



Otimização da interpretação de enunciados de física através de metodologias ativas

.....

Gabriel Ferrari*

Universidade do Vale do Itajaí, São José, SC, Brasil.

RESUMO

A tradicionalmente traumática interação do estudante com os problemas de física costuma ser atribuída a deficiências matemáticas e/ou literárias. No entanto, quando determinada situação lhe é apresentada de maneira mais próxima a elementos de seu cotidiano, o estudante tende a identificar com maior clareza as equações de que dispõe e então chegar aos resultados esperados. A fim de adequar o ensino de física aos novos códigos sociais e às atuais demandas geracionais de aprendizagem, metodologias ativas como o DIY (do it yourself), nos contextos de sala de aula invertida e cultura maker, têm surgido como excelentes aliadas do ensino formal, cujo rigor matemático é indispensável. Os resultados têm mostrado uma melhor concepção fenomenológica dentre as turmas e, conseqüentemente, melhores desempenhos individuais. Este artigo discute atividades realizadas em aulas de física visando a familiarização dos estudantes com a descrição literal de situações práticas, utilizando tópicos majoritariamente de cinemática como delimitações do problema, devido à clara viabilidade da aplicação de metodologias ativas.

Palavras-chave: metodologias ativas; otimização da resolução de problemas; sala de aula invertida no ensino de física; eficiência prática da aprendizagem; cultura maker

.....

1. Introdução

A análise das dificuldades apresentadas pelos alunos diante de determinados exercícios de física tende a ir muito além de uma simples deficiência em interpretação de texto, o que seria minimizar um caso cuja abordagem não se tem mostrado simples. Em se tratando especificamente de física, uma das principais fontes de baixa compreensão de uma tarefa proposta é o fato de esta ser uma ciência cujas conclusões acerca dos fenômenos naturais são interpretadas de modo não proposital no cotidiano e, por isso, de forma potencialmente equivocada. Quando esses processos cotidianos passam a ser formalizados e matematizados, surgem os mais diversos bloqueios e indisposições na relação aluno-texto. Sendo assim, a interpretação de enunciados de física não depende apenas de certa habilidade em interpretação de textos, mas consiste em um processo que também exige uma combinação entre organização de concepções e envolvimento prático com a situação proposta, bem como capacidade de abstração e de visualização. Segundo Chi [1], o que diferencia os “bons” alunos dos “maus” é que enquanto aqueles buscam inspirações para a resolução de problemas com base em referências de situações análogas às propostas, estes se limitam a simplesmente chegar à resposta correta a qualquer custo. Essa conclusão nos faz tender ao uso de abordagens continuamente ilustrativas e práticas do ensino de física. Araújo [2] investigou as dificuldades na aprendizagem de física no ensino médio de uma escola estadual do Piauí e

chama a atenção de pedagogos e professores para as principais limitações que têm impedido a compreensão dos conteúdos de física, sendo essas a falta de fundamentação matemática e a dificuldade interpretativa dos enunciados das questões.

Uma vez que a raiz de muitas dificuldades apresentadas pelos alunos encontra-se em uma fraca solidez analítico-interpretativa em sua primeira formação, vale a pena atentarmos para um trabalho realizado junto a alunos do 6º ano do ensino fundamental de uma escola pública (Oliveira [3]). A análise vem a calhar pois, além de ter sido feita junto a alunos em um estágio pré-ensino de física, focou-se na interpretação de problemas matemáticos. A autora buscou aplicar uma sequência de atividades de cunho matemático a uma turma em especial, de modo a avaliar sua resposta ante diferentes metodologias. Combinando leitura, escrita, mímicar, diagramas e desenhos, buscou-se familiarizar os alunos com os enunciados, adicionando elementos sensoriais ao que estava sendo proposto. Os resultados positivos no tocante ao desempenho da turma mostraram que o conteúdo em si muitas vezes não é a principal fonte de fracassos ou sucessos, e sim a relação existente entre um modo de pensar o mundo ou até mesmo um histórico de vida e a apresentação de um problema. Além disso, Lima (apud Oliveira [4], p. 16) ressalta que o fato de a comunicação oral dos estudantes mostrar-se muito mais articulada do que a escrita torna fundamental que o professor constantemente intermedeie sua interação com o enunciado.

Quando esses processos cotidianos passam a ser formalizados e matematizados, surgem os mais diversos bloqueios e indisposições na relação aluno-texto

.....

*Autor de correspondência. E-mail: gnevesferrari@gmail.com.

Nesse mesmo cenário, Machado (apud Oliveira [4], p. 18) defende o estabelecimento de um paralelo entre literacia e imaginação como fator preponderante para a compreensão do aluno daquilo que lhe está sendo proposto, bem como das ferramentas que deverá utilizar.

Como Larkin [5] distingue a física e a matemática de campos do conhecimento como biologia, psicologia e literatura, por exemplo, por caracterizarem os chamados “domínios formais”, dentro dos quais é possível estabelecermos uma grande classe de problemas em si e não apenas questionários avaliativos, o trabalho de Oliveira [4] indica que existe espaço dentro do ensino de física para o uso de novas metodologias que, além de potencializarem a interpretação de enunciados, otimizam a aprendizagem (Santos [6]).

Nos últimos anos, uma grande aposta no ensino geral tem sido feita nas metodologias ativas, um conjunto de práticas modernas de ensino que visam colocar o aluno no centro da aprendizagem, ao fazer com que ele seja parte fundamental no processo das suas próprias compreensões e análises de conhecimento. Tais metodologias permitem, por exemplo, que o aluno confeccione aparatos relacionados aos conteúdos em questão, bem como estude com autonomia determinados tópicos cuja aplicação se dará em sala de aula. Karamustafoglu [7], tendo entrevistado dezenas de professores de física na Turquia acerca do conhecimento e da aplicação de metodologias ativas no ensino de física,

Da mesma maneira que podemos largamente aliar o uso de dispositivos móveis ao ensino, podemos também incentivar o aluno a “brincar na rua”, como se incentiva um filho que costuma passar horas diante de games dentro de um quarto

constatou que, de modo geral, apesar de os professores estarem cientes dos métodos de que podiam dispor, estavam ainda recorrendo ao ensino tradicional, que coloca o professor e o conteúdo no centro da aprendizagem. Esse mesmo cenário é visto no Brasil, onde embora muito se tenha discutido sobre metodologias ativas, as lacunas a serem preenchidas pelas mesmas no ensino de ciências exatas ainda é grande.

Por outro lado, conforme discutido por Marušić [8] no tocante ao ensino na Croácia, mesmo quando metodologias ativas são empregadas no ensino de física, estas tendem a se adaptar majoritariamente aos meninos, não atingindo portanto uma eficácia satisfatória entre as meninas. Ainda que a aplicação de

métodos como RPQ (*reading, presenting and questioning*) e ED (*experimenting and discussion*) tenham tido considerável sucesso entre os alunos – em especial o último, que elevou em 10% o interesse em terem a física como profissão –, é necessário encontrar práticas metodológicas que despertem maior interesse pelas ciências exatas em geral também nas meninas. Hoje muitas mulheres têm obtido destaque em suas profissões nas áreas de exatas e tecnologia, mas acredita-se que um número ainda maior, hoje latente devido a “más primeiras impressões”, poderia ser obtido caso determinados bloqueios fossem evitados ou removidos pelas metodologias ativas.

Oliveira [4] apresenta uma descrição completa sobre a aplicação da *flip-ped classroom*, ou sala de aula invertida, ao ensino de física. Essa metodologia ativa tem se mostrado a mais eficiente para o primeiro contato dos alunos com a física, sejam quais forem os níveis de exigência e dificuldade. Os autores destacam que “os alunos de hoje não são os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado, e muitos deles estão constantemente conectados a redes sociais e acostumados ao acesso direto a informações em seus smartphones, tablets ou computadores, tão logo tenham algum interesse em

buscá-las.” Da mesma maneira que podemos largamente aliar o uso de dispositivos móveis ao ensino, podemos também incentivar o aluno a “brincar na rua”, como se incentiva um filho que costuma passar horas

diante de *games* dentro de um quarto. Uma das maneiras de se aplicar a *flip-ped classroom* é por meio de atividades extraclasse, em que o DIY (*do it yourself*, ou “faça você mesmo”) se configura como protagonista de um enunciado que o aluno não apenas irá ler ou escrever, mas vivenciar. Essa metodologia ativa está posicionada no contexto da cultura *maker*, cuja ideologia central não se restringe ao ensino e se baseia no fato de todos serem capazes de construir um ou mais dispositivos que lhes sirvam de maneira funcional. Brito [9] relata que os desafios enfrentados pelos alunos que entram em contato com a cultura *maker*, ou educação *maker*, quando se fala de ensino, têm aperfeiçoado de modo satisfatório suas habilidades e com-

petências.

Acredita-se que muito potencial para as exatas tem sido desperdiçado no Brasil devido a falhas nos primeiros contatos do indivíduo com tais ciências, e o objetivo deste trabalho é contribuir para instigar novos estudantes a explorar essa área. As atividades, que foram realizadas concomitantemente ao trabalho com os assuntos em sala, propuseram-se a corrigir defasagens matemáticas e conceituais trazidas de prévias experiências dos alunos com ciências exatas, desde os primeiros anos de escola. Segundo a máxima “física se aprende resolvendo problemas”, o melhor ponto de partida para a transformação do ensino de ciências exatas em geral na educação básica virá de uma abordagem adequada das mais diversas situações práticas, as quais começam com a leitura de um enunciado.

2. DIY como um intermediador do envolvimento entre o aluno e os conceitos de queda livre

Diante dessa tendência a um acoplamento entre o ensino por envolvimento e o ensino formal, ao longo dos últimos dois anos tenho incentivado minhas turmas de física básica do ensino superior a confeccionarem dispositivos que representem a teoria vista em sala. Essas elaborações ocorrem concomitantemente ao andamento do conteúdo e, aliadas às práticas experimentais já previstas em laboratório, têm aproximado os alunos da essência fenomenológica estudada. Atualmente, quase 50% da carga horária dessas disciplinas tem sido prática, sendo que dessa porcentagem cerca de 30% ficam reservados aos projetos DIY. Surpreendentemente, o que nasceu com o objetivo de ilustrar um conteúdo a ser ensinado acabou por ajudar a resolver o grande problema de bloqueio dos alunos com os enunciados dos exercícios, pois o ato de testarem um dispositivo construído e realizarem medidas acerca disso torna-se a própria vivência de um enunciado. Na seção a seguir analisamos como a confecção de uma cápsula anti-quebra para um ovo contribuiu para a concepção dos princípios da queda livre por parte dos alunos.

2.1. A cápsula anti-quebra

A fim de elaborarem por si mesmos um aparato que lhes permitisse aplicar os conceitos de queda livre, os alunos receberam um *briefing* que lhes propunha a confecção de uma embalagem que permitisse um ovo ser lançado de

doze metros sem quebrar ao atingir o solo. Com o objetivo de incentivar a criatividade, um dos critérios de avaliação, a única restrição era o uso de acessórios que oferecessem alta resistência aerodinâmica ou redução de massa específica, tais como o uso de paraquedas e balões, respectivamente. Além disso, como outro critério de avaliação era a compactação, a turma foi encorajada a não utilizar grandes volumes de plástico bolha, por exemplo, o que inclusive entraria como redução de massa específica. Os demais critérios eram: estética, entretenimento (deveriam adicionar algum elemento não funcional, que apenas divertisse a plateia) e precisão, que, claro, verificava se o ovo havia ou não se quebrado.

Dispondo de materiais como gelatina, coco, farinha, espumas, esponjas, palitos e embalagens a vácuo, as equipes liberaram suas cápsulas da referida altura. A Fig. 1 mostra dois protótipos como exemplo. Certamente, nem todos obtiveram sucesso no quesito “precisão”, não apenas devido às suas confecções, mas também a efeitos caóticos como o movimento aerodinâmico e a posição do ovo no instante do impacto com o solo. No entanto, todos obtiveram sucesso em serem os “diretores” de um enunciado protagonizado pelos dispositivos que eles mesmos haviam elaborado.

2.2. Paralelos com a teoria

Há uma diferença significativa entre uma pessoa ler “encontre o tempo de queda da partícula e estime a força de contato desta com o solo” e medir os parâmetros de queda de um corpo que ela mesma tenha projetado e executado.



do. Os alunos sentiram-se dentro de um problema de física, e tal envolvimento fez com que se familiarizassem com os conceitos teóricos envolvidos. Uma das maiores corroborações do uso desse DIY como metodologia ativa foi o alto índice de aproveitamento das questões teóricas relacionadas à queda livre desde que a atividade passou a ser empregada. Em semestres em que a atividade não era empregada, a taxa de acerto não superava 20%, enquanto atualmente mais da metade das resoluções são satisfatórias e coerentes. O aumento dessa porcentagem de acerto revela que o grande problema na resolução de exercícios de física por parte dos alunos não está necessariamente relacionado a defasagens de conteúdo ou de interpretações de texto, mas à falta de envolvimento prático com as situações descritas, haja vista que nessas aulas nada mudou no tocante ao ensino do algebrismo matemático e tampouco ao de língua portuguesa.

2.3. A criação de um pensamento fenomenológico a partir de um DIY

Talvez o resultado mais significativo dessa atividade tenha sido a conclusão, por si só, de uma aluna quanto à maneira como o ovo estava sendo liberado. Inicialmente ela havia lançado o ovo para cima, além da altura padrão do parapeito, e o ovo quebrou ao tocar o solo. Analisando como os demais estavam procedendo (não necessariamente com intencionalidade), reparou que



Figura 1 Dois protótipos para a cápsula, utilizando arames e elásticos (à esquerda) e um envoltório de espumas (à direita).

Há uma diferença significativa entre uma pessoa ler = “encontre o tempo de queda da partícula e estime a força de contato desta com o solo” e medir os parâmetros de queda de um corpo que ela mesma tenha projetado e executado

simplesmente largavam os ovos com uma velocidade inicial nula, o que os fazia chegar mais lentamente ao solo, portanto com menor probabilidade de quebra. A aluna então compreendeu que, mesmo lançando o ovo para cima, este chegava mais rápido ao solo por adquirir velocidade para baixo ao passar pela altura padrão do parapeito, o que matematicamente configura uma situação análoga a arremessar o ovo para baixo. Essa foi sempre uma análise complicada para se transmitir em sala

de aula, por meio do clássico exemplo do “nadador que a) simplesmente cai do trampolim com velocidade inicial nula, b) dá um impulso para cima antes de cair e c) mergulha intencionalmente no sentido da superfície da água”. Por vezes é difícil, em sala, o aluno compreender que os itens “b) e c) são a mesma situação com relação ao deslocamento sofrido e o tempo efetivo de queda, desde a altura do trampolim (o parapeito, em nossa atividade) até a superfície da água. O fato de essa análise ter partido de uma percepção completamente autônoma da aluna foi um elemento didático que o ensino tradicional jamais proporcionaria, visto que a atividade foi momentaneamente interrompida para que todos tivessem a mesma compreensão.

3. Simulação gráfica e DIY como facilitadores do algebrismo e da interpretação de enunciados sobre o movimento de projéteis

Outro assunto tratado logo no início de uma aprendizagem em física é o chamado “movimento oblíquo”, cujo nome inicialmente já causa certa inimizade a um aluno do ensino médio. Trata-se do lançamento de projéteis, cuja obliquidade das condições iniciais torna então parabólico seu subsequente movimento. Essa parte do conteúdo de física básica possui alta rejeição pelas turmas em geral, por envolver decomposição de vetores e a análise de um movimento simultaneamente em duas dimensões. É evidente, portanto, que as dificuldades na compreensão dos enunciados ficam igualmente duplicadas. Nas turmas anteriores à implementação dessa metodologia, a taxa de sucesso nos problemas de lançamentos de projéteis costumava ser baixíssima, sendo que menos de 10% dos alunos

eram capazes de apresentar uma solução completamente coerente, com esquematização, desenvolvimento e resultado mutuamente consistentes. Comumente nota-se muita confusão ao utilizarem os ângulos fornecidos, por exemplo, e, assim, toda a conceituação trabalhada nos assuntos anteriores acaba por ser desperdiçada nessa que é uma das aplicações mais interessantes e realísticas da cinemática vetorial.

3.1. A simulação

Diante disso, logo após a primeira explanação expositiva sobre projéteis os alunos foram levados ao laboratório de informática a fim de explorarem uma simulação em Java, através da qual eram capazes de escolher ângulo e altura de lançamento, velocidade inicial, aceleração da gravidade e ainda se o movimento ocorreria no vácuo ou com alguma resistência do ar. O projétil era então lançado e o programa fornecia valores como altura máxima, alcance e tempo total. As atividades nesse contexto, embora tenham sido previamente planejadas pelo professor, conferiam liberdade de exploração da simulação aos alunos. Com isso, os alunos tornaram-se não meros leitores passivos de um enunciado, mas os próprios elaboradores de uma situação prática passível de ser calculada e analisada. O envolvimento com o problema, em que conseguiram manipular e editar tantos elementos, conferiu propriedade e uma forma de autoridade ao aluno diante dos cálculos e demais detalhes das resoluções.

