



## O RELATO DE UMA ATIVIDADE PARA O ENSINO DE BIOFÍSICA FUNDAMENTADA EM METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO

Report of activities for biophysics teaching based on active teaching methodologies

Guilherme Urias<sup>1</sup>

Luciana Aparecida Silva de Azeredo<sup>2</sup>

Alice Assis<sup>3</sup>

(Recebido em 17/10/2015; aceito em 14/01/2016)

**Resumo:** Neste artigo, apresentamos o relato de uma atividade de ensino fundamentada nas metodologias de ensino Blended Learning (BL) e Problem Based Learning (PBL). O objetivo da proposta pedagógica foi o de criar condições para o desenvolvimento das competências necessárias para a compreensão das interações entre o sistema auditivo e os conhecimentos da Física sonora. Para tanto, um texto foi elaborado, cujo conteúdo apresentou aos alunos uma situação problemática, em que um personagem havia perdido parte significativa da audição devido às condições insalubres do seu ambiente de trabalho. A partir da leitura do texto, os alunos realizaram debates, estudos individuais e pesquisas para que, a partir dos conhecimentos da Física, pudessem compreender detalhadamente a situação-problema apresentada. De acordo com as observações e registros realizados, destacamos a participação dos alunos durante os debates em sala de aula, uma das principais características das atividades pedagógicas pautadas em metodologias ativas. Sobre os aspectos relacionados à aprendizagem dos conteúdos, publicaremos o resultado das avaliações em trabalhos futuros devido aos limites que se impõem ao presente texto. No entanto, apresentamos resultados preliminares, em que 77% dos alunos alcançaram rendimento satisfatório.

**Palavras-chave:** Metodologias ativas; Blended Learning; Problem Based Learning; Ensino Superior; Biofísica.

**Abstract:** In this work, we present a report of a teaching activity based on Blended Learning (BL) and Problem Based Learning (PBL). This educational proposal aims to produce the conditions for developing the skills required to understand the interactions between the hearing system and the knowledge of sound physics. Therefore, we drew up and presented to the students a text containing a problem situation, in which a person had a significant hearing loss due to unsanitary conditions at his workplace. With the text as a start point, the students held debates, individual studies and research so that, they could understand the situation proposed in details, based on the knowledge of physics. According to the observations and records, we point out the student participation during the debates in class, one of the main characteristics of educational activities based on active methodologies. About the aspects concerning to the learning of physics contents, the results of the assessments will be published in future studies, due to the limits imposed this kind of publication. However, preliminary results present that 77% of students achieved satisfactory performance.

**Keywords:** Active methods; Blended Learning; Problem-based Learning; Higher education; Biophysics.

<sup>1</sup> Professor da Faculdade de Pindamonhangaba e Doutorando em Educação para a Ciência UNESP – BAURU, Brasil. E-mail: [prof.guilhermeurias.pinda@funvic.edu.br](mailto:prof.guilhermeurias.pinda@funvic.edu.br)

<sup>2</sup> Professora da Faculdade de Pindamonhangaba e da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC). Doutoranda em Educação pela Universidade São Francisco, Itatiba-SP, Brasil. E-mail: [luazeredo@gmail.com](mailto:luazeredo@gmail.com).

<sup>3</sup> Professora Doutora do departamento de Física da UNESP – Guaratinguetá. São Paulo, Brasil. E-mail: [alice@feg.unesp.br](mailto:alice@feg.unesp.br)

## Introdução

O novo perfil de aluno ingressante, o uso da tecnologia e a adoção de metodologias ativas nas aulas são temas recorrentes nas reuniões, congressos e artigos sobre o Ensino Superior. Diante desse panorama, surgem inúmeros questionamentos acerca de aspectos pedagógicos, mais especificamente sobre “como” apresentar os conteúdos de formas diferentes, motivadoras, significativas e relacionadas ao dia-a-dia desse “novo aluno”.

De certo, estamos em um momento de ruptura diante de alunos que estão interessados em experiências diferentes e que têm necessidades e desejos que nem sempre identificamos e/ou entendemos. Esses “novos” alunos chegam ao nível Superior, sobretudo à rede particular, com poucos conhecimentos prévios; sem disponibilidade de tempo para se dedicar aos estudos devido ao trabalho e, muitas vezes, à família. Muitos deles têm a convicção de que a obtenção do diploma universitário lhe garantiria, por si só, ascensão profissional.

Porém, um diploma não é mais garantia de empregabilidade, uma vez que o mercado de trabalho atual valoriza qualidades e habilidades como a criatividade, inovação, inteligência interpessoal, administração de conflitos, trabalho em equipe, entre outras, o que aponta para a necessidade de mudança no perfil dos profissionais que formamos. Em outras palavras, a formação de futuros profissionais deve ir além dos conhecimentos técnico e teórico. E “é nesse cenário de rápidas, amplas e profundas mudanças sociais e educacionais [...] que temos de pensar, enquanto docentes, o que estamos fazendo, seja com os outros, seja com cada um de nós mesmos” (VEIGA-NETO, 2006, p. 35).

Diante desse panorama, surgem inúmeros questionamentos acerca de aspectos pedagógicos, mais especificamente sobre “como” apresentar os conteúdos de formas diferentes, motivadoras, significativas e relacionadas com o dia-a-dia desse “novo aluno”. Dentre as metodologias ativas muito discutidas na atualidade, o Blended Learning (BL) e o Problem Based Learning (PBL) são alternativas interessantes ao método tradicional de ensino, podendo contribuir para resultados mais significativos do ponto de vista da motivação e da aprendizagem dos alunos.

Mediante o exposto, apresentamos neste trabalho o relato de uma experiência pedagógica baseada nos aspectos metodológicos do BL e do PBL nas aulas de Biofísica do curso de Farmácia de uma faculdade privada. O objetivo da proposta pedagógica foi o de criar condições para o desenvolvimento das competências necessárias para a compreensão das interações entre o sistema auditivo e os conhecimentos da Física. Para tanto, a estratégia de ensino foi desenvolvida com a finalidade de permitir aos alunos a interpretação de experimentos, físicos e virtuais, para explicar os fenômenos da ondulatória e da acústica que, mais tarde, poderiam ser associados aos processos funcionais do sistema auditivo.

Vale mencionar que confiamos na singularidade dos alunos, das salas, das instituições, dos professores e de outros fatores envolvidos no processo educativo e, portanto, não temos a intenção de apresentar “receitas prontas” para serem reproduzidas em outros contextos, mas sim problematizar questões atuais do campo educacional. Afinal,

formação de professores, nas palavras de Hardt (2006, p.7), “não significa dar um mesmo formato a sujeitos distintos, mas significa sensibilizar cada um a assumir sua própria possibilidade”. Em outras palavras, cabe a cada docente refletir sobre sua própria prática constantemente, “compreendendo-se em permanente transformação e em construção [...] buscando alternativas mais honestas às dificuldades pedagógicas em nossos contextos de trabalho” (HARDT, 2006 p. 8).

### **Referencial teórico**

O Blended Learning (BL) foi criado a partir da necessidade do mundo corporativo de oferecer cursos em que os trabalhadores pudessem estudar, de forma contínua, tanto no próprio local de trabalho quanto em suas casas. Esse método é utilizado há mais de 20 anos, e foi sendo modificado ao longo desse período (SHARMA, 2010).

Quando aplicado à Educação, destacam-se os seguintes aspectos metodológicos do BL (SHARMA, 2010): (1) a integração do ensino presencial intercalado com abordagens em ambientes virtuais acessados por meio da internet; (2) a combinação de ferramentas e mídias eletrônicas que possibilitem o estudo por meio do acesso ao ambiente virtual; e (3) a combinação de uma série de abordagens pedagógicas, independentemente da tecnologia usada para o desenvolvimento da aprendizagem.

Já o Problem Based Learning (PBL) foi criado em 1969, na McMaster University, situada em Ontário, Canadá. Esse processo de ensino tem como principais aspectos metodológicos o estudo colaborativo entre os alunos, sempre orientados pelo professor em seções, ou aulas, limitadas a duas por semana e o incentivo ao auto aprendizado por meio de problemas, elaborados pelos seus professores (SCHMIDT et al., 2009).

### **Procedimentos Metodológicos**

A primeira etapa do processo de criação da atividade de ensino foi a escolha do tema da Física que seria compartilhado em sala de aula. A partir da ementa da disciplina de Biofísica, foram selecionados os seguintes temas: ondulatória e acústica.

Para contextualizar os referidos temas, consideramos as orientações de Larmer e Mergendoller (2010), cujo trabalho evidencia que todo projeto pedagógico que utilize metodologias ativas, para ser significativo, deve cumprir dois critérios essenciais. Primeiramente, segundo os autores, os temas devem envolver os alunos, despertando nos educandos a vontade de desenvolver o projeto até o fim. Em segundo lugar, o projeto deve ter uma finalidade educacional clara, facilmente percebida pelos aprendizes.

Nessa perspectiva, consideramos que no dia 03 de março do presente ano, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou um relatório cuja estimativa demonstrou que 50% dos jovens de 12 a 35 anos do mundo inteiro estão expostos a riscos pelo uso excessivo de tocadores de mp3 e smartphones, e 40% pelos níveis de ruído prejudiciais de discotecas e bares. Em vista disso, entendemos que ao criar essa atividade de ensino, articulando os referidos temas da Física com o sistema auditivo a partir de uma situação problema que envolve a surdez, estaríamos cumprindo os dois critérios enunciados por Larmer e Mergendoller (2010), potencializando a atividade de ensino do ponto de vista educativo.

Para tanto, elaboramos um texto em que um personagem apresenta sintomas que evidenciam a perda da audição com o intuito de introduzir os temas ondulatória e acústica. Nesse texto, Maurício é o protagonista e a esposa, Helena, foi quem começou a notar uma mudança no comportamento do companheiro, e tudo indicava uma possível diminuição da capacidade auditiva. Em síntese, Helena percebeu que Maurício passou a aumentar demasiadamente o volume da televisão, deixou de ouvir o canto dos pássaros e deixou de participar das reuniões com os amigos, alegando que não conseguia entender o que eles diziam, atribuindo a culpa ao ambiente barulhento. Ao perceber que o esposo poderia estar perdendo a audição, Helena levou-o ao médico e o quadro foi confirmado por meio de um exame de audiometria. Maurício tinha perdido grande parte da capacidade auditiva por não proteger os ouvidos durante o exercício da sua profissão ao longo dos anos e precisaria utilizar um aparelho auditivo.

A leitura do texto foi conduzida de acordo com o método do PBL, em que os grupos de alunos só podem seguir para a próxima página quando o assunto estiver esgotado, ou seja, quando não houver mais sugestão de hipóteses para a solução da situação problemática apresentada. Cada página do texto foi projetada utilizando-se o Datashow.

O papel do professor foi o de conduzir de maneira apropriada os debates gerados ao longo da leitura do texto, sem interferir no raciocínio dos alunos. O docente auxiliou os educandos no processo de identificação dos temas da Física presentes nas situações apresentadas. Tais temas deveriam ser destacados pelo professor no quadro branco e apresentado aos alunos como temas de estudo individual. Após o encerramento de cada aula, o educador se responsabilizou por alimentar o ambiente virtual da disciplina com textos, artigos, livros, vídeos e animações virtuais, com o intuito de fornecer aos alunos o material necessário aos estudos individuais. Em cada uma das bancadas, foi disponibilizada uma mola para a realização de possíveis atividades experimentais. Também foi disponibilizado no ambiente uma rede *wi-fi* para que os alunos pudessem acessar a internet por meio de computadores, *tablets* e *smartphones*.

A estratégia de ensino foi idealizada de tal maneira que o professor pudesse conduzir os debates utilizando recursos pedagógicos como vídeos, experimentos simples com a mola, animações virtuais, entre outros, sempre que necessário, incentivando a participação ativa dos alunos. Esses recursos foram essenciais para que os aprendizes criassem situações didáticas que facilitariam a compreensão dos conteúdos gerados a partir dos respectivos estudos individuais. Com isso, eles associaram de maneira satisfatória os referidos conteúdos da Física aos processos funcionais do sistema auditivo, contando sempre com a orientação do professor, que atuou como facilitador nesse processo.

Finalizada a sistematização da estratégia de ensino norteadora da atividade pedagógica, partimos para a estruturação do mecanismo de avaliação dos alunos e, também, da própria atividade, uma parte crucial de todo o processo, pois a avaliação é o instrumento que orienta a aprendizagem no sentido dos objetivos educacionais propostos.

Vale ressaltar que elencamos dois objetivos educacionais para essa atividade educativa, baseados nos objetivos centrais de atividades pedagógicas pautadas em

metodologias ativas. O primeiro está relacionado ao conhecimento específico da disciplina, neste caso, a Biofísica. O segundo se relaciona com o próprio processo, em que são potencializadas as habilidades de solução de problemas, liderança, comunicação, comprometimento, entre outras (ABDALLA; GAFFAR, 2011).

Com efeito, nos empenhamos para criar um método de avaliação que valorizasse os dois objetivos educacionais acima expostos. As atividades pedagógicas pautadas nas metodologias do BL e do PBL enfatizam que as avaliações deveriam continuar o processo de aprendizagem, e não serem vistas como atividades desconectadas. Nesse sentido, a avaliação deve estar integrada ao processo de aprendizagem como um elemento de incentivo e motivação, considerando fatores objetivos, diretamente relacionados à aprendizagem dos conteúdos compartilhados em sala de aula, além dos fatores subjetivos, que não podem ser medidos em provas, testes e trabalhos, como postura, comprometimento, pontualidade, entre outros.

Para tanto, desenvolvemos um sistema com escalas para avaliar, tanto o conhecimento específico da disciplina, como atributos subjetivos, como a pontualidade, a participação durante os debates, o envolvimento com o grupo e com a pesquisa, além do comportamento. Para avaliar o processo como um todo, criamos um questionário utilizando a ferramentas online, em que os alunos puderam avaliar quais eram os pontos fortes e fracos da atividade de ensino.

Devido aos limites que se impõem ao presente texto, publicaremos o resultado das avaliações em trabalhos futuros. Portanto, apresentaremos neste artigo os procedimentos metodológicos utilizados para a criação da atividade pedagógica e o relato das impressões sobre a respectiva aplicação nas aulas de Biofísica.

A atividade de ensino foi pensada e estruturada para ser aplicada nas duas turmas, matutino e noturno, do primeiro semestre (2015) do curso de Farmácia. Os registros foram realizados pelo professor após o encerramento das aulas. A cada semana, o professor dispunha de duas aulas sequenciais, de 50 minutos cada. Na sequência será relatada a aplicação da atividade de ensino na turma do período matutino, que continha 22 alunos.

### ***Relato das aulas***

No primeiro encontro, o professor apresentou aos alunos a nova proposta, que seria introduzida nas aulas de Biofísica. Rapidamente, o docente apresentou os aspectos teóricos das metodologias ativas, destacando as possíveis vantagens sobre o método tradicional. O educador salientou que no sistema virtual da faculdade encontrava-se disponível um ambiente virtual da disciplina, que continha uma apresentação mais detalhada da metodologia que seria utilizada naquele semestre. Depois da explanação, o professor convidou os alunos a compartilharem as expectativas sobre a nova proposta, incentivando comparações com o método tradicional de ensino.

Ainda no primeiro dia de aula, o professor apresentou aos alunos as regras básicas para o desenvolvimento de atividades que exigem grande participação dos alunos. O docente explicou que o caso, que apresentaria o episódio em que Maurício aparentemente estaria perdendo a audição, seria apresentado em slides, e que cada

um dos alunos poderia apresentar hipóteses para o esclarecimento e aprofundamento da situação apresentada. Segundo o professor, os educandos deveriam realizar registros individuais para serem utilizados durante os debates posteriores. As hipóteses levantadas pelos os alunos seriam registradas na lousa para, mais tarde, serem debatidas e, dependendo dos argumentos dos aprendizes, aceitas ou refutadas. Caberia ao professor conduzir esse debate com o objetivo de manter as discussões sobre os temas da disciplina, além de sistematizar os conteúdos para garantir que o conteúdo programático fosse cumprido. Caberia também ao docente, alimentar o ambiente virtual da disciplina com os temas teóricos elencados ao longo das aulas para que os alunos pudessem estudar ao longo da semana. A apresentação das regras de condução marcou o encerramento das duas primeiras aulas.

No início da terceira aula, o professor apresentou as regras de boa conduta, convidando os alunos a opinarem sobre cada uma delas. A primeira regra estabeleceu o horário de início das atividades. Alunos e professor concluíram que seria adequado iniciar as aulas dez minutos após o horário oficial. Na sequência, alunos e professor consentiram que os celulares deveriam permanecer desligados durante os debates e todas as hipóteses e opiniões deveriam ser respeitadas. Também ficou acordado que todos deveriam permanecer em silêncio quando alguém estivesse fazendo o uso da palavra e, caso houvesse divergência de opiniões, as diferenças dos pontos de vista deveriam ser debatidas para evitar discussões desnecessárias. Por fim, o professor ressaltou a importância de se respeitar os diferentes pontos de vista existentes nos grupos quando questões culturais, éticas e morais surgissem nos debates. Os alunos concordaram com o professor e se comprometeram a ouvir com atenção os protagonistas de tais pontos de vista.

Finalizadas as regras de boa conduta, na quarta aula, o professor pôde iniciar a apresentação do caso a ser estudado. Cada um dos alunos recebeu um texto. O docente destacou que as páginas só poderiam ser viradas quando se esgotassem as alternativas de hipóteses, essenciais para a compreensão da situação apresentada. Utilizando o projetor, o professor apresentou o primeiro slide, correspondente à primeira página do texto, e realizou a leitura. No momento seguinte, o docente encorajou os aprendizes a iniciarem o debate e compartilharem as respectivas impressões da situação apresentada. Alguns alunos começaram a sugerir hipóteses na tentativa de encontrar o motivo pelo qual Maurício começou a perder a audição. Nesse momento, assim como em todo o debate, o professor tomou o devido cuidado para não interferir demais na discussão gerada, procurando potencializar a análise crítica sobre o assunto, além de contribuir para o progresso da discussão.

Os alunos levantaram as seguintes hipóteses para o problema de audição de Maurício: falta de higiene, idade, exposição a ruídos no trabalho, hábitos inadequados, enfermidade, fatores genéticos, possível acidente, stress e medicação inadequada. Depois de esgotado o debate sobre as possíveis causas do problema do personagem, o professor deu sequência à análise do caso.

A partir da leitura do segundo slide, os alunos puderam eliminar algumas das hipóteses enunciadas anteriormente, pois foi revelada a profissão do personagem, além de alguns fatos do seu dia a dia que fortaleceram a hipótese de que Maurício estava mesmo

perdendo a audição. Os alunos começaram a suspeitar que Maurício não tomou os devidos cuidados ao longo de sua vida profissional e, por isso, estava ficando surdo. Ao longo do debate em sala de aula, os alunos chegaram à conclusão de que apenas a exposição a ruídos no trabalho e hábitos inadequados poderiam ser as possíveis causas da surdez de Maurício. No entanto, um grupo de alunos preferiu manter a hipótese do stress, visto que o segundo slide forneceu alguns indícios de que o personagem poderia estar estressado devido a mudanças em sua rotina.

O terceiro slide revelou que Maurício tinha os ouvidos obstruídos, despontando a falta de higiene do personagem. No entanto, os alunos não retomaram a hipótese da falta de limpeza do ouvido, pois, segundo as informações contidas no texto, o médico realizou a lavagem dos canais auditivos do personagem e mesmo assim o exame de audiometria evidenciou que Maurício tinha sérias dificuldades para ouvir em um determinado intervalo de frequências sonoras. A partir do diagnóstico do médico, os alunos concluíram que Maurício perdeu parte da audição devido à exposição contínua a ruídos extremos em seu ambiente de trabalho.

Ao longo do debate, alguns temas de estudos foram enunciados pelos alunos com o auxílio do professor. Tais temas precisariam ser estudados para que os aprendizes compreendessem perfeitamente o problema de Maurício. Os temas elencados foram o som, a propagação do som, a anatomia do ouvido humano, a frequência do som, o teste de audiometria e o nível de audição. A definição dos temas marcou o encerramento da quarta aula. O professor se comprometeu a alimentar o ambiente virtual da disciplina com materiais sobre os temas elencados ao longo do debate. Da mesma maneira, os aprendizes se comprometeram a realizar o estudo dos referidos conteúdos para que, na próxima aula, a discussão pudesse ser mais proveitosa.

Na semana seguinte, o professor abriu o espaço para os alunos apresentarem as interpretações dos temas elencados para estudo na aula anterior. Os alunos poderiam utilizar a lousa e o *Datashow* nesse momento. Uma aluna se prontificou a apresentar a definição de som para o restante da turma, dando início à quinta aula. Posicionada à frente da sala, ela destacou que o som é uma onda mecânica, ou seja, uma onda que depende de um meio material para se propagar, cujo sentido de vibração é longitudinal.

Rapidamente, outros alunos se manifestaram, destacando que as definições por eles encontradas estavam de acordo com a que foi apresentada pela aluna. No entanto, um dos alunos apresentou uma dúvida relacionada ao aspecto longitudinal da onda do som, alegando falta de compreensão. O professor, então, pediu para que alguém se prontificasse a esclarecer a dúvida do colega. Uma aluna fez alusão a um vídeo que foi postado pelo professor no ambiente virtual da disciplina, cuja animação evidencia a onda longitudinal por meio da vibração de uma mola. Para enriquecer o momento, o professor chamou o aluno que estava com a dúvida e a aluna que ofereceu ajuda, deu a eles uma mola e pediu para que tentassem reproduzir a vibração ilustrada no referido vídeo. Utilizando a bancada do laboratório de Física, e contando com a ajuda de outros alunos, os dois conseguiram gerar uma onda longitudinal e toda a turma pôde observar o fenômeno.

Naturalmente, outros alunos começaram a se manifestar, trazendo para a discussão os conteúdos que haviam estudado e que estavam sendo ilustrados pela demonstração realizada com a mola. Um aluno perguntou se era possível demonstrar uma onda transversal. O professor perguntou se havia algum interessado em realizar a demonstração. Um aluno se levantou e, com a ajuda do professor, evidenciou uma onda transversal na mola. Novamente, vários alunos fizeram comentários da situação apresentada. Percebemos que, em sua maioria, os respectivos comentários faziam alusão aos temas que haviam sido estudados pelos alunos.

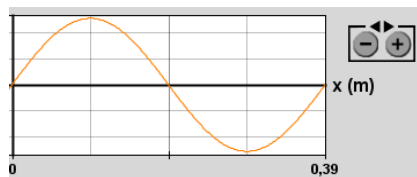
Para sistematizar os aspectos teóricos das ondas mecânicas, o professor retomou a discussão sobre o som, que era o objeto de estudo daquela aula. Solicitou que cada um dos grupos de alunos elencassem as principais características das ondas sonoras, de acordo com os registros realizados ao longo do estudo individual dos respectivos integrantes. A partir das colocações dos alunos, o professor foi registrando os conteúdos elencados na lousa, tomando o devido cuidado para que nenhum detalhe importante a respeito do referido tema passasse despercebido. Um dos grupos projetou imagens dos gráficos matemáticos das ondas, destacando seus principais atributos: frequência da onda, comprimento da onda, período e amplitude. Esgotadas as contribuições dos grupos, o professor sugeriu que os alunos verificassem se os temas destacados no quadro já haviam sido contemplados pelas pesquisas individuais.

Para encerrar a aula, o professor solicitou que os alunos realizassem uma atividade prática no ambiente virtual. Na referida atividade, os alunos deveriam refletir sobre os conceitos compartilhados em sala de aula, interagindo com um software do grupo PHET (Fourier: criando ondas). Todos os aprendizes deveriam registrar as impressões e/ou dúvidas para serem compartilhadas na próxima aula.

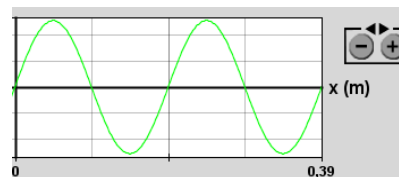
Na semana seguinte, o professor iniciou a sexta aula solicitando aos alunos que compartilhassem com a turma o resultado dos registros realizados durante os estudos extraclasse. Dois educandos compartilharam o resultado dos estudos realizados, destacando pontos específicos do gráfico de uma onda (crista, vale e pontos que determinam o comprimento da onda). Ademais, uma aluna compartilhou suas impressões acerca do experimento virtual. Ela identificou os pontos enunciados pelos dois educandos anteriormente, mas apresentou dificuldade para determinar a frequência do som a partir do gráfico. No entanto, a aluna demonstrou ter compreendido que a frequência corresponde à altura do som.

Para que os alunos pudessem realizar simulações no software “Criando ondas”, do grupo PHET, o professor disponibilizou o Datashow e o computador do laboratório de Física e orientou os educandos a verificarem as diferenças dos sons característicos das ondas representadas nas figuras 1 e 2. Os alunos fizeram as observações e registraram as impressões em seus cadernos.





**Figura 1:** Primeira demonstração sonora



**Figura 2:** Segunda demonstração sonora

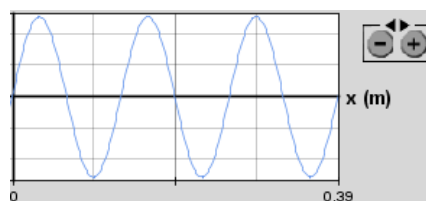
Ao perceber que todos já haviam feito seus registros, o professor convidou a aluna que havia apresentado a definição de frequência para compartilhar suas impressões com a turma. Ela destacou que o som da segunda onda era mais agudo e que o número de ondas era maior no segundo gráfico. Na sequência, outros alunos se manifestaram, corroborando com as impressões da colega de classe.

Com o intuito de esclarecer os detalhes teóricos do tema, o professor solicitou aos alunos que verificassem o valor do comprimento de onda em ambas as situações. De imediato, um aluno se manifestou, declarando que o comprimento de onda era o mesmo nas duas situações, e também que media 0,39 metros. Aproveitando a resposta do estudante, o professor sugeriu aos alunos que fizessem uma experiência utilizando as molas disponibilizadas sobre as bancadas. Um dos alunos deveria segurar uma das extremidades da mola enquanto o outro realizava algumas vibrações, na outra extremidade, com a mão. O professor demonstrou a situação com a ajuda de um aluno, enfatizando que nem ele nem o aprendiz poderiam se deslocar, mantendo constante a distância entre eles. Os educandos deveriam se esforçar para gerar ondas com características semelhantes às apresentadas nos gráficos das figuras 1 e 2 e registrar as impressões acerca do comprimento de onda gerado dentro do espaço limitado pelo comprimento da mola.

Após a atividade, o professor solicitou aos alunos que interpretassem as observações utilizando a definição de comprimento de onda que haviam registrado ao longo dos estudos individuais. Uma aluna se dispôs a ler a referida definição, ressaltando que o comprimento de onda é a distância entre uma crista e a outra adjacente. A partir da definição da aluna, o professor pediu para que os alunos contassem o número de comprimentos de onda nas duas situações sonoras apresentadas anteriormente. Instantes depois, alguns alunos começaram a se manifestar, ressaltando que os comprimentos de onda nas referidas situações eram diferentes, já que, na primeira, havia um comprimento de onda em 0,39 metro e, na segunda situação, dois comprimentos de onda no mesmo 0,39 metro.

Para enriquecer o momento, o professor sugeriu aos alunos que relacionassem os registros das observações da atividade prática realizada com as molas com os gráficos das ondas sonoras. Uma aluna destacou que a distância entre as duas pessoas que estavam realizando a atividade não havia mudado, mas, sim, o número de comprimentos de onda. A partir da colocação da aluna, o professor projetou na tela uma terceira onda sonora e pediu para que os alunos registrassem as impressões

relacionadas com o número de comprimentos de onda e o respectivo som. A figura 3 representa o gráfico da última onda sonora.



**Figura 3:** Terceira demonstração sonora

Passados alguns minutos, o professor solicitou que os alunos compartilhassem suas impressões. Um aluno prontamente destacou que o som da terceira onda era ainda mais agudo e que havia três comprimentos de onda registrados no gráfico. O professor corroborou a resposta do aluno, destacando que havia uma relação entre o comprimento de onda e a frequência do som. Os educandos deveriam realizar pesquisas para vincular a referida relação com as equações matemáticas registradas ao longo das pesquisas. Vários alunos apontaram que a expressão  $v = \lambda \cdot f$ , em que  $v$  é a velocidade do som,  $\lambda$  é o comprimento de onda e  $f$  a frequência do som, poderia ser utilizada para explicar as relações observadas ao longo da aula.

Para concluir, o professor registrou mais alguns temas para pesquisa, sendo eles a velocidade do som em diferentes materiais e a relação de proporcionalidade entre comprimento de onda e frequência quando a velocidade do som for constante. O intervalo de tempo restante ao término da aula foi destinado à pesquisa. Os alunos puderam utilizar livros, computadores e celulares para realizar pesquisas sobre os novos temas de estudo.

No início da oitava aula, o professor pediu para que um dos alunos apresentasse o resultado dos estudos realizados na semana anterior. Um dos alunos se dirigiu à lousa e destacou que frequência e comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais, além de registrar no quadro branco o valor da velocidade do som em alguns materiais.

A partir dos registros apontados pelo aluno, iniciou-se um debate interessante em sala de aula. Alguns aprendizes começaram a consultar as anotações realizadas ao longo dos estudos individuais, procurando explicar o porquê dos diferentes valores da velocidade do som em diferentes meios de propagação. Uma aluna esclareceu para a turma que quanto mais próximos os átomos que compõem o meio em que o som vai se propagar, maior será o valor da sua velocidade, tendo em vista que a rapidez da transmissão da informação de átomo para átomo será maior. O debate foi bastante produtivo e contou com a participação da maioria dos alunos ao longo das duas aulas.

O professor pouco interferiu no debate, atuando como mediador e incentivador da discussão. Ao constatar que o tema já havia se esgotado, o educador procurou despertar a atenção dos alunos para que refletissem sobre a maneira como o ser humano percebe o som. O docente solicitou aos alunos que compartilhassem as impressões das aulas de anatomia, quando tiveram a oportunidade de entrar em

contato com órgãos que compõem o sistema auditivo. A partir das considerações dos alunos, o professor definiu o tema que deveria ser estudado para a semana seguinte, que seria a anatomia do ouvido humano. Além disso, uma lista de exercícios seria disponibilizada no ambiente virtual da disciplina. Essa lista deveria ser resolvida por todos os alunos e as eventuais dúvidas seriam esclarecidas em momento oportuno. Novamente, o educador alimentou o ambiente virtual com textos e resumos teóricos sobre os novos temas de estudo.

No início da décima aula, um aluno se prontificou a apresentar o resultado dos seus estudos, lendo suas anotações sobre a anatomia do ouvido humano. O aprendiz destacou as partes e uma aluna fez referência ao vídeo postado pelo professor, em que foi apresentado o funcionamento de cada parte do sistema auditivo com riqueza de detalhes. O professor incentivou o debate sobre o assunto, solicitando que cada grupo de alunos compartilhassem as impressões iniciais dos princípios físicos correspondentes ao ouvido externo, médio e interno, respectivamente.

Ao longo do debate, um aluno se prontificou a projetar na tela branca, com auxílio do Datashow, o resultado das suas pesquisas sobre o tema, destacando que o ouvido poderia ser comparado a um tubo sonoro com uma extremidade aberta, e o som percebido pelos humanos seria fruto das vibrações da coluna de ar presente no canal auditivo do ouvido externo. A colocação do educando foi proveitosa, pois gerou um debate interessante na sala de aula. O professor sugeriu que os alunos verificassem a maneira pela qual se estabelecem as frequências em um tubo com uma extremidade aberta. Vários aprendizes já haviam realizado pesquisas e tinham em seus cadernos algumas anotações. Outros estavam de posse do livro de física, que continha o referido assunto em seu conteúdo. O professor orientou-os a tentar estabelecer a relação entre o comprimento de onda, a frequência e o comprimento do tubo.

Os alunos começaram a interagir entre si, desenvolvendo as relações matemáticas que envolviam essas três grandezas. Um grupo de alunos encontrou as referidas relações em um livro de física, e consultaram o professor para que as dúvidas pudessem ser esclarecidas. O docente pediu para que os alunos comparassem os gráficos apresentados no livro com aqueles que foram exibidos durante as demonstrações sonoras, registrando as respectivas diferenças entre eles. O intuito do professor era levar os alunos a verificarem que na extremidade aberta do tubo não se formam nós, e esse é um fator essencial para determinar a relação entre comprimento de onda, frequência e comprimento do tubo. O educador deixou os alunos à vontade para desenvolverem as relações matemáticas.

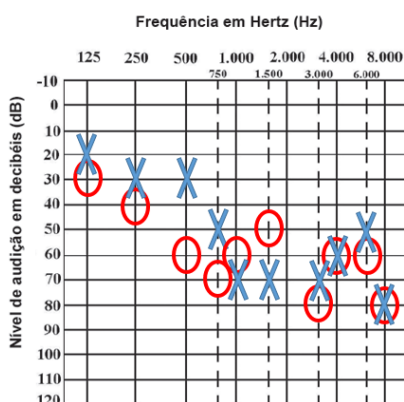
Alguns grupos conseguiram encontrar as relações matemáticas entre os termos enunciados anteriormente. Um aluno dirigiu-se à lousa e apresentou o resultado encontrado, mostrando à turma as equações  $f_n = \frac{n \cdot v}{4 \cdot L}$  e  $\lambda_n = \frac{4 \cdot L}{n}$ , evidenciando a relação entre a frequência e o comprimento do tubo sonoro, além da relação entre o comprimento de onda e o comprimento do tubo sonoro.

Para terminar a décima primeira aula, o professor incentivou o debate para que os alunos compreendessem as relações entre as variáveis das equações apresentadas.

Destacou ainda que uma segunda lista de exercícios seria disponibilizada no ambiente virtual da disciplina. Na semana seguinte, seria realizado um plantão de dúvidas sobre as referidas listas. Em duas semanas, o grupo retomaria o caso de Maurício para levar em consideração alguns conceitos que ainda não haviam sido explorados ao longo dos debates.

Na semana seguinte, os alunos compartilharam as dúvidas com o professor, que circulou entre as bancadas para esclarecer os conceitos que alguns alunos ainda não haviam compreendido. O docente também auxiliou os aprendizes na resolução dos problemas relacionados aos temas estudados. Essa atividade foi desenvolvida ao longo das duas aulas. No fim do período, o professor registrou em seu caderno de pesquisa, quais eram os alunos que estavam com maiores dificuldades. Dessa maneira, poderia dedicar maior atenção a esses educandos com o objetivo de elevar o seu nível de compreensão dos temas até então estudados.

Nas duas aulas seguintes, décima quarta e décima quinta, foi realizado a sistematização dos conteúdos, com o objetivo de explorar os conceitos que ainda não haviam sido enunciados ao longo das aulas. O professor destacou o exame de audiometria realizado pelo personagem. Uma aluna rapidamente se manifestou, dizendo que encontrou no sistema virtual da disciplina um manual de fonoaudiologia que explicava detalhadamente como é realizado o diagnóstico a partir do resultado do referido exame. Aproveitando a inserção da aluna, o professor projetou o exame e solicitou auxílio dos alunos para interpretá-lo. A figura 4 ilustra o exame realizado por Maurício.



**Figura 4:** Resultado da audiometria realizada por Maurício<sup>4</sup>

Com o auxílio do manual de fonoaudiologia, um aluno destacou que o grau da perda auditiva é determinado pela média aritmética dos limiares tonais destacados no exame de audiometria, ou seja, a média dos registros dos níveis de audição em cada uma das orelhas. Esses registros estão evidenciados no eixo vertical do gráfico da figura 4. Na sequência, o professor sugeriu aos alunos que observassem o gráfico e registrassem

<sup>4</sup> Vale esclarecer que o símbolo vermelho (O) denota os registros da orelha direita e o símbolo azul (X) denota os registros da orelha esquerda.

em seus respectivos cadernos as primeiras impressões acerca do exame realizado por Maurício, procurando reconhecer as grandezas físicas envolvidas. Os grupos deveriam debater as impressões antes de realizarem os registros sobre as frequências e os níveis de audição. Ao perceber que todos os grupos haviam encerrado o debate, o professor abriu a palavra e uma aluna se prontificou a ler as impressões do seu grupo. Ela inferiu que o personagem tinha dificuldade para ouvir frequências altas, e sua inserção foi prontamente corroborada por outros alunos.

Apesar de boa parte da turma ter conseguido interpretar o gráfico, o professor percebeu que alguns alunos ainda não estavam conseguindo retirar as informações necessárias da figura. Sendo assim, o docente solicitou que outro grupo apresentasse as respectivas impressões. Um aluno destacou que o nível de audição se relaciona com a intensidade do som, e quanto maior o nível de audição, maior a dificuldade do paciente em ouvir determinada frequência. Na sequência, o professor se dirigiu às bancadas dos alunos que apresentaram dificuldades de interpretação e auxiliou-os a identificar no gráfico da audiometria, as frequências que Maurício mais tinha dificuldades para ouvir. A partir dessa intervenção, foi possível perceber que os aprendizes passaram a retirar as informações do gráfico de forma adequada.

Dando continuidade, o professor orientou aos alunos que calculassem a média aritmética dos limiares tonais de cada um dos ouvidos e verificassem o grau da perda auditiva de Maurício<sup>5</sup>. Passados alguns minutos, um aluno apresentou seu resultado, destacando que a média do ouvido esquerdo era de 53 dB e a do ouvido direito era de 59 dB caracterizando o seu caso, segundo a tabela oferecida no manual de fonoaudiologia, como perda auditiva de grau moderadamente severo. Segundo o manual, pacientes com essa classificação falam alto, com voz intensa e apresentam dificuldades para conversação em grupo. Rapidamente os alunos constataram que Maurício apresentava esses sintomas, verificando que o diagnóstico oferecido pelo médico estava de acordo com o resultado do exame de audiometria.

Para encerrar o tema, o professor incentivou o debate sobre o papel social da audição. O docente havia colocado vídeos sobre esse tema no ambiente virtual da disciplina, evidenciando casos de surdos que começaram a ouvir devido ao avanço da tecnologia e a importância da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS). Uma aluna apresentou suas considerações sobre a importância do ouvir, destacando que a sociedade ainda não acolhe os surdos da maneira como deveria. Outra aluna apresentou um argumento parecido, mas alertou que aos poucos os deficientes têm sido incluídos na sociedade de forma satisfatória, salientando que toda mudança é lenta e gradual.

Também foi colocada em pauta a necessidade de se cuidar da audição, tendo em vista que muitos dos alunos utilizam fones de ouvido para escutar músicas em seus *smartphones*, além de eventualmente ficarem expostos a ruídos excessivos. Grande parte dos alunos participou do debate, em que temas importantes foram enunciados, como a importância dos equipamentos de proteção individual (EPIs), de se cuidar da

---

<sup>5</sup> Ou seja, a média aritmética dos níveis de audição registrados em cada uma das orelhas.

saúde do sistema auditivo criando-se o hábito de não se expor a ruídos demasiadamente intensos, entre outros. A discussão foi interessante e só se encerrou porque o tempo havia se esgotado. O professor pediu para que os alunos acessassem o ambiente virtual para estudarem os conceitos que foram compartilhados ao longo da atividade educativa para a realização da avaliação na semana seguinte.

Na décima sexta aula, o professor entregou as avaliações para os alunos. Nesse dia, os educandos também deveriam realizar a avaliação da atividade educativa do primeiro bimestre. Para tanto, deveriam acessar o ambiente virtual da disciplina após terminarem a prova conceitual e responderem ao questionário que foi disponibilizado pelo professor. Na semana seguinte, o professor levou os alunos para o local reservado a orientações individuais e entregou o resultado da avaliação bimestral aos alunos. O professor conversou com cada um dos educandos, procurando ressaltar os aspectos positivos e negativos relacionados aos critérios de avaliação instituídos durante o planejamento da proposta pedagógica. A divulgação do resultado das avaliações marcou o encerramento da atividade pedagógica. Na sequência, foi realizada uma breve discussão dos resultados obtidos na referida atividade de ensino de Biofísica.

