

Sala de aula invertida (*flipped classroom*): Inovando as aulas de física

.....

Tobias Espinosa de Oliveira

Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Porto
Alegre, RS, Brasil.

E-mail: tobias.espinosa@ufrgs.br

Ives Solano Araujo

Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Porto
Alegre, RS, Brasil.

Bolsista do CNPq – Brasil.

E-mail: ives@if.ufrgs.br

Eliane Angela Veit

Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Porto
Alegre, RS, Brasil.

E-mail: eav@if.ufrgs.br

.....

Aulas puramente expositivas, com alunos passivos e comumente inibidos a qualquer ação interativa. Esse retrato do ensino tradicional diverge do perfil dos alunos atuais, os quais, em sua maioria, estão constantemente conectados à internet, com acesso fácil à informação e habituados a ambientes interativos, sejam eles virtuais ou presenciais. Uma possível correção a essa dissonância se encontra na inversão da sala de aula, o que significa que os alunos tomam contato com o conteúdo em casa e o tempo disponível em aula que, tradicionalmente, é ocupado por longas exposições orais do professor, é utilizado para que os alunos estudem, interagindo ativamente com seus colegas e professor. O presente artigo apresenta a metodologia de ensino conhecida como Sala de Aula Invertida e diferentes métodos que permitem essa inversão no ensino de física. Discutimos os motivos que podem incentivar o professor de física a modificar a sua prática, bem como as principais dificuldades que ele pode encontrar nesse percurso.

Introdução

Comumente ouvimos os professores dizendo: “nossos alunos não são mais como os de antigamente”. E, de fato, não são. Sobretudo, os alunos de hoje não são os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado [1]. Em seu dia a dia, muitos 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. Para eles, longas aulas expositivas centradas no professor, com poucas possibilidades de interação e elevado grau de passividade, são altamente desmotivadoras e carentes de significado. Dentre os inúmeros desafios enfrentados pelos professores para promover uma aprendizagem significativa dos conteúdos, a divergência entre o perfil dos alunos atuais e o modelo de ensino ocupa posição importante. A questão que se apresenta é: *como fazer diferente?*

Certamente não há uma única resposta para esta questão. Pesquisadores e professores de diversas áreas, em particular do ensino de física, vêm envidando esforços para mudar a sala de aula por meio de uma aprendizagem mais ativa (*active learning*). Aprendizagem ativa, neste contexto, envolve a realização de atividades de ensino que permitam aos alunos se engajarem cognitivamente e refletirem ao longo do processo sobre aquilo que estão fazendo [2]. Dentre diversas possíveis formas de se implementar tais atividades, uma metodologia de ensino em particular tem ganho destaque nos últimos anos: a Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*)

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

[3]. Nela, os alunos entram em contato com os tópicos a serem discutidos em sala através de atividades prévias às aulas. Isso pode ser feito em casa, por exemplo, por meio de leituras e/ou visualização de vídeos indicados pelo professor e algumas questões sobre o conteúdo tratado nesses recursos. Em sala de aula, os alunos, usualmente de forma colaborativa, realizam atividades experimentais, de simulação computacional e/ou resolução de problemas, por exemplo. Ao “inverter” a aula, ou seja, centrar o ensino nos alunos e ressignificar o papel do professor para além da transmissão de informações, ganha-se tempo em sala para que atividades mais nobres aconteçam, tais como discussões pormenorizadas sobre conceitos físicos e atenção a dificuldades específicas apresentadas pelos alunos.

Por isso, é importante que mais professores conheçam maneiras para diversificar as suas práticas e se sintam motivados a fazê-lo. Não existe apenas uma forma de inverter a sala de aula. O docente precisa ter liberdade para escolher entre diferentes métodos de ensino e, de forma crítica, modificá-los quando necessário

para que possam ser aplicados em seu contexto educacional.

Apesar da ampla divulgação alcançada pela “sala de aula invertida”, muitas vezes são difundidas concepções equivocadas ou incompletas que dificultam sua adoção por parte de

professores interessados em modificar suas aulas. Além disso, mesmo que a inversão da sala de aula possa ser feita em praticamente qualquer disciplina [4], existem desafios particulares a cada uma delas.

O presente artigo tem como propósito

apresentar a “sala de aula invertida” e discutir alguns desafios e possibilidades de sua implementação em aulas de física.

Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom)

O termo *Flipped Classroom*, ou, em uma tradução livre, “Sala de Aula Invertida”, é comumente associado aos trabalhos dos professores norte-americanos Bergmann e Sams, que publicaram um livro [3] onde divulgam uma maneira de inverter a sala de aula, na qual as tradicionais exposições orais do professor são substituídas por vídeos a serem assistidos pelos alunos fora da sala de aula. No livro, os professores Bergmann e Sams, através da experiência acumulada em anos ensinando química em escolas de Ensino Médio, buscam incentivar e auxiliar a mudança na prática docente. Apesar de serem uma referência no que diz respeito à Sala de Aula Invertida, os próprios autores destacam que o termo não pertence a nenhum professor ou pesquisador específico, e que diversos métodos já existentes poderiam ser caracterizados como formas de inversão da sala de aula [3]. Mas, afinal, o que é a Sala de Aula Invertida?

A Sala de Aula Invertida é uma metodologia de ensino que inverte a lógica tradicional de ensino. O aluno tem o primeiro contato com o conteúdo que irá aprender através de atividades extraclases, prévias à aula. Em sala, os alunos são incentivados a trabalhar colaborativamente entre si e contam com a ajuda do professor para realizar tarefas associadas à resolução de problemas, entre outras [3].

O contato inicial com a informação pode ser feito por meio de vídeos, textos ou qualquer outro material de apoio, os quais o professor pode disponibilizar *online*. Em aulas tradicionais, um breve momento de distração do estudante durante a exposição do professor, pode ser suficiente para dificultar uma compreensão adequada de alguma explicação. Em contrapartida, na Sala de Aula Invertida, o aluno, em casa, estuda em seu próprio ritmo, tendo a opção de pausar o vídeo e reproduzi-lo quantas vezes achar necessário ou, em caso de textos, reler diversas vezes o que não compreendeu. Em caso de dúvida, o aluno tem a possibilidade de recorrer a outras fontes de informações (e.g. páginas da internet, vídeos, livros, etc.). Além disso, recomenda-se que o professor peça aos alunos que escrevam e enviem suas dúvidas para que ele possa abordá-las na aula.

Em sala de aula, o foco é voltado à aplicação dos conceitos estudados em casa pelos alunos. Como já mencionado, isso

pode ser feito através de resolução de problemas, atividades experimentais e/ou de simulações computacionais, etc. Nessas tarefas, estimula-se a interação aluno-aluno e aluno-professor, havendo uma alteração tanto no papel do professor quanto do aluno. Como bem reiteram Bergmann e Sams [3], “o papel do professor em sala é auxiliar os estudantes, e não transmitir a informação”. Por sua vez, o aluno assume uma postura ativa e, muitas vezes, contribui para a aprendizagem de seus colegas por meio de suas explicações.

A crescente popularização da Sala de Aula Invertida faz com que cada vez mais professores a adotem; em contrapartida, comumente são disseminadas ideias equivocadas a seu respeito. Comentamos algumas delas [5] na sequência.

A Sala de Aula Invertida não é algo inédito e não existe uma única maneira de inverter a sala de aula

Inovações na sala de aula não são tão recentes quanto parecem. No final do Século XX, por meio do método de estudos de caso, começaram a aparecer as primeiras iniciativas de cobrir a informação fora da sala de aula e de práticas orientadas em sala. Um dos métodos de inversão de sala de aula mais difundidos no ensino de física, o Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) [6], teve origem na década de 1990. Outros métodos, como o Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) [7], Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning*) [8], Aprendizagem Baseada em Projeto (*Project-Based Learning*) [9] e Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-Based Learning*) [10] têm origem entre as décadas de 70 e 90. Alguns desses métodos serão apresentados brevemente mais adiante. Podemos retroceder ainda mais no tempo com Sócrates (469 a.C.–399 a.C.), que propunha o diálogo ativo através de discursos maiêuticos (método socrático), os quais induzem o interlocutor a pensar, agir e refletir por si mesmo. Se pensarmos bem, talvez o estranho seja a insistente preeminência de aulas centradas no professor e com alunos passivos.

Inverter a sala de aula não implica necessariamente no uso de videoaulas

Utilizar vídeos no estudo de casa dos alunos é apenas uma possibilidade. Como já comentado, em vez de assistir um vídeo, o professor pode pedir para o aluno ler um texto, por exemplo. E não se trata apenas de disponibilizar vídeos ou textos aos estudantes, inverter a sala de aula também

diz respeito ao que se faz com o estudo prévio. Para isso, o docente pode orientar alguma atividade, como pedir para que os alunos façam anotações sobre o que estão estudando, elaborem perguntas, ou que respondam algumas questões. O docente, de posse das informações provenientes do estudo dos alunos, consegue mapear as dificuldades apontadas e, assim, preparar explicações pontuais a serem proferidas em sala de aula. É imprescindível salientarmos que a Sala de Aula Invertida não se restringe ao uso de vídeos, e tão pouco elimina o papel do professor no processo de ensino e aprendizagem.

São diversas as potencialidades relacionadas à inversão das aulas de física. Na próxima seção discorreremos sobre alguns motivos pelos quais o professor pode ser incentivado a modificar a sua prática.

Por que inverter as aulas de física?

A mudança nas aulas de física pode advir da percepção docente dos benefícios atrelados a ela. Nesse sentido, expomos alguns motivos para se inverter a sala de aula.

A Sala de Aula Invertida ressignifica o papel do professor

Em aulas tradicionais, normalmente o professor assume o papel de transmissor de informação, dispendendo boa parte do tempo em sala de aula comunicando verbalmente conceitos físicos e escrevendo a solução de exercícios resolvidos no quadro. Em meio a alunos nascidos na era da internet e com acesso a ferramentas de tecnologia da informação, a disseminação de informações pode ser feita de forma mais eficiente em contextos educacionais que saiam da zona de carência absoluta de condições materiais. O próprio estudante, além de ter acesso aos livros textos distribuídos no PNLD, pode acessar a informação com poucos toques em seu *smartphone* se tiver interesse. Na Sala de Aula Invertida, o docente torna-se responsável por criar, selecionar e organizar o estudo, bem como auxiliar os estudantes, sanando as dúvidas deles e concentrando mais atenção às especificidades de cada um nos encontros presenciais. O professor de física, dispondo do tempo ganho em sala de aula ao diminuir consideravelmente o tempo destinado às exposições orais, pode concentrar-se em orientar atividades em sala de aula focadas no engajamento cognitivo dos estudantes e no estímulo da autonomia discente, enriquecendo assim sua prática.

Inverter as aulas coloca o aluno no centro do processo educativo

Em aulas convencionais, o professor é o centro do processo educativo; a atenção está voltada para ele na maior parte do tempo. Na Sala de Aula Invertida os alunos ocupam posição central. O professor passa a se importar menos sobre como vai expor determinado conteúdo, e mais a respeito das atividades que serão desenvolvidas pelos estudantes para construírem seus conhecimentos. Os alunos se tornam corresponsáveis tanto pela própria aprendizagem quanto pela dos colegas. Quando estão em casa, são encarregados de se prepararem para as atividades que serão desenvolvidas em sala de aula [11]. Em classe, são responsáveis por ajudar os colegas nas atividades e contribuir para as discussões orientadas pelo professor, o que, por sua vez oportuniza a consolidação do que está sendo por eles aprendido.

Na sala de aula invertida são levados em consideração os conhecimentos prévios dos alunos

Conforme apontado por Ausubel [12], o fator isolado mais importante para a aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe. Em aulas tradicionais, as possíveis tentativas do professor de acessar os conhecimentos prévios dos estudantes podem ser bastante restritas devido ao tempo limitado que ele dispõe em classe. Na Sala de Aula Invertida, as dificuldades e dúvidas enfrentadas pelos alunos em seus estudos em casa são levadas ao conhecimento do professor, que as usa para planejar as atividades a serem realizadas nos encontros presenciais. As dúvidas e erros percebidos na fase de preparação são ponto de partida e combustível para as discussões em classe.

A Sala de Aula Invertida lida com a heterogenia na sala de aula

Muitas vezes, as aulas preparadas com métodos de ensino tradicionais têm por alvo um “aluno médio” hipotético, situado em posição intermediária entre os alunos que apresentam mais facilidade de compreensão e os que apresentam menos. Ao não levar em consideração as especificidades dos alunos reais, não raro as atividades de ensino terminam por não atingir ninguém. Na sala de aula invertida, a heterogenia, usualmente presente na maior parte das turmas, além de ser levada em consideração, através do acesso aos conhecimentos prévios dos alunos, é bem-vinda por instigar as discussões entre os colegas. Hipoteticamente, se todos

os alunos fossem iguais e soubessem tudo, nada haveria para ser debatido; de maneira análoga, se todos os alunos tivessem dificuldades muito grandes na compreensão dos conceitos, a discussão também poderia ser prejudicada. A diversidade beneficia os alunos que naquela ocasião compreenderam mais rapidamente o conteúdo e têm a chance de consolidar sua própria aprendizagem ensinando, e também auxilia aqueles que apresentaram dificuldades, que aprendem com seus colegas e, por meio de suas dúvidas, estimulam as discussões. É importante frisar que tais papéis assumidos pelos estudantes não são necessariamente fixos, podendo se alternar ao longo da realização das atividades.

Métodos ativos de ensino baseados no modelo de sala de aula invertida podem auxiliar no desenvolvimento de hábitos de estudos nos estudantes

Em diversos contextos educacionais, os estudantes não estão acostumados a estudar em casa, a não ser na véspera da prova, quando muito. Na sala de aula invertida, todo o conteúdo que os alunos estudariam na véspera de alguma tarefa de avaliação classificatória é dividido em pequenas partes que não o sobrecarregam. Eles podem ler algumas páginas do livro-texto (duas ou três seções) ou assistir um vídeo curto (menos de 20 minutos de duração), por exemplo. Através das tarefas de preparação prévia, os alunos tendem a adquirir o hábito de estudar, não tendo que dedicar esforços, altamente desgastantes e pouco eficazes horas antes de algum exame [13].

Salas de aula invertidas auxiliam os alunos no desenvolvimento da capacidade de reflexão e da habilidade de elaborar boas perguntas

Saber elaborar boas perguntas é tão importante quanto saber respondê-las [11]. Para desenvolver tal habilidade é essencial que o aluno consiga refletir sobre aquilo que está estudando. Em aulas tradicionais, o professor dita o ritmo, e os alunos interessados tentam acompanhar as explicações. Esse tipo de abordagem, muitas vezes, causa no discente um sentimento equivocadamente de que entendeu o conteúdo e, não raramente, quando tenta aplicar esse conhecimento, percebe que não o entendeu. Na Sala de Aula Invertida o ritmo é dado, em parte, pelo estudante. A partir do contato prévio com o conteúdo, ele tem tempo para pensar sobre o que está estudando. Além disso, ao pedir para que os alunos elaborem perguntas sobre

o conteúdo do material de estudo, o professor está estimulando o desenvolvimento tanto da capacidade de reflexão quanto da habilidade de elaboração de perguntas. Essa prática, em contrapartida com o método tradicional, pode causar no aluno uma sensação de desconforto, ou seja, ele se sente confuso ao perceber que aquilo que achava que tinha compreendido corretamente, na verdade não estava claro. No entanto, como bem destacam Dowd e cols. [14], tal sentimento pode ser uma indicação de engajamento metacognitivo, o que pode contribuir na aprendizagem.

A inversão na sala de aula pode estimular o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho colaborativo

Não basta que os alunos aprendam os conteúdos e a resolver problemas de física, é essencial na sociedade contemporânea que as pessoas adquiram habilidades relacionadas ao trabalho colaborativo, como por exemplo: saber ouvir e comunicar ideias, contribuir em discussões, respeitar e ser flexível diante de conflitos. Adicionalmente, segundo Vygotsky [15], o processo de ensino e aprendizagem se constrói por meio de interações sociais, as quais podem acontecer entre o professor e os alunos, mas, também por interações entre os próprios alunos. Na Sala de Aula Invertida, o tempo em classe pode ser destinado à resolução de problemas de física, em pequenos grupos, mediadas pelo professor. Com isso, os alunos podem resolver tarefas colaborativamente que talvez não fossem capazes sozinhos. Além disso, ajuda a aprenderem a explicar de maneira que outras pessoas possam entender [11].

Os aspectos mencionados anteriormente não esgotam potencialidades advindas da inversão das aulas de física. Pesquisas em ensino de física mostram que os métodos ativos de ensino podem melhorar a compreensão de conceitos físicos [e.g. 16-19], diminuir as taxas de reprovação e evasão [e.g. 20-21], bem como desenvolver atitudes positivas em relação às aulas de física, se comparadas com aulas tradicionais [e.g. 18, 19]. Na próxima seção, descrevemos alguns dos métodos ativos de ensino que estão gerando os resultados para o ensino de física aqui apontados.

Diferentes métodos ativos para inverter as aulas de física

Não há maneira infalível de ensinar física (ou qualquer conteúdo que seja), tampouco um único método de inverter

a sala de aula. O professor, conhecendo diferentes abordagens, tem a possibilidade de decidir qual delas se ajusta melhor ao seu contexto de ensino. Nesta seção, apresentamos alguns métodos ativos de ensino que vêm mostrando resultados na inversão das aulas de física, salientando informações que podem ser úteis às suas respectivas implementações.

Invertendo a sala de aula com o uso de vídeos

O método de inversão da sala de aula desenvolvido pelos professores Bergmann e Sams [3], cuja principal estratégia é o uso de vídeos, é, possivelmente, um dos mais conhecidos e difundidos pela mídia. Um dos motivos que o tornou popular é a sua simplicidade.

Neste método, os alunos, em casa, assistem a um vídeo de 10 a 15 minutos com o conteúdo a ser estudado. Enquanto olham o vídeo, fazem anotações e formulam perguntas para levarem à sala de aula. Em classe, nos primeiros 10 minutos, o professor esclarece as dúvidas dos estudantes e, em seguida, os envolve em atividades de resolução de problemas, experimentais e/ou de simulações computacionais, as quais são realizadas em pequenos grupos. Nesse processo, o professor circula pela sala de aula orientando os alunos e ajudando-os a sanar suas dúvidas.

O professor que decidir implementar esse método em suas aulas de física pode produzir seus próprios vídeos e disponibilizá-los aos alunos ou usar vídeos prontos disponíveis na internet. Para criá-los, duas opções básicas se destacam: filmagem das exposições orais feitas pelo professor para uma turma real ou apenas para câmera; e também a captura de som e imagem do computador por meio de softwares específicos, como o Jing¹, Camtasia Studio², CamStudio³ ou RecordMyDesktop⁴. Ao optar pela captura de tela, pode criar apresentações de slides ou escrever na tela do computador, utilizando uma mesa digitalizadora e um software adequado, como o Smooth Draw⁵. A escrita (ou desenho) na tela, uma das técnicas mais utilizadas em videoaulas atualmente, torna a explicação dinâmica, possibilitando que o estudante acompanhe as construções do professor, como se estivesse frente a um quadro negro. Tanto a filmagem do próprio professor, quanto a captura de imagem e som no computador, podem ser combinadas para a produção dos vídeos que também podem contar com a adição de materiais preexistentes.

A construção de vídeos pode ser uma tarefa desafiadora para os professores, tanto devido à falta de tempo, quanto pela

falta de domínio das ferramentas necessárias. Nesse caso, o docente pode se valer de vídeos disponíveis gratuitamente no YouTube. Dentre os vários canais de física de qualidade, estão: O Quadro (Fig. 1 (a)), FabrisFísica (Fig. 1 (b)), Me Salva! (Fig. 1 (c)) e, no âmbito da divulgação científica, Veritasium (Fig. 1 (d)), que apesar de ser em inglês possibilita a inserção de legenda em português. Esses canais não esgotam a quantidade de bons vídeos disponíveis na internet, que cresce a cada dia.

A Sala de Aula Invertida de Bergmann e Sams é apenas uma das muitas alternativas de se inverter as aulas de física. A seguir, apresentamos o *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob Medida).

Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching)

O *Just-in-Time Teaching*, ou em uma tradução livre Ensino sob Medida (ESM), foi desenvolvido pelo professor de física Gregor M. Novak e seus colaboradores na IUPUI (Indiana University-Purdue University Indianapolis) e na Academia da Força Aérea, ambas nos EUA [7]. O método propõe, com o auxílio da tecnologia, conectar tarefas preparatórias realizadas fora da sala de aula com a dinâmica estabelecida dentro dela. Os alunos, em casa, se preparam para as aulas; o professor, por sua vez, prepara suas aulas “sob medida” por meio do *feedback* que recebe dos alunos.

Nas palavras de Novak e cols. [7, p. 33, tradução nossa], o “Ensino sob Medida consiste em uma mistura cuidadosamente orquestrada de atividades de aprendizagem”. Os estudantes realizam algumas dessas atividades fora da sala de

aula, em um ritmo próprio. Eles estudam um material indicado (e.g. seções do livro-texto, vídeo) e respondem a algumas questões. As respostas são enviadas eletronicamente ao professor, que as utiliza para organizar as atividades de sala de aula. A dinâmica da sala de aula varia, podendo contar com pequenas exposições orais do professor, demonstrações experimentais, simulações computacionais e resolução de problemas em pequenos grupos. O ESM não é rígido e pode ser acoplado a outros métodos ativos de ensino, ou seja, não existe uma única maneira de usá-lo. No entanto, seja qual for a dinâmica estabelecida em sala de aula, ela deve levar em conta as respostas dos alunos às tarefas de preparação. O aspecto essencial do ESM é a conexão entre o que feito fora e dentro da sala de aula [7].

A seguir, descrevemos detalhadamente as tarefas extraclasse e em classe que compõem o método, tanto do ponto de vista do estudante, quanto do professor.

Atividades extraclasse

As atividades extraclasse são fundamentais na aplicação do método. Por meio das respostas advindas das tarefas de preparação, o professor determina a maneira pela qual a física é apresentada e discutida em sala de aula.

Inicialmente, o professor envia alguma tarefa aos alunos, com pelo menos dois dias de antecedência, geralmente a indicação de algum texto e em torno de três questões conceituais a serem respondidas e enviadas pelos alunos, por um meio eletrônico. O docente pode solicitar a leitura de algumas seções do livro ou indicar algum texto ou vídeo *online*. Seja

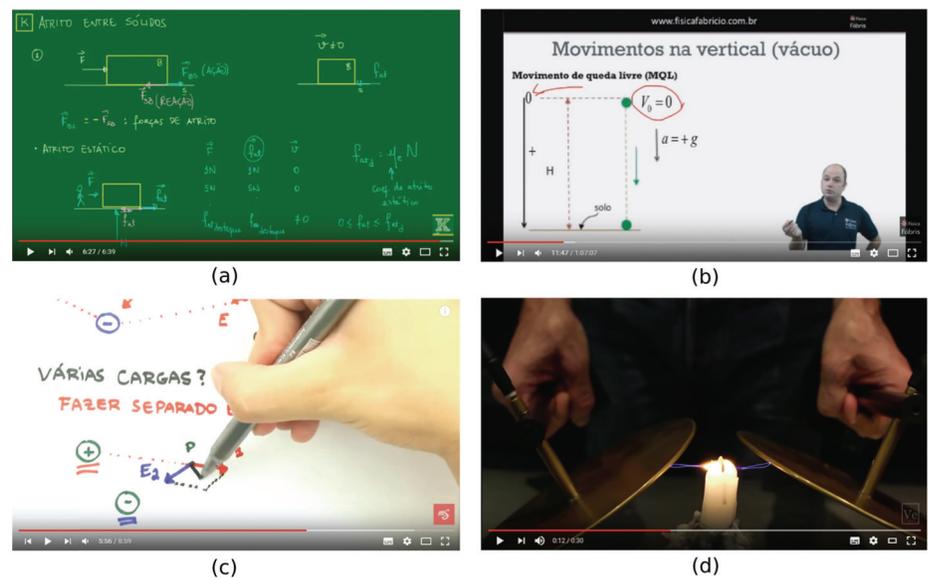


Figura 1: Alguns canais do YouTube com vídeos que podem ser usados nas disciplinas de física. (a) O Quadro. (b) FabrisFísica. (c) Me Salva!. (d) Veritasium.

qual for a ferramenta, o conteúdo não pode ser demasiadamente extenso (em média cinco páginas, no caso de um texto) e deve ter uma linguagem clara. Entre as questões, é imprescindível que uma delas seja uma pergunta de *feedback* sobre o entendimento do material indicado [22]. A questão de *feedback* pode ter a redação exposta na Fig. 2.

Sobre as questões referentes ao conteúdo estudado, elas podem ser de dois tipos: *WarmUps* e *Puzzles* [7].

As questões do tipo *WarmUp* (ou em uma tradução livre questões preparatórias) são o coração do método EsM, pois oferecem ao aluno uma visão reflexiva do novo conteúdo de física que está sendo estudado e impulsionam as atividades de sala de aula. São questões que abordam aspectos conceituais centrais sobre o conteúdo e podem, em alguns casos, apresentar uma situação ligada ao cotidiano, sem utilizar muitos termos físicos. Ao responderem às questões *WarmUp*, deseja-se que os estudantes sejam capazes de saber sobre quais assuntos será a aula, de entender e descrever as situações representadas na questão e de refletir sobre as respostas, podendo não ter certeza sobre elas, nem saber todos os detalhes.

As *WarmUps* podem ser de três tipos: dissertativa (Fig. 3), estimativa (Fig. 4) e múltipla escolha (Fig. 5). Cada uma delas atende a objetivos diferentes. As questões dissertativas incentivam os estudantes a entenderem conceitos físicos e aplicá-los a problemas ligados ao mundo real. Os alunos são encorajados a expressar, através da escrita, relações entre diferentes grandezas, e a não usarem equações, auxiliando no desenvolvimento de habilidades de comunicação. As questões de estimativa servem para os estudantes aprenderem a resolver problemas não estruturados, desenvolverem pensamento crítico e adquirir certa intuição sobre os fenômenos físicos. Por sua vez, as questões de múltipla escolha, ao contrário das dissertativas, levam o estudante considerar várias possibilidades, explorando possíveis concepções alternativas sobre o conceito que está em estudo. Inclusive, questões de múltipla escolha são boas para iniciar discussões em sala de aula considerando o que está errado em cada uma das alternativas incorretas.

As questões do tipo *Puzzle* normalmente necessitam a articulação de diferentes conceitos para serem solucionadas. A principal diferença entre questões do tipo *Puzzle* e *WarmUp* é a complexidade da questão e a precisão esperada nas respostas [7]. O *WarmUp* serve para introduzir e fazer o estudante refletir sobre um novo

conteúdo que ainda não foi discutido em sala de aula, enquanto o *Puzzle* encerra ou revisa um tópico e articula diferentes conceitos estudados. O *WarmUp* está diretamente conectado ao material de estudo; o *Puzzle* pode requerer informações adicionais e leva em consideração as discussões já estabelecidas em aulas anteriores. Esse tipo de questão pode ser usado também em classe para fomentar

discussões em pequenos grupos.

Os *Puzzles* podem ser adaptados de vestibulares, ENEM e livros-textos. As questões conceituais propostas por Mazur [6] e os testes sobre concepções relativas à força e movimento [26] e corrente elétrica em circuito simples [27], por exemplo, também são boas fontes para questões. Adicionalmente, uma breve pesquisa no Google pode ajudar o professor a en-

Em sua leitura do material indicado, você achou alguma coisa confusa? Em caso afirmativo, explicita, entrando em detalhes, aquilo que você achou mais confuso. Caso você não tenha achado nada confuso em relação ao conteúdo estudado, diga o que mais lhe despertou interesse na leitura. Nesse espaço, você também pode fazer perguntas.

Figura 2: Exemplo de questão de *feedback* do entendimento do material da tarefa de preparação.

Uma pessoa localizada no norte do Canadá, mais precisamente sobre uns dos polos magnéticos da Terra, faz experimentos para verificar a orientação das linhas de indução magnética que representam o campo magnético terrestre na superfície da Terra. A pessoa constatará que as linhas de indução são paralelas, perpendiculares ou inclinadas em relação à superfície? Serão linhas entrando ou saindo da superfície da Terra? Explique o porquê de suas respostas.

Figura 3: Exemplo de questão *WarmUp* dissertativa [23].

Um carro derrapa até parar com os freios bloqueados e deixa marcas de derrapagem de 30 m de comprimento. Que informações sobre o carro a polícia precisa para ser capaz de estimar o quão rápido o carro estava viajando quando o motorista pisou no freio? Explique o porquê de sua resposta.

Figura 4: Exemplo de questão *WarmUp* de estimativa [24, tradução nossa].

A velocidade de uma onda em uma corda depende

- da amplitude da onda
- das propriedades materiais da corda
- de ambas acima
- de nenhuma acima

Figura 5: Exemplo de questão *WarmUp* de múltipla escolha [6].

contrar questões pertinentes. O fator mais importante é que exista relação entre as questões e as atividades que serão propostas para a sala de aula. A Fig. 6 apresenta um exemplo de *Puzzle*.

Outras atividades podem ser acopladas para enriquecer as atividades de casa, como: simulações interativas (e.g. PhET⁶), textos e discussões *online* que motivem os estudantes (e.g. pergunte ao CREF⁷), notícias sobre acontecimentos da física, *podcasts* (e.g. Nerdcast, Dragões de Garagem, Scicast), *blogs* (ScienceBlogs Brasil) e canais do YouTube (Nerdologia, MinutoDaFísica, Manual do Mundo, Ciência Todo Dia) voltados à divulgação científica. Além disso, podem ser usadas listas de problemas. A escolha das atividades e a forma de apresentá-las variam de acordo com os objetivos do professor e da instituição.

O professor precisa enviar as atividades prévias aos alunos, que, por sua vez, precisam enviar as respostas ao professor. Uma forma eficiente e prática de fazê-lo é utilizar o Google Forms⁸, que consiste em uma ferramenta gratuita que permite criar formulários e disponibilizá-los *online* (enviando um *link* para os estudantes) para que possam ser respondidos. As respostas são organizadas em tabelas, às quais o autor do formulário tem acesso [28].

As respostas dos alunos precisam ser avaliadas pelo professor, mas não em termos de certo e errado, e sim em termos de raciocínio demonstrado e de engajamento com a atividade. O interessante é que os estudantes reflitam ativamente sobre o material estudado e enviem ao professor um *feedback* capaz de enriquecer as atividades de sala de aula.

De posse das respostas dos estudantes às tarefas de preparação, o professor pode adequar suas exposições orais. Algumas horas antes da aula, ele precisa analisar e selecionar as respostas que possibilitem uma melhor apresentação do conteúdo, o que não representa, necessariamente, as respostas corretas. Descrições que apontem concepções alternativas são boas fon-

tes de discussões em sala de aula. O professor pode ter uma aula preparada previamente, com vídeos, simulações, exemplos do cotidiano, demonstrações experimentais e ajustá-la, usando os recursos mais pertinentes aos apontamentos e dúvidas advindas da tarefa de preparação.

Atividades em classe

O aspecto mais importante é que a discussão dos *WarmUps* e *Puzzles* são a própria aula. O desenvolvimento das explicações das teorias e conceitos físicos está interligado com as questões propostas pelo professor e as respectivas respostas dos alunos [7]. Os estudantes precisam perceber que seus esforços para realizar a tarefa de preparação são a essência das aulas, assim, engajar-se-ão cada vez mais nas atividades. Com isso, as atividades em classe previstas pelo EsM se dividem em dois tipos complementares: aulas expositivas interativas e prática colaborativa.

As aulas expositivas interativas são exposições orais (normalmente divididas em pequenas etapas de aproximadamente 15 minutos) que o professor organiza utilizando as perguntas e respostas dos alunos à tarefa de preparação. A partir da análise feita, algumas horas antes da aula, a maneira como os conceitos físicos são apresentados é construída. Recomenda-se que sejam mostradas as respostas dos alunos (de forma anônima) e, a cada aula, respostas de alunos diferentes sejam utilizadas para que todos tenham suas colocações postas nas discussões. O professor, se possível, deve tentar não deixar perguntas sem respostas.

A prática colaborativa consiste em organizar os alunos em pequenos grupos para resolverem problemas. A preparação para essas aulas pode ser feita por meio

da resolução de problemas de livro-texto, por exemplo. No início da aula, em aproximadamente 20 minutos, o professor revisa os problemas de casa. Em seguida, os alunos são organizados em grupos e recebem novos e mais complexos problemas para resolverem. Recomenda-se que todos os grupos trabalhem no mesmo problema, facilitando assim a troca de informações entre os grupos.

Como mencionado anteriormente, o

EsM é um método flexível, o que implica que a prática colaborativa pode ser aplicada de diversas maneiras diferentes, inclusive com a junção de outros métodos ativos de ensino. A seguir, apresentamos dois métodos que, além de poderem ser utilizados individual-

mente, podem ser acoplados ao EsM: o Instrução pelos Colegas e a Aprendizagem Baseada em Equipes.

Instrução pelos Colegas (Peer Instruction)

O Ensino sob Medida (EsM) e o Instrução pelos Colegas (IpC) são dois métodos que vêm sendo utilizados em conjunto como uma forma de inverter as aulas de física [6]. O EsM orienta o professor em como realizar e tirar o melhor proveito do estudo prévio. O IpC, desenvolvido pelo professor de física de Harvard Eric Mazur [6], oferece subsídios para orientar as discussões de forma ativa em sala de aula, sendo uma opção para a prática colaborativa indicada pelo EsM.

No IpC, o professor apresenta um teste conceitual (*Puzzle*) aos alunos, os quais o respondem individualmente, utilizando algum sistema de votação. Em seguida, dependendo da quantidade de acertos, o professor instrui os alunos a tentarem convencer uns aos outros de suas respostas. Afinal, o sujeito que acabou de compreender determinado conceito pode ter uma forma diferente e, muitas vezes, mais eficiente que a do professor, de explicar àquele que ainda está com dificuldades de entendimento. O ensino (ou instrução) pelos colegas é o aspecto central do método. Por fim, o método prevê uma segunda votação, após a discussão entre os colegas.

Na Fig. 7, mostramos uma linha do tempo com a combinação do EsM e do IpC para uma determinada aula, extraída da Ref. [22]. Inicialmente o professor elabora a tarefa de preparação, denominada

As respostas dos alunos precisam ser avaliadas não em termos de certo e errado, mas em termos de raciocínio demonstrado e de engajamento com a atividade. Os estudantes devem refletir sobre o material estudado e enviar ao professor um *feedback* capaz de enriquecer as atividades de sala de aula

A respeito da magnetização da matéria, marque a alternativa correta:

- A temperatura do material favorece sua magnetização, uma vez que a agitação térmica tende a alinhar os ímãs elementares do material com o campo magnético externo.
- Nos materiais paramagnéticos os ímãs elementares, localizados dentro de regiões chamadas de domínios magnéticos, se alinham fracamente com um campo magnético externo.
- Os materiais ferromagnéticos podem permanecer magnetizados após ação de um campo magnético externo, fenômeno chamado de histerese magnética.
- Os materiais diamagnéticos possuem ímãs elementares permanentes, devido ao movimento orbital do elétron e de seu spin. Esses ímãs elementares se encontram aleatoriamente orientados, o que provoca intensa força atrativa entre o material e um campo magnético externo

Figura 6: Exemplo de *Puzzle* [25].

por Araujo e Mazur [22] de Tarefa de Leitura (TL), e a envia para os estudantes. Os alunos, fora da sala de aula, leem o material, respondem às questões propostas pelo professor e as enviam. Esse processo inicial acontece de 2 a 7 dias antes da aula. Com aproximadamente 12 horas de antecedência à aula, o professor revisa as respostas dos alunos, planeja suas breves exposições orais e define os testes conceituais que irá usar durante a aula. Em classe, o professor inicia com uma exposição oral, enfatizando as dúvidas dos alunos referentes a um dos tópicos tratados na TL. Em seguida, apresenta uma questão conceitual, na qual os estudantes pensam individualmente em uma resposta e votam. O professor avalia a distribuição de respostas e, caso esta fique em torno de 30 a 70% de acertos, solicita que os alunos discutam a questão em pequenos grupos e convençam seus colegas sobre suas respostas. Feito isso, os estudantes votam novamente. Caso a distribuição seja menor que 30%, o professor pode discutir a resposta e apresentar uma nova questão conceitual sobre o mesmo tema. Se for maior que 70%, ele pode discutir a resposta com os alunos e passar para um novo tópico. Maiores informações sobre o IpC podem ser encontradas em Araujo e Mazur [22].

Na Aprendizagem Baseada em Equipes, a ideia central é que os alunos sejam ativos e se sintam responsáveis pela própria aprendizagem e pela dos colegas

litar a identificação. A única desvantagem do uso dos cartões é que a contagem de acertos (a distribuição de respostas) tem que ser feita “no olho”. Os *Clickers* são dispositivos eletrônicos individuais (controles remotos) que se comunicam com o computador do professor. Com eles, o professor pode ter acesso facilitado à distribuição de respostas, pois a mesma aparece na tela de seu computador. O único problema é que esses dispositivos são caros e grande parte das escolas de Ensino Médio brasileiras não têm condições de comprá-los. Uma alternativa tecnológica e barata, que une as vantagens dos cartões de respostas e as dos *Clickers*, é o uso de *Plickers*. Nesse caso, o professor baixa um aplicativo em seu *smartphone* (cujo nome é *Plickers*), disponível gratuitamente para Android e iOS, e os alunos votam com cartelas de respostas que contêm um código similar ao *QR code* que o aplicativo é capaz de ler através da câmera do aparelho, correspondente a cada alternativa⁵ (Fig. 8 (a)). Na Fig. 8 (b) apresentamos a tela do aplicativo *Plickers* no momento da leitura do código impresso em uma folha. Cada cartela é numerada e são diferentes entre si. Deste modo, é possível designar uma cartela para cada aluno e registrar a evolução de suas respostas ao longo do tempo.

abrem espaços para o desenvolvimento de outras habilidades essenciais ao ensino, em específico de física, como resolver problemas e trabalhar colaborativamente. Esse é o caso do método que apresentamos na subseção seguinte, o *Team-Based Learning*, ou, em uma tradução livre, Aprendizagem Baseada em Equipes, método desenvolvido pelo professor de gestão e negócios, Larry Michaelson [8], cuja divulgação no ensino de física ainda é recente [29].

Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning)

A Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) é um método ativo que tem como foco melhorar a aprendizagem e desenvolver habilidades de trabalho colaborativo, através de uma estrutura que envolve: o gerenciamento de equipes de aprendizagem, tarefas de preparação e aplicação de conceitos, *feedback* constante e avaliação entre os colegas. A ideia central é que os alunos sejam ativos e se sintam responsáveis pela própria aprendizagem e pela dos colegas. A ABE busca desenvolver verdadeiras equipes de aprendizagem, as quais diferem de grupos por duas características: um alto nível de comprometimento individual para o bem do grupo e confiança entre os membros [8]. Para desenvolver tais habilidades as equipes (normalmente de cinco a sete integrantes) são fixas durante toda a aplicação do método e são organizadas pelo professor de maneira que sejam as mais heterogêneas possíveis no que diz respeito ao conhecimento, experiências pessoais, interesses,

Sobre os sistemas de votação, mencionamos três: os cartões de respostas (*flashcards*), os *Clickers* e os *Plickers*. O primeiro é o mais simples, o próprio professor pode confeccionar seus próprios cartões com as alternativas (A, B, C, D e E), podendo ter uma cor associada a cada letra para faci-

evoluir de suas respostas ao longo do tempo. Os métodos EsM e IpC focam principalmente na compreensão conceitual; já outras formas de se inverter a sala de aula

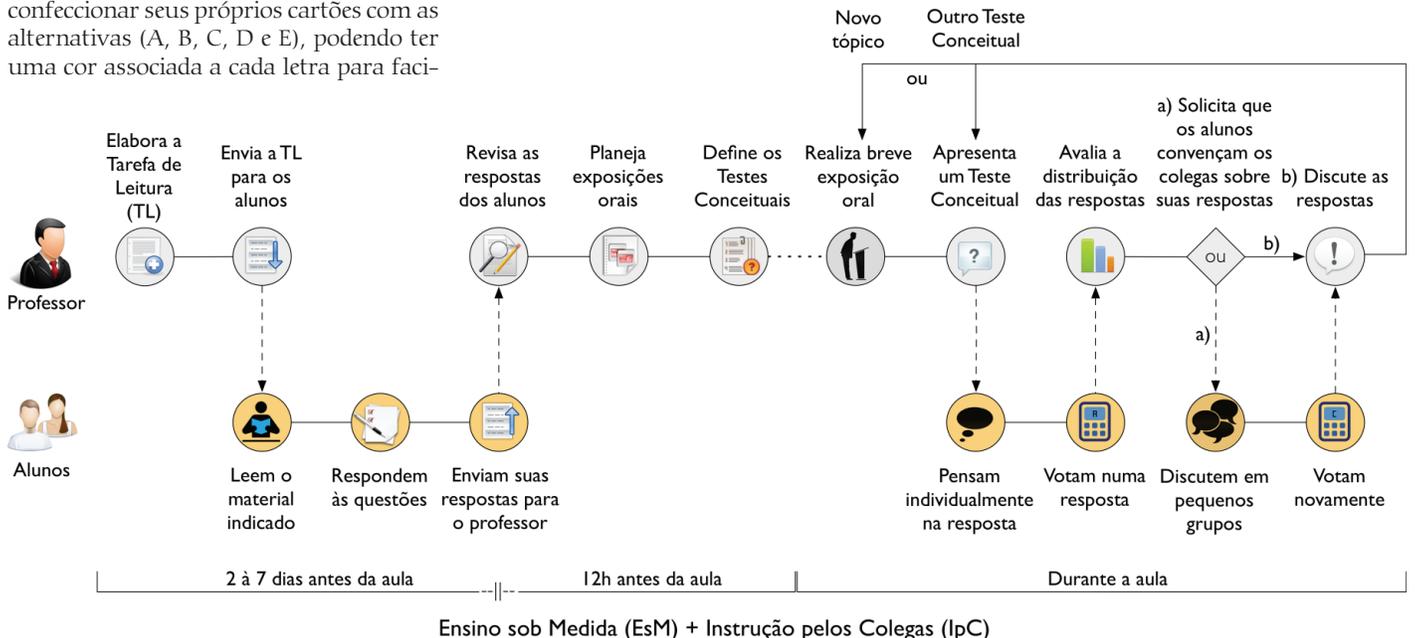


Figura 7: Linha do tempo do Ensino sob Medida e do Instrução pelos colegas para uma determinada aula [22].

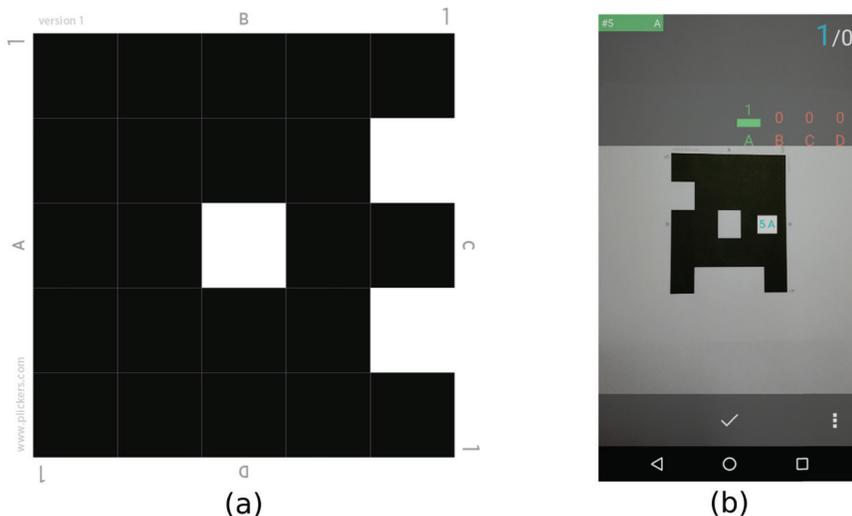


Figura 8: (a) Cartela de respostas para leitura via *software* Plickers. Cada lado corresponde a uma alternativa (A, B, C ou D)⁹. (b) Tela do aplicativo Plickers no momento da leitura do código impresso em uma folha.

entre outros fatores, favorecendo o surgimento de equipes com níveis semelhantes de interatividade.

Na implementação do TBL, uma disciplina é organizada em módulos, com duas fases principais, apresentadas na Fig. 9. Cada uma das fases, Preparação e Aplicação, envolvem tanto atividades extraclasses quanto atividades em classe, cuja lógica é a da sala de aula invertida, ou seja, os estudantes tomam contato com o conteúdo em casa e resolvem atividades ativamente em sala de aula.

Na fase de preparação (quadro 1 da Fig. 9), antes da aula, os estudantes realizam um estudo prévio, por meio de textos, vídeos e simulações, dentre outros. Esses materiais são usualmente entregues a eles com antecedência mínima de dois dias. Em sala de aula (quadro 2 da Fig. 9), continuando a fase de preparação, os estudantes respondem a um Teste de Preparação individual (TPI), cujas questões, preferen-

cialmente conceituais (*WarmUps e Puzzles*), estão relacionadas com a tarefa realizada em casa. Em seguida, o mesmo teste é realizado em equipe (Teste de Preparação em equipe - TPe). Nessa etapa, cada equipe recebe uma cartela (similar a bilhetes de premiação instantânea) contendo uma grade para marcar as respostas, definidas consensualmente através do diálogo entre os colegas. A resposta selecionada pela equipe é marcada na grade raspando-a. Caso a resposta escolhida esteja correta, aparecerá um símbolo indicando. Se estiver errada, os estudantes voltam a discutir para tentar encontrar a resposta certa. Em caso de objeção à formulação da questão, a equipe pode interpor um recurso (ou apelação), que é encaminhado ao professor para avaliação. Finalizando a fase de preparação, o professor faz uma breve exposição oral, enfatizando os pontos de maior dificuldade dos alunos durante a realização dos testes.

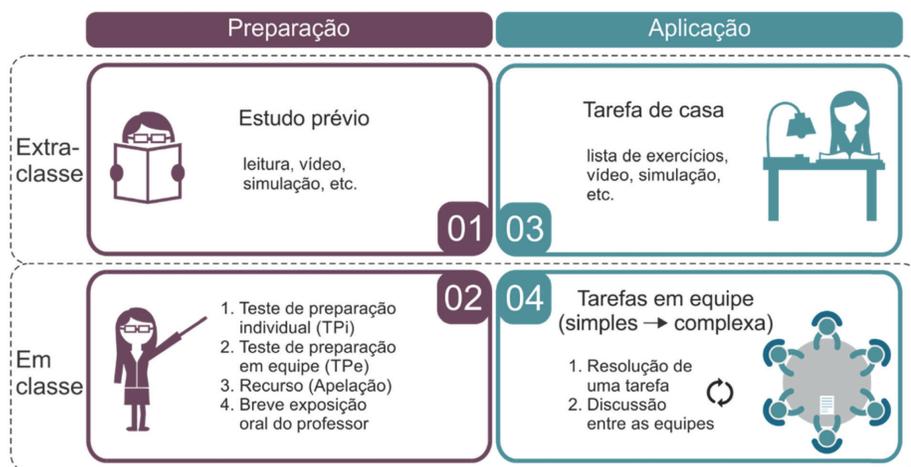


Figura 9: Principais fases de um módulo do TBL [19].

Na fase de aplicação, os alunos se envolvem em atividades, usualmente de resolução de problemas, individuais, em casa (quadro 3 da Fig. 9), e em equipe na sala de aula (quadro 4 da Fig. 9). Em sala, todas as equipes resolvem o mesmo problema, um por vez e, ao final de cada solução, expõem suas respostas para todos os estudantes (em pequenos quadros brancos ou cartolinas, por exemplo), discutindo entre eles e com o professor. Ao término da discussão, o professor entrega um novo problema e o processo recomeça. Assim, todos os alunos pensam juntos no mesmo problema, evitando o particionamento de tarefa que poderia acontecer caso fosse entregue uma lista de problemas por equipe.

Maiores informações sobre o método podem ser encontradas nas Refs. [19, 29].

Principais desafios para inverter as aulas de física

Dentre os principais desafios que o docente pode enfrentar ao almejar inverter suas aulas podemos citar: uma grande extensão de conteúdos curriculares a serem trabalhados; o número de aulas semanais disponíveis para a disciplina; ausência do hábito de estudo prévio às aulas por parte dos alunos; uma estrutura burocrática rígida na instituição de ensino que se opõe a inovações; a heterogenia da turma, principalmente em termos de conhecimento; e também o número elevado de alunos nas turmas.

A seguir comentamos tais desafios e apontamos possíveis formas de enfrentá-los. Obviamente, não se trata da apresentação de soluções universais e muito menos definitivas, mas sim pontos de partida para auxiliar o professor em sua reflexão sobre a implementação dos métodos de ensino discutidos ao longo deste artigo.

O conteúdo programático de física é extenso e o tempo é limitado para inverter a sala de aula

O conteúdo programático da disciplina de física é, de fato, bastante extenso, e o tempo disponível em sala de aula, seja ela invertida ou não, é exíguo. A tendência é que o professor pense que não terá tempo disponível para ensinar tudo que está programado e ainda fazer com que os estudantes sejam ativos em sala de aula. O aspecto essencial a ser considerado aqui é uma reflexão sobre o que é ensinar. Muitas vezes, o pensamento subjacente a esse respeito está alinhado com um ponto de vista transmisscionista do conhecimento no qual apenas os conteúdos copiados no quadro-negro, ou exibidos em *slides* em

sala de aula, podem ser considerados como ministrados pelo professor. Ao pedir que os alunos tomem o primeiro contato com o conteúdo fora da sala de aula, através de alguma leitura ou assistindo a um vídeo, o conteúdo já começa a ser abordado. O tempo que o professor gastaria em sala de aula apresentando informações que poderiam ser lidas ou assistidas pelos alunos fora da sala de aula, passa a ser investido na oferta de atividades de ensino focadas na aprendizagem ativa por parte dos alunos. Na medida em que os estudantes vão adquirindo hábitos de estudo, conseguem aprimorar a capacidade de compreensão dos conteúdos e, conseqüentemente, mais tempo o professor terá em sala.

Os alunos não estudam fora da sala de aula

Muitos educadores argumentam, quando se deparam com a sala de aula invertida, que seus alunos não leriam o material indicado e nem mesmo assistiriam a vídeos em casa. Realmente, em diversos contextos de ensino, incentivá-los a estudar em casa não é uma tarefa fácil. Contudo, diversos trabalhos demonstram experiências bem-sucedidas neste sentido [e.g. 6, 7, 19, 22-24]. Uma alternativa usada pelos autores para amenizar essa dificuldade é fazer com que a preparação prévia para as aulas tenha papel importante na atribuição dos conceitos avaliativos na disciplina. A ideia é usar o nível de esforço explicitado pelos alunos ao tentar responder às questões associadas às tarefas de preparação prévia através do raciocínio demonstrado, e não pela correção das respostas. Assim, os estudantes não ficam inibidos em errar e se sentem incentivados a tentar responder [22] a partir do que realmente estão compreendendo. Além da apresentação de um par de questões sobre o conteúdo abordado, o professor pode também apresentar uma pergunta sobre as dificuldades que tiveram ao ler o material ou ao assistir ao vídeo e, caso não tenham tido nenhuma dificuldade, que digam o que mais lhes despertou interesse. As tarefas de preparação prévia devem ser sucintas. Recomendamos que o tempo total de preparação envolvendo o contato inicial com o conteúdo (através da leitura, por exemplo) e a resposta às questões sobre o material disponibilizado não ultrapasse 45 min. É fundamental para o estabelecimento do hábito

de estudo por parte dos discentes que as tarefas sejam bem definidas, e não tomem muito tempo para serem realizadas.

A estrutura da escola é rígida e limita qualquer tentativa de inovação

Algumas escolas são resistentes à mudança, sendo contrárias a qualquer iniciativa educacional menos conservadora. Em certos casos, inclusive, as escolas adotam materiais que parecem manifestar a intenção de ser “a prova de professor”, ou seja, que o nível de qualidade de ensino seria garantido pela adoção de livros e apostilas, reduzindo o

papel do professor à execução de atividades já planejadas. Nesses casos, o professor pode tentar inverter a sala de aula aos poucos. Não é necessário que haja uma mudança brusca, pode começar apenas com um tópico a partir dos materiais já adotados pela instituição. Por exemplo, as tarefas de preparação prévia podem ser feitas a partir da leitura de seções do livro/apostila usados pelos alunos, assim como problemas e testes conceituais podem também vir desses materiais. Na medida em que resultados positivos vão aparecendo, é razoável esperar que os próprios alunos e seus pais passem a apoiar as ações tomadas pelo professor, o que pode facilitar a aceitação das mudanças inovadoras por parte da instituição de ensino.

As turmas são heterogêneas e o número de alunos por turma é elevado

Ao inverter a sala de aula é necessário que se dê mais atenção aos alunos. Isso faz alguns professores pensarem que qualquer método ativo se tornaria inviável em turmas numerosas e heterogêneas. No entanto, a inversão da sala de aula promove a interação entre os alunos e apresenta melhores resultados justamente quando há uma diferença inicial em termos da compreensão por parte dos alunos. Alunos que apresentam certa dificuldade de entendimento frente a algum conteúdo passam a contar não só com o professor, mas também com os colegas para auxiliar sua compreensão. Por outro lado, os alunos que compreenderam mais rapidamente e passaram a auxiliar seus colegas, têm a oportunidade de consolidar aquilo que aprenderam, assim como expandir sua compreensão na medida em que precisam

externalizar argumentos e convencer seus colegas sobre suas respostas. Cabe salientar que os alunos, ao longo do trabalho, costumam alternar de papéis. Desse modo, permitimos que o aluno seja corresponsável pela sua própria aprendizagem e também pela de seus colegas. Com isso, o professor não se sobrecarrega, sendo a única “fonte de explicações” em sala de aula. Obviamente, é de responsabilidade do docente incentivar e organizar a colaboração entre os alunos. No sentido de buscar o trabalho colaborativo, podemos ainda argumentar que turmas numerosas tornam as aulas mais interessantes, pois diversificam e enriquecem as discussões.

Comentários finais

Neste artigo, apresentamos a metodologia de ensino conhecida como Sala de Aula Invertida e alguns métodos que podem ser associados a ela. Nosso objetivo foi apontar caminhos para os professores interessados em melhorar suas práticas para que conheçam algumas possibilidades e se motivem a inverter suas aulas.

É de nossa opinião que o educador que deseje modificar a sua prática não deva se fixar a um único método de ensino, seja ele qual for. Defendemos a diversidade metodológica e a autonomia do professor como ingredientes essenciais no planejamento e implementação de qualquer atividade de ensino. Mesmo aulas essencialmente expositivas podem se mostrar relevantes dentro da organização de uma unidade de ensino e seria um equívoco pensar que deveriam ser abolidas apenas por serem “tradicionalistas”.

Por meio de reflexões sobre o processo de ensino-aprendizado e novas formas de concretizá-lo em seu contexto educacional único, incentivamos que o professor assumisse uma postura crítica. Os métodos ativos de ensino não podem ser vistos como receitas a serem seguidas ou meras técnicas que o professor dispõe. Se forem encarados de maneira rígida, o docente pode ter dificuldades para lidar com as dificuldades de natureza social, cultural e econômica, que certamente aparecerão em sua trajetória didática. Conforme já salientamos, a autonomia e o discernimento do professor são imprescindíveis.

Mesmo que o foco pelo qual tratamos a Sala de Aula Invertida esteja principalmente na melhoria da compreensão conceitual e na habilidade de resolução de problemas, evidentemente isso não diminui a importância de discussões sobre aspectos epistemológicos, históricos e sociais. Por exemplo, a discussão sobre a natureza do conhecimento científico e a relação entre

Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) podem efetivamente chegar à sala de aula por meio dos métodos de ensino aqui apresentados ou de suas adaptações, mantendo os pontos centrais motivadores da

inversão da sala de aula.

Esperamos que as discussões aqui levantadas possibilitem o enriquecimento da prática do professor de física. No entanto, como bem destacamos no decorrer do

texto, para usufruir das vantagens da Sala de Aula Invertida existem desafios a serem superados, e cabe ao professor ser o agente de mudança.

Notas

¹Ferramenta gratuita para captura de imagem da tela do computador e som. Disponível em <http://www.jingproject.com>.

²Um dos programas (pagos) mais populares para captura de tela e som e edição de vídeos. Disponível em <https://www.techsmith.com/camtasia.html>.

³Software gratuito e *open source* para capturar a tela do computador. O CamStudio está disponível para *download* apenas no Windows. Disponível em <http://camstudio.org/>.

⁴Programa gratuito e *open source* destinado a usuários GNU/Linux que desejam capturar a tela do computador. Disponível em <http://recordmydesktop.sourceforge.net/about.php> ou na central de programas do Ubuntu.

⁵Software gratuito para escrever (ou desenhar) na tela do computador. Disponível em <http://www.smoothdraw.com/sd>.

⁶O PhET simulações interativas é um projeto da Universidade do Colorado (EUA), fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel de Física Carl Wieman, que conta com um grande acervo de simulações de diversos conteúdos de física, química, biologia, ciências da terra e matemática. Também apresenta uma série de propostas de atividades a serem usadas com as simulações. Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

⁷O CREF, Centro de Referência para o Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), possui uma seção que se destina a resolver dúvidas conceituais sobre física, na maioria das vezes ligadas ao cotidiano. As respostas são dadas normalmente por especialistas da área do próprio Instituto de Física da UFRGS. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/cref/>.

⁸Ferramenta eletrônica gratuita utilizada para criar questionários, disponibilizar aos alunos e receber as respostas organizadas em tabelas. Disponível em <http://docs.google.com>.

⁹Os desenhos correspondentes as letras do alfabeto (A, B, C e D), cujo aplicativo do celular conseguirá ler, pode ser adquirido gratuitamente pelo site do próprio aplicativo. Disponível em https://plickers.com/PlickersCards_2up.pdf.

Referências

- [1] M. Prensky, *On the Horizon* **9**, 5, (2001).
- [2] C.C. Bonwell and J.A. Eison, *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom* (School of Education and Human Development, Washington, 1991).
- [3] J. Bergmann and A. Sams, *Flip your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day* (International Society for Technology in Education, Washington, 2012).
- [4] A. Roehl, S.L. Reddy and G.J. Shannon, *Journal of Family and Consumer Sciences* **105**, 2 (2013).
- [5] J. Schell, *7 Mitos sobre a Sala de Aula Invertida, Desmitificados*, traduzido por Maykon Müller, disponível em <https://blog.peerinstruction.net/7-mitos-sobre-a-sala-de-aula-invertida-desmitificados/>, acesso em 23/7/2016.
- [6] E. Mazur, *Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa* (Penso Editora LTDA, Porto Alegre, 2015).
- [7] G.M. Novak, E.T. Patterson, A.D. Gavrin and W. Christian. *Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology* (Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999).
- [8] L.K. Michaelsen, A.B. Knight and L.D. Fink, *Team-Based Learning: A Transformative Use of Small Groups in College Teaching* (Stylus Publishing, Sterling, 2004).
- [9] F. Hernández, *Transgressão e Mudança na Educação: Os Projetos de Trabalho* (Artmed, Porto Alegre, 1998).
- [10] H.S. Barrows e M.R. Tamblyn, *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education* (Springer, New York, 1980).
- [11] B. Urban, *10 Reasons Why You Should Get Into a Flipped Class*, disponível em <https://blog.peerinstruction.net/2016/03/28/10-reasons-why-you-should-get-into-a-flipped-class/>, acesso em 23/7/2016.
- [12] D.P. Ausubel, J.D. Novak e H. Henesian, *Psicologia Educacional* (Interamericana, Rio de Janeiro, 1980).
- [13] K.A. Marrs and G. Novak, *Cell Biology Education* **3**, 49 (2004).
- [14] J.E. Dowd, I.S. Araujo and E. Mazur, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* **11**, 1 (2015).
- [15] L.S. Vygotsky, *A Formação Social da Mente* (Martins Fontes, São Paulo, 1988).
- [16] R. Hake, *American Journal of Physics* **66**, 1 (1998).
- [17] C.H. Crouch and E. Mazur, *American Journal of Physics* **69**, 9 (2001).
- [18] V. Oliveira, E.A. Veit e I.S. Araujo, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **32**, 1 (2015).
- [19] T.E. de Oliveira, *Aprendizagem de Física, Trabalho Colaborativo e Crenças de Autoeficácia: Um Estudo de Caso com o Método Team-Based Learning em uma Disciplina Introdutória de Eletromagnetismo*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- [20] N. Lasry, E. Mazur and J. Watkins, *American Journal of Physics* **76**, 11, (2008).
- [21] J. Watkins and E. Mazur, *Journal of College Science Teaching* **24**, 5 (2013).
- [22] I.S. Araujo e E. Mazur, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **30**, 2 (2013).
- [23] V. Oliveira, E.A. Veit e I.S. Araujo, *Uma Proposta de Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio: Tarefas de Leitura*, disponível em http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n27_Oliveira/tarefas_de_leitura.pdf.
- [24] B.P. Self, E. Patterson, G. Novak and E. Hamilton, in: *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, p. 10.851.1–10.851.12 (2005).
- [25] V. Oliveira, E.A. Veit e I.S. Araujo, *Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio: Testes Conceituais*, disponível em http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n27_Oliveira/testes_conceituais.pdf.
- [26] F.L. Silveira, M.A. Moreira e R. Axt, *Enseñanza de las Ciencias* **10**, 2 (1992).
- [27] F.L. Silveira, M.A. Moreira e R. Axt, *Ciência e Cultura* **41**, 11 (1989).
- [28] L.A. Heidemann, A.M.M. de Oliveira e E.A. Veit, *Física na Escola* **11**, 2 (2010).
- [29] T.E. de Oliveira, I.S. Araujo e E.A. Veit, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **33**, 3 (2016).