.

Alguns exercícios do material analisado fazem referência à realidade. Por exemplo, uma atividade propõe aos alunos que façam pesquisas sobre motores de automóveis e o rendimento dos diferentes tipos de combustíveis: gasolina, álcool e diesel. A atividade propõe também aos alunos que discutam a eficiência desses motores e combustíveis. Diferentes elementos da realidade poderiam fazer parte dessa discussão, incluindo fatores ambientais, políticos e econômicos. Exercícios que fazem referência à realidade têm uma grande potencialidade de discussões críticas para que os alunos possam relacionar Física e sociedade.

Figura 2: Ambientes de aprendizagem em aulas de Física

	Paradigma do exercício	Investigação Controlada	Cenário para investigação
Referências à semirrealidade	1	2	3
Referências à realidade	4	5	6

Fonte: Elaborado pelos autores

As discussões apresentadas aqui se situaram nos seis ambientes de aprendizagem apresentados na Figura 2. Isso não significa que esse é o único modo de se construir essa tabela. Talvez novas reflexões possam adicionar linhas ou colunas à tabela. No entanto, acreditamos que discutir essa tabela com professores e futuros professores permite a possibilidade de reflexão sobre a própria prática docente. Essa discussão é também um convite para explorar novos ambientes de aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, analisamos as potencialidades de um material didático de Física de proporcionar ambientes de aprendizagem investigativos. Mais do que definir o material como sendo investigativo ou não, discutimos diferentes ambientes de aprendizagem a fim de refletir sobre a utilização de exercícios para o desenvolvimento de um *cenário de investigação* com atividades que façam referência a *realidade*. Não defendemos que esse seja o único ambiente a ser trabalhado nas aulas, mas que *caminhar* para novos ambientes possa abrir novas possibilidades de aprendizagem. Acreditamos que esse tipo de trabalho possa favorecer uma aprendizagem que permite ao estudante interagir com a sociedade de forma crítica e reflexiva, bem como refletir sobre situações de seu cotidiano e sobre a realidade social, cultural, política e econômica em que ele está inserido.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Jhenifer Gomes e Pedro Demarchi Tessarin pelas contribuições.

REFERÊNCIAS

BIOTTO FILHO, D. **O Desenvolvimento da Matemacia no Trabalho com Projetos**. 2008. 100f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, 2008.

BIOTTO FILHO, D. **Quem não sonhou em ser um jogador de futebol?: trabalho com projetos para reelaborar foregrounds**. 2015. 234 p. Tese - (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/124075>>.

BIOTTO FILHO, D; FAUSTINO, A. C. ; MOURA, A. Q. . Cenários para Investigação, Imaginação e Ação. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, v. 6, p. 64-80, 2017.

CATTAI, M. D. da S. **Professores de matemática que trabalham com projetos nas escolas: quem são eles?**. 2007. 153 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91008>>.

PEREZ, G. Prática reflexiva do professor de Matemática. In: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. C. **Educação Matemática: pesquisa em movimento**, São Paulo: Cortez, 2004.

ROSSINI, M. J. **A solidariedade e a cooperação como estratégias para um trabalho eficaz no ambiente escolar**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, 2004.

SKOVSMOSE, O. Cenários para Investigação. **Bolema**, Rio Claro, v. 13, n. 14, p. 66-91, 2000.

SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. In: SKOVSMOSE, O. **Desafios da reflexão em educação matemática crítica**. Campinas: Papirus. 2008, p. 15-39.

SKOVSMOSE, O. Researching Possibilities. In: SETATI K.; VITHAL R.; MALCOLM.; DHUNPATH R. **Researching possibilities in mathematics, science & technology education**, New York: Nova Sciences Publishers, Inc. 2009.

SKOVSMOSE, O. **Um convite à Educação Matemática Crítica**. Tradução de Orlando de Andrade Figueiredo. Campinas: Papirus, 2015.