### **Discussão**

No presente artigo, apresentamos o relato da aplicação de uma proposta de ensino de Física que procurou utilizar os aspectos metodológicos do Blended Learning (BL) e do Problem Based Learning (PBL) para o desenvolvimento de uma estratégia de ensino para abordar os conteúdos relacionados à Física Sonora.

Em uma primeira análise, destacamos que a atividade pedagógica viabilizou uma grande participação dos alunos durante os debates em sala de aula. Essa é uma característica das atividades de ensino pautadas em metodologias ativas, cujo objetivo principal é a participação ativa do aluno, que atua como protagonista na busca dos seus próprios conhecimentos.

No entanto, alguns alunos, por serem mais inibidos, demoraram um pouco mais para se soltarem. O professor procurou ser cuidadoso com esses aprendizes para não os forçar a participar e, ao mesmo tempo, não permitir que ficassem fora dos debates. Depois de identificar esses estudantes, o docente, sempre que possível, procurou introduzi-los, de maneira sutil, nas discussões.

Com efeito, o envolvimento dos educandos com o estudo individual e a pesquisa também merece destaque. Por meio do monitoramento eletrônico disponível no ambiente virtual, o professor pôde verificar que todos os alunos acessaram pelo menos uma vez o sistema, e a média de permanência dos estudantes para realizarem os estudos, ao longo do período em que a atividade foi desenvolvida, foi de 2,4 horas por aluno. Além disso, a qualidade das discussões, com riqueza de detalhes e diversificação dos conteúdos, superou as expectativas do educador.

Ademais, foi possível perceber que a integração entre o ensino presencial e à distância, combinados com as ferramentas para experimentação virtual, envolvidos por um processo pedagógico que estimula a pesquisa, o debate de conceitos e a postura ativa

dos alunos tornou a atividade de ensino significativa do ponto de vista motivacional, segundo as observações e registros realizados.

Em última análise, concebemos que a estratégia de ensino utilizada na presente proposta criou condições satisfatórias para que os alunos pudessem compreender os fenômenos Físicos inerentes à situação problemática apresenta, por meio dos experimentos realizados em sala de aula, tanto físicos quanto virtuais, além do incentivo ao estudo individual. Tais condições permitiram que alguns alunos, segundo as observações do professor, associassem os fenômenos da ondulatória e da acústica aos processos funcionais do sistema auditivo. Nesse sentido, consideramos que a estratégia de ensino foi satisfatória pelo fato das observações terem apontado para o objetivo da proposta pedagógica.

Sobre os aspectos relacionados à aprendizagem dos conteúdos de Física, mesmo sabendo da dificuldade de se afirmar algo dessa natureza, tendo em vista que o processo de aprendizagem é demasiadamente complexo, apresentaremos nossas considerações em trabalhos futuros. No entanto, de maneira preliminar, destacamos que, segundo o nosso ponto de vista, os resultados também foram satisfatórios, pois aproximadamente 77% dos alunos apresentaram rendimento adequado ao longo das avaliações conceituais.

### **Considerações Finais**

Apresentamos, neste artigo, o relato de uma experiência didática baseada nos aspectos metodológicos do Blended Learning (BL) e do Problem Based Learning (PBL), cujas principais características evidenciam o aluno como o construtor do próprio conhecimento e o professor como um condutor, um guia ao longo desse processo.

A atividade proposta partiu do problema de um personagem chamado Maurício, cuja profissão acabou por comprometer a sua capacidade auditiva. Os alunos precisaram identificar os conhecimentos, conceitos e teorias envolvidas na situação apresentada que viabilizariam a compreensão do respectivo caso.

A necessidade de se criar estratégias de ensino que promovam o envolvimento do aluno com a disciplina é conhecida e amplamente discutida pelos pesquisadores da área de ensino de Ciências, particularmente do ensino de Física. Por isso, a contribuição maior deste trabalho é o fato de a atividade relatada se apresentar como uma das possíveis alternativas ao método de ensino tradicional.

Na perspectiva deste trabalho, no processo de ensino e no desenvolvimento da aprendizagem mudam as funções do professor e, também, do aluno, pois ambos são colocados no lugar de aprendizes. A ênfase dada ao educando quando se utilizam as metodologias ativas, altera a maneira como se estabelece a comunicação entre professor e aluno, tendo em vista que o objetivo maior é o compartilhamento de informações. Ao evitar a simples transmissão do conhecimento da disciplina, o professor pode explorar profundamente os processos pedagógicos que se estabelecem nas relações interpessoais entre os sujeitos envolvidos, e nesses processos, o papel principal do docente passa a ser o de facilitador e incentivador da aprendizagem.

### Referências

- ABDALLA, M. E.; GAFFAR, A. M. **The seven steps of PBL implementation: tutor's manual**. Blueprints in health profession education series, 2011.
- HARDT, L. S. **Formação de professores: as travessias do cuidado de si**, 2006. Disponível em: <<http://29reuniao.anped.org.br/trabalhos/trabalho/GT08-1764--Int.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2014.
- LARMER, J.; MERGENDOLLER, J. **Eight Essentials for Project-Based Learning**. Buck Institute for Education, 2010.
- SCHMIDT, H. G, MOLEN, H. T., WINKEL, W. W. R. Constructivist, problem-based learning does work: A meta-analysis of curricular comparisons involving a single medical school. **Educational Psychologist**, v.44, n.4, p. 227–249, 2009.
- SHARMA, P. Blended Learning. **ELT journal**, v.64, n.4, p. 456–458, 2010.
- VEIGA-NETO, A. Dominação, violência, poder e educação escolar em tempos de Império. In: (Orgs.) RAGO, M.; VEIGA-NETO, A. **Figuras de Foucault**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006. p. 13-38.