

Estratégias para o Ensino de Engenharia

Renato da Rocha Lopes

Resumo— Este artigo discute alguns aspectos do ensino que, segundo a literatura, possuem grande impacto no aprendizado. Iniciaremos por uma discussão dos benefícios de uma definição clara dos objetivos do curso, que explicitem como o sucesso em atingir esses objetivos será medido. Discutiremos também a importância de erros, aliados a um *feedback* frequente, para o aprendizado. Mencionaremos também, brevemente, alguns aspectos ligados à motivação. Finalmente, descreveremos o *peer instruction*, uma técnica de ensino que, na nossa opinião, é uma das mais fáceis de ser usadas e que implementa diversