

ONDAS ESTACIONÁRIAS E HARMÔNICOS EM CORDAS VIBRANTES: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA METODOLOGIA DA SALA DE AULA INVERTIDA

Marcos Antonio Guizzo 

SED-SC / E. E. B. João Roberto Moreira
m4.guizzo@gmail.com

Volnir Hoffmann 

SEED-PR / CEEBJA Valdir Fernandes –
E. F. M
volnirhoffmann@yahoo.com.br

Resumo

Neste trabalho, realizado dentro do escopo teórico das metodologias ativas, propostas no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede Nacional da UTFPR campus Medianeira, esboçamos uma reflexão comparativa sobre o uso da metodologia denominada sala de aula invertida (*flipped classroom*), aliada ao método PIE (predizer, interagir e explicar) aplicados ao ensino de dois temas de ondulatória: ondas estacionárias e a respectiva formação de harmônicos em cordas vibrantes. Esta atividade, contemplando diferentes situações didáticas, inclusive com a utilização de simuladores mecânicos, foi ministrada em duas turmas de ensino médio, envolvendo 54 alunos oriundos de contextos bastante díspares entre si. Os resultados obtidos indicam que a adoção conjunta de tais métodos, favorece à elevação da motivação dos alunos e fornece melhores condições para uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de Física; ondulatória; sala de aula invertida; método PIE; simuladores .

STATIONARY AND HARMONIC WAVES ON VIBRANT STRINGS: AN APPROACH THROUGH THE CLASSROOM METHODOLOGY INVERTED

Abstract

In this work, carried out from the theoretical scope of active methodologies, proposed within the scope of the postgraduate program in Physics Teaching in the National Network of UTFPR campus Medianeira, we outlined a comparative reflection on the use of the methodology called inverted classroom), coupled with the PIE method (predict, interact and explain) knowledge when teaching two wave themes: standing waves and the formation of harmonics in vibrant strings. This activity, covering different didactic hypotheses, including the use of mechanical simulators, conducted in two high school classes, involving 54 students from very different contexts. The results obtained indicate that the joint adoption of such methods, favors the increase of the students' motivation and present better conditions for a defined learning.

Keywords: Physics teaching; Wave; Flipped classroom; method PIE; simulators.

1. INTRODUÇÃO

No presente artigo descrevemos um estudo comparativo referente à aplicação das metodologias ativas conhecidas como *sala de aula invertida* e *método PIE* no ensino de dois tópicos de ondulatória junto à duas turmas consideravelmente heterogêneas do 2º ano do ensino médio. A investigação procurou verificar os níveis de aprendizagem das respectivas turmas, uma pertencente a uma instituição privada e a outra à rede pública, em face das novas metodologias propostas.

Tal escopo de trabalho foi formulado no âmbito da disciplina de Processos e Sequência de Ensino e Aprendizagem em Física no Ensino Médio e Fundamental, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física ofertado pela Universidade Federal Tecnológica do Paraná – Campus Medianeira, cuja proposta pedagógica prevê a formação de subsídios teóricos para a modernização e a diversificação das práticas desenvolvidas no ensino de Física da educação básica. Nesta oportunidade, as metodologias ativas foram contempladas como recurso metodológico a ser experimentando no ambiente de produção do professor de Física, ou seja: a sala de aula.

As atividades desenvolvidas foram construídas com base na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, com o intento de proporcionar aos estudantes experiências de efetiva aprendizagem dos conceitos físicos, razão pela qual optou-se por explorar diferentes momentos didáticos, assim

como recorrendo ao uso de distintas ferramentas de apoio – digitais/virtuais e tangíveis.

Neste mesmo viés, levou-se em consideração que, pelo modelo operacional de ambas as instituições de ensino, idênticas nesse aspecto, esta seria uma primeira experiência dos alunos com as metodologias ativas, fato que ensejaria um olhar mais cuidadoso na condução das etapas e na análise dos resultados preliminares.

O alvo maior do conjunto de atividades desenvolvidas constituiu-se no esforço de ampliar o nível de clareza em relação às duas metodologias ativas postas em marcha, bem como quais as possíveis articulações entre ambas e com as demais ferramentas já amplamente exploradas no ensino de Física. Para isso, as sequências didáticas propostas tiveram como objetivo analisar as oportunidades de aprendizagem proporcionadas pela metodologia da sala de aula invertida em conjunto com o método PIE, no tocante à compreensão dos conceitos inerentes à formação dos harmônicos e das ondas estacionárias nas cordas vibrantes, com vistas a construção de uma aprendizagem significativa. Também objetivou buscar evidências e formar juízo sobre a dinâmica de atuação dos estudantes, bem como indicadores de aprendizagem, frente às novas metodologias, identificando similaridades e diferenças entre os alunos da rede pública e privada no tocante a tais interações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A prática aqui relatada foi concebida tendo por norte os pressupostos da *Teoria da Aprendizagem Significativa*, definida por David Ausubel, segundo a qual a aprendizagem efetiva (significativa) ocorre somente quando o novo conceito/informação se vincula, isto é, se associa cognitivamente, aos conceitos/conhecimentos já dominados pelo indivíduo. Nessa teoria, os saberes já elaborados pelo estudante são chamados de conceitos *subsunçores*, e serão por nós respeitados sempre que buscarmos identificar os conhecimentos prévios dos alunos ou, quando do planejamento didático, levarmos em conta a existência (ou não) de tais conceitos já apreendidos.

Por outro lado, os conceitos que não estiverem ligados a essa “teia” de associações cognitivas, foram objeto apenas de uma aprendizagem definida como *mecânica* (ou memorística) e, portanto, tendem a não perdurar na memória do indivíduo, bem como não servirão de base para a construção de novas aprendizagens. Desta forma, a não aquisição de uma aprendizagem significativa representa uma perda de oportunidade para a elaboração de novos saberes.

Embora este texto não tenha a pretensão de descrever as minúcias da *Teoria da Aprendizagem Significativa*, entendeu-se como necessária a explanação de que, para que ocorra a aprendizagem significativa, há dois (pré) requisitos essenciais:

- Disposição para aprender (motivação), por parte do aluno;
- O conteúdo, a ser aprendido, deve ser potencialmente significativo para o aluno, ou seja, deve fazer sentido para ele, com base em seus conhecimentos prévios.

No que se refere ao primeiro requisito, embora seja um elemento relacionado ao grau de iniciativa e, portanto, responsabilidade do aluno, acredita-se que o professor pode valer-se de estratégias de comunicação para estimular os estudantes a desenvolverem tal motivação, em particular se já detiver algum nível de reciprocidade para com a turma.

Para o atendimento ao segundo item, fica evidente a atribuição de uma responsabilidade crucial ao professor: ele deve aferir tanto o arsenal de conhecimentos prévios dos alunos quanto seus respectivos níveis de interesse/afinidade com o tema objeto. Esse levantamento de informações deve preceder ao planejamento didático operacional e nortear a escolha dos procedimentos metodológicos adequados ao fim proposto.

Convém, neste ponto, estabelecer uma reflexão mais sutil: quais as reais vantagens de se preconizar uma aprendizagem significativa? Essa é uma questão relevante, pois, trata-se de uma teoria de aprendizagem prioritariamente escolar, que prioriza o que convencionamos chamar de conteúdos conceituais. Ou seja,

estamos lidando com uma teoria dotada de relativa simplicidade e, sob certos aspectos, despreziosa. No entanto, nosso questionamento é suficientemente respondido por Pelizzari *et al* 2002:

Segundo a teoria de Ausubel, na aprendizagem há três vantagens essenciais em relação à aprendizagem memorística. Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. E, em terceiro, uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte – a “reaprendizagem”, para dizer de outra maneira. A explicação dessas vantagens está nos processos específicos por meio dos quais se produz a aprendizagem significativa onde se implica, como um processo central, a interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o conteúdo de aprendizagem.

Levando a termo os argumentos acima, entendemos que a aprendizagem significativa é desejável no ensino de Física, uma vez que valoriza os progressos conceituais imediatos bem como a mobilização de recursos cognitivos para a recuperação de saberes e a construção de bases para futuras aprendizagens. Essa posição é reafirmada pelos mesmos autores, Pelizzari *et al* 2002, que acrescenta:

Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como sendo a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos. Além do mais, e de acordo com Ausubel, pode-se conseguir a

aprendizagem significativa tanto por meio da descoberta como por meio da repetição, já que essa dimensão não constitui uma distinção tão crucial como dimensão de aprendizagem significativa/aprendizagem repetitiva, do ponto de vista da explicação da aprendizagem escolar e do delineamento do ensino.

Conforme anteriormente descrito, as situações didáticas contemplaram a utilização da sala de aula invertida e do método PIE, devidamente adaptadas ao contexto de aplicação. A metodologia da sala de aula invertida preconiza a inversão do modelo de aula tradicional, assim entendido aquele na qual o professor expõe e discute os conteúdos (conceitos, exemplos, propriedades, etc) para, em seguida, indicar ao aluno a resolução de atividades de fixação e/ou aprofundamento para resolução individual. Em geral, tais atividades de fixação e/ou aprofundamento são realizadas sob forma de lição de casa. Não raro, os estudantes se mostram passivos e dispersos na primeira etapa e, por conseguinte, impotentes para dar conta da segunda. Essa situação acaba por ser sanada, ou mitigada, apenas quando o professor retoma os conceitos e indica os “caminhos” para a resolução das tarefas.

A cena descrita acima indica um ciclo de produção pedagógica pouco produtora, dada sua fragmentação. Deste modo, o modelo de sala de aula invertida sugere a reordenação do procedimento. Nela o estudante se encarrega, por meio dos diversos meios disponíveis, de embeber-se do conteúdo conceitual inicial ao passo que o professor, no ambiente de sala, orienta a resolução das

atividades de aprendizagem, esclarece dúvidas, bem como suscita discussões a respeito dos tópicos centrais do conteúdo. Vide que o protagonismo pela construção conceitual, nessa metodologia, é transferida do professor para o aluno já que todo o andamento subsequente se dará a partir do contato prévio do aluno com o objeto de conhecimento.

Ainda, nesse sentido, as tarefas doravante selecionadas para o ambiente escolar são aquelas que demandam uma postura mais ativa por parte do aluno, ou seja, aquelas nas quais a intervenção do professor ou a interação com os colegas mostra-se mais benéfica.

No que se refere ao método PIE, abreviatura para *predizer*, *interagir* e *explicar*, nesse mesmo *corpus* das metodologias ativas, consiste na estruturação de situações didáticas nas quais um fenômeno físico, oriundo de uma dada situação real ou hipotética, é analisado pelos alunos em distintos momentos de reflexão. No primeiro (*predizer*) os estudantes são convidados a prever o desfecho do fenômeno objeto de estudo, bem como registrar os argumentos que sustentam tal previsão. Já no segundo momento, eles devem *interagir* com o fenômeno/experimento, ou seja, operar de forma a (re) produzir o fato em suas nuances possíveis. Na última etapa (*explicar*) pede-se que os alunos confrontem os resultados obtidos na etapa *interagir* com aqueles por eles previstos na etapa *predizer*, considerando, ainda, os elementos teóricos que porventura eles possuam. Os fenômenos/experimentos deram-se como o esperado? Quais as leis físicas

envolvidas no processo? Quais os conceitos relacionados a esse experimento? Quais variáveis e grandezas físicas estão presentes? Quais os fatores internos/externos que modificaram o resultado final? Sob quais condições ter-se-ia um resultado diferente? Tais reflexões buscam articular as etapas do processo e dar sentido à temática esperada, sob o aspecto da construção do conhecimento.

Identificamos que tanto a metodologia da sala invertida quanto o método PIE são compatíveis com a perspectiva de uma aprendizagem significativa, uma vez que seus distintos momentos didáticos criam oportunidade para a realização das associações cognitivas imprescindíveis para tal categoria de aprendizagem. Assim, decidimos usar a ambas na atividade em questão.

Para o desenvolvimento dessa proposta, conforme já descrito, foram selecionadas duas turmas do 2º ano do ensino médio, sob nossa regência na disciplina de Física, das quais uma ligada a rede privada de ensino, contando com 26 alunos (doravante referida como turma “A”) e outra à rede pública, composta por 28 alunos (turma “B”). A faixa etária dos alunos é bastante similar.

Ambas as turmas tiveram contato com os conceitos iniciais da teoria ondulatória, tendo, portanto, as noções essenciais referentes aos elementos de onda (cristas, vales, comprimento e número de onda, frequência e período) bem como sua natureza (mecânica ou eletromagnética) e forma de propagação (uma, duas ou três dimensões). O tema escolhido

(ondas estacionárias e formação de harmônicos) é, então, continuidade da unidade temática em foco.

Para isso, foi solicitado aos alunos quando do desfecho da unidade anterior que, para o êxito nas atividades subsequentes, eles deveriam:

- Pesquisar no livro didático/apostila, biblioteca, internet ou quaisquer meios disponíveis, sobre os tópicos: Ondas estacionárias, harmônicos, Interferências construtivas e destrutivas;
- Assistir aos vídeos educacionais (de acesso público), hospedados na plataforma *Youtube*, “Comprimento de onda – como encontrar” e “Física – ondas: ondas estacionárias em uma corda”.
- Depois da concretização das etapas anteriores, eles deveriam responder a um formulário contendo três atividades para resolução individual, com vistas a identificar a construção de conhecimentos prévios/preliminares.

Na aula seguinte, admitindo-se que as atividades foram realizadas de acordo com as orientações, os questionários foram recolhidos. Nesta segunda etapa, as atividades do questionário foram comentadas e os estudantes

tiveram a oportunidade, em grupos de 4 ou 5 integrantes, de reproduzir a propagação de ondas estacionária e respectivos harmônicos, bem como identificá-los. No entanto, os alunos deveriam realizar tais atividades usando uma mola helicoidal longa (mola de snakey) e uma aparato eletromecânico gerador de ondas em uma corda de nylon. Coube a eles, em um primeiro contato, *predizer* se e, em que condições, as ondas seriam propagadas, bem como quais fatores implicariam no surgimento de uma quantidade maior de harmônicos.

No segundo momento, os estudantes puderam *interagir* com os aparatos de simulação, operá-los em diferentes condições e registrar o comportamento ondulatório em cada uma delas. Já no terceiro momento, incentivamos os alunos a comparar as observações reais com as expectativas, assim como comparar os resultados vivenciados com aqueles constantes nos materiais teóricos (idem aos vídeos) por eles previamente apreciados. Para fins de finalização das atividades, bem como produção de uma avaliação final, ofereceu-se à turma um novo questionário, agora composto por cinco atividades relacionadas aos conceitos vivenciados na atividade. Optou-se por aplicar um questionário diferente do primeiro, embora com atividades similares, para fins de evitar a sabotagem pelo efeito de repetição, bem como por crer que novas aprendizagem seriam concretizadas após a realização das atividades experimentais com as respectivas discussões

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos propomos a ponderar sobre os resultados da intervenção em três etapas distintas, sendo: 1) A verificação de conhecimentos prévios; 2) O desenvolvimento prático em sala de aula; 3) A verificação após a realização das atividades em sala de aula. Essa subdivisão permitiu uma melhor compreensão sobre as potencialidades e fragilidades das metodologias, em cada etapa da sequência didática bem como em função das especificidades de cada turma.

No que se refere à avaliação da atividade, as etapas 1 e 3 tiveram enfoque quantitativo e a 2 foi ponderada qualitativamente. No que se refere à verificação dos conhecimentos prévios, observou-se que a turma A desenvolveu um percentual de 53% de acertos ao passo que a B apenas 39%. Ambas turmas, nessa etapa tiveram um rendimento abaixo daquilo que cremos ser um indicador de corte razoável de 60%. No entanto, por se tratar de uma primeira experiência com a metodologia, entendemos que em razão da dinâmica mais competitiva adotada na rede privada, o desempenho da turma A foi relativamente superior à B.

Em relação à segunda etapa, aquela realizada em sala de aula, ambas as turmas mostraram-se curiosas e proativas, em especial na previsão dos resultados e condução dos experimentos. Naturalmente, aquelas que não realizaram adequadamente as atividades de responsabilidade doméstica encontraram dificuldade momentânea. Observamos que a

turma B mostrou maior interesse pela interação e explorou mais alternativas de investigação.

No desenvolvimento da etapa 3, ou seja, da interpretação do questionário após atividades experimentais, verificou-se que a turma A evoluiu para 83% ao passo que a B para 74%. Ou seja, a turma B teve um incremento de 35% enquanto que a turma A fez 30%. Nesse sentido, ficou caracterizada uma necessidade maior da intervenção em sala de aula por parte da turma B, dependência que é “compensada” por uma resposta maior a esse instituto.

Em quaisquer dos casos, o nível geral de apreensão dos conceitos foi satisfatória, ficando clara a necessidade de um tempo maior de adaptação para que os alunos, em especial aqueles da rede pública, se acostumem com a ideia de que a intervenção do professor é complementar, ou seja, um elemento contributivo a somar para a construção do saber e não o condutor soberano do processo. A inversão de papéis depende de adaptações por parte de todos os atores do processo educativo.

4. CONCLUSÃO

Compreendemos como atendidos os objetivos estabelecidos para este trabalho à medida que foi possível avaliar o potencial formativo da sala de aula invertida, bem como do método PIE, assim como estabelecer uma análise comparativa sobre a efetividade dos mesmos em distintas redes de ensino. As reflexões aqui estabelecidas serão de valor

quando do replanejamento de tais atividades, uma vez que novas iniciativas precisam ser implementadas para o aperfeiçoamento dessa prática. A familiarização com um ciclo de trabalho pedagógico no qual o aluno torne-se cada vez mais ativo e responsável leva tempo. Deste modo, os professores precisam reconhecer e respeitar esse período de transição.

Outro ponto a se destacar é o de que nem todos os conteúdos precisam ser trabalhados por meio de metodologias ativas, pode-se migrar gradativamente do modelo predominantemente tradicional para outros mais ativos, entendendo que a própria transição é um processo de aprendizado.

REFERÊNCIAS

DORNELES, P. F. T.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. **A integração entre atividades computacionais e experimentais: um estudo exploratório no ensino de circuitos CC e CA em Física Geral**. Anais do VI ENPEC. p. 354. Florianópolis, SC, 2007.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

PELIZZARI, Adriana *et al.* Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.