3.2. O lançador

Em paralelo a essa metodologia, os alunos foram convidados a elaborar um artefato que lançasse corpos de prova (batatas, em geral, devido a sua maleabilidade e ao seu baixo potencial de risco, mas tem-se buscado soluções mais sustentáveis) em movimento parabólico. A eles foi dada liberdade de utilizarem qualquer meio de propulsão, exceto pólvora; logo, em geral utilizaram válvulas com ar comprimido (Fig. 2). Se a simulação em Java já lhes havia conferido um maior envolvimento prático com o problema dos projéteis, a confecção desse aparato os tornou muito mais confiantes para interagirem com qualquer enunciado que envolvesse o movimento parabólico.

Os alunos tornaram-se os próprios executores dos famosos elementos “alcance”, “altura máxima” e “tempo total” do movimento. O fato de se terem tornado parte do problema fez com que muitos tabus e mitos criados acerca desses conteúdos dessem lugar a uma forte apropriação por parte dos alunos tanto da fenomenologia quanto do algebrismo acerca do movimento de projéteis. Embora ainda tenha sido observado um número maior de inconsistências numéricas que o desejado, houve um aumento de aproximadamente 40% na quantidade de alunos capaz de

estruturar adequadamente os cálculos. Portanto, novamente a análise dos desempenhos diante das questões teóricas revelou que a principal fonte de dificuldade em se montar uma resolução a partir da interpretação de um enunciado está mais na distância entre palavras e fenômenos do que em deficiências matemáticas ou interpretativas.

4. Movimento geral de partículas e princípio de conservação da energia mecânica em uma montanha-russa caseira

Por fim, uma atividade que precisa ser também destacada é a construção de protótipos de montanhas-russas, novamente no contexto de DIY e educação *maker*, com o objetivo duplo de se vivenciar enunciados de movimento geral de partículas e do princípio de conservação da energia mecânica. Como

O fato de se terem tornado parte do problema fez com que muitos tabus e mitos criados acerca desses conteúdos dessem lugar a uma forte apropriação por parte dos alunos tanto da fenomenologia quanto do algebrismo acerca do movimento de projéteis

uma extensão do movimento de projéteis e do movimento circular, o professor pode desejar inovar no ensino médio e introduzir conceitos do movimento geral de partículas. Contudo, a visualização do movimento tridimensional costuma

oferecer dificuldades a boa parte das turmas, visto que os exemplos não podem ser desenhados no quadro e muitos levam certo tempo até adquirirem uma satisfatória capacidade de abstração e de extrapolação dos conceitos bidimensionais para os tridimensionais. Além disso, em estudos um pouco mais avançados a turma poderia encontrar grandes dificuldades analíticas a partir de eventuais novas operações matemáticas. Esse contexto acaba compondo um cenário de muitas informações, no qual facilmente o aluno se encontraria em confusão quanto a fórmulas, métodos e novo algebrismo. O desenvolvimento de um sistema de movimento complexo como uma montanha-russa, portanto, confere um envolvimento com o problema capaz de permitir ao aluno maior capacidade de visualização tridimensional dos problemas propostos (Fig. 3). Apesar de ser óbvia e natural a habilidade do ser humano de percepção espacial, nem sempre – na verdade, raramente – se obtém êxito imediato quando ele precisa enxergar uma configuração específica que lhe foi apresentada textualmente. Novamente tratamos aqui da confiança



Figura 2 Exemplo dos lançadores confeccionados à esquerda e do funcionamento dos dispositivos à direita.



Figura 3 Exemplos de montanhas-russas elaboradas com o objetivo didático de se aplicarem conceitos do movimento geral de partículas e da conservação da energia mecânica.

adquirida pelo aluno, que vem preencher lacunas enraizadas em determinados bloqueios trazidos para a sala de aula. As turmas que hoje elaboram montanhas-russas apresentam um êxito satisfatório quando resolvem exercícios de movimento geral de partículas, tanto em sala quanto nas avaliações teóricas, as quais anteriormente geravam um grande problema de desempenho dentro do conteúdo de cinemática vetorial. Conceitos pouco visíveis na teoria como a diferença entre as acelerações centrípeta e tangencial ou mesmo a lei da inércia foram fenomenologicamente compreendidos pelos alunos e, assim, ofereceram menos resistência ao aparecerem nos cálculos.

Além de esse DIY auxiliar no assunto referido, tornou-se uma clara ilustração do princípio de conservação da energia mecânica, na qual os alunos puderam ver que a energia potencial conferida ao móvel no alto da montanha-russa era suficiente para que ele descrevesse toda a trajetória montada, desde as curvas até os *loops* etc. Como em geral os laboratórios de física não costumam oferecer práticas tão interessantes nesse tema quanto os demais, o projeto veio bem a calhar e atendeu às demandas do assunto. Vale ressaltar que, além de se terem tornado mais versados em mecânica, por meio desse DIY muitos aprenderam conceitos de eletricidade, visto que adaptaram ou até mesmo montaram dispositivos que recolocassem automaticamente os móveis no alto da montanha-russa para a próxima queda.

5. Conclusões

O ensino deve adaptar-se às transformações sociais como todas as demais áreas têm se esforçado para fazer. Os códigos através dos quais os adolescentes e jovens hoje atribuem sentido às informações são completamente diferentes daqueles com que seus professores o faziam quando aprenderam aquilo que agora lhes ensinam. Por isso, é necessário que a prática docente adquira elementos modernos e eficazes para a construção do pensamento científico em suas turmas. Em se tratando especificamente da física, uma grande barreira historicamente aparece quando falamos sobre a leitura de um enunciado de questão. As aulas aparentemente são claras, o conhecimento flui, os alunos compreendem a ideia por trás de cada desenvolvimento e, inclusive, compreendem a resolução de problemas apresentados no quadro pelo professor. No entanto, quando por si só começam a realizar exercícios propostos, muitas vezes não conseguem iniciar os cálculos por não compreenderem o que lhes é pedido. Percebendo claras defasagens da grande maioria dos alunos de qualquer nível de ensino em conceitos básicos de física e matemática e, concomitantemente, a pouca eficiência das ações pautadas no ensino formal que já foram tomadas com relação a is-

A execução dos projetos fez com que, mesmo sem perceberem, os alunos adquirissem envolvimento e familiaridade suficientes para encararem problemas que exigiam visualização tridimensional e cálculos um pouco mais complexos que os de costume

so, a tendência social à cultura *maker* parece vir a calhar como um estímulo ao aluno diante de tópicos que exijam destreza analítica, por exemplo.

O presente trabalho ajuda a mostrar que, em sua essência, o grande problema encontrado no ensino de ciências exatas em geral não reside no fato de os alunos não compreenderem o que precisam fazer, e sim em não estarem familiarizados com a fenomenologia prática do que está contido nos enunciados. Por não se sentirem envolvidos com o assunto, não conseguem apropriar-se do conteúdo e, assim, o papel de autoridade que deveriam exercer sobre uma questão é invertido, e ela é que passa a ter autoridade sobre o aluno. Por isso, na tentativa de fazer com que o aluno se envolvesse com o fenômeno a ser calculado, aplicamos duas metodologias ativas em quatro assuntos de física básica, sendo eles queda livre, movimento de projéteis, movimento geral de partículas e conservação de energia. Os resultados mostraram que o desempenho teórico das turmas melhorou significativamente após a confecção, no formato de DIY (*do it yourself*), de artefatos relacionados aos respectivos temas. Para a queda livre, a criação de uma cápsula antiquebra para um ovo auxiliou os alunos a compreenderem a invariância do tempo de queda frente à mudança de massas, a influência do tipo de lançamento na intensidade do impacto e até antecipou conceitos posteriores como ação e reação, impulso e energia mecânica. Tendo participado ativamente de um enunciado de física, as posteriores interpretações e aplicações tornaram-se mais simples, levando cada um a um melhor desempenho nas atividades teóricas. O mes-

mo pôde ser observado no movimento parabólico, em que as turmas confeccionaram dispositivos capazes de lançar projéteis obliquamente e, assim, novamente vivenciaram um enunciado em vez de apenas trabalharem teórica-

mente sobre um. Nesse tema, a contrapartida teórica teve ainda mais valor, visto que esse assunto é comumente rejeitado pelos alunos devido à maior complexidade matemática. Os resultados indicaram novamente que o envolvimento pessoal e prático com os conceitos teóricos confere ao aluno uma

confiança que o ensino tradicional jamais proporcionaria, e isso o leva a desempenhar as tarefas analíticas com maiores propriedade e acurácia. Vale lembrar que, além das atividades DIY, no tema de movimento parabólico as turmas foram levadas ao laboratório de informática a fim de experimentarem uma simulação em Java que lhes permitiu interagir com os lançamentos, pois poderiam escolher os parâmetros iniciais do lançamento, medir os valores cinemáticos finais e comparar com os cálculos. Nesse caso, eles mesmos elaboraram os enunciados graficamente, o que novamente lhes garantiu maior segurança para encarar os enunciados literais.

Por fim, como a física é, antes de mais nada, uma ciência prática e experimental, tomou-se um dos temas que menos saem das quatro paredes de uma sala de aula, o movimento tridimensional de partículas, para lhe conferir um aspecto mais próximo de uma situação vivenciada. Nesse âmbito, a turma construiu pequenas montanhas-russas de livre trajetória e quaisquer materiais que julgassem úteis. A execução dos projetos fez com que, mesmo sem perceberem, os alunos adquirissem envolvimento e familiaridade suficientes para encararem problemas que

exigiam visualização tridimensional e cálculos um pouco mais complexos que os de costume. Além disso, puderam vivenciar uma clara aplicação do princípio de conservação da energia mecânica e aprender inclusive um pouco de eletricidade, visto que algumas equipes utilizaram dispositivos para reposicionar automaticamente as partículas para uma próxima queda.

Portanto, apesar de um embasamento matemático e literário ser de suma importância para o desenvolvimento do aluno em disciplinas de física, nota-se que pouco avanço é obtido se o aluno não se envolver pessoalmente com a problemática de um tema em suas situações práticas. A aproximação da ciência da concepção individual de cada um, aliada a um desenvolvimento eficaz no campo da matemática e da interpretação de textos, poderá tanto potencializar o interesse da nova geração de alunos para as ciências exatas quanto contribuir para a permanência na vocação daqueles que já encontram nessa área um possível caminho a ser percorrido.

As principais dificuldades na implementação dessas atividades foram a resistência inicial por parte dos alunos e a posterior tradução da física envolvida do quadro para o projeto e vice-ver-

sa. A resistência inicial é natural, pois os alunos recebem a incumbência como algo que lhes tomará tempo e esforço; contudo, isso dá lugar ao entusiasmo assim que começam a realizar os primeiros testes de seus projetos e percebem o quanto crescerão com a atividade. Em segundo lugar, a tradução do que se está fazendo em sala para o que será desenvolvido acontece durante a montagem por parte dos alunos, em que muito se aprende por meio de erros e acertos – o caminho de volta, no entanto, é mais rigoroso e demanda uma atenção especial do professor durante as demonstrações por parte dos alunos, que precisam de suas explicações sobre os fracassos e sucessos de seus projetos. Desse modo, estabelece-se uma conexão adequada entre o que foi construído e a teoria por trás de cada processo subsequente.

Por fim, como as metodologias ativas buscam um ensino sob medida e atividades que abranjam o maior número de alunos possível dentro de uma mesma turma, incluindo igualmente gêneros, classes sociais e formações prévias, as práticas aqui executadas indicam a pavimentação de um longo caminho ainda a ser percorrido no sentido da modernização do ensino de física.

Referências

- [1] M. Chi, M. Bassok, M. Lewis, P. Reimann, R. Glasser, *Cognitive Science* **13**, 145 (1989).
- [2] R.P. de Araújo, *As Dificuldades na Aprendizagem de Física no Ensino Médio da Escola Estadual Dep. Alberto de Moura Monteiro*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, 2015.
- [3] C.A. de Oliveira, *Interpretação dos Enunciados de Problemas Matemáticos: Um Estudo com Alunos do Sexto Ano do Ensino Fundamental de uma Escola Pública do Interior de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, 2018.
- [4] T. Oliveira, I. Araujo, E. Veit, *Física na Escola* **14**(2), 4 (2016).
- [5] J.H. Larkin, in: *Cognitive Skills and Their Aquisition*, editado por J. Anderson (Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1981).
- [6] P.V. Santos, *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento* **1**, 253 (2017).
- [7] O. Karamustafaoglu, *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies* **1**, 27 (2009).
- [8] M. Marušić, J. Sliško, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **8**, 010107 (2012).
- [9] S. Brito, J. Ribeiro, *Publicação dos Trabalhos Apresentados Durante a 1ª Conferência FabLearn Brasil* (Editora Fab Lab Brasil, São Paulo, 2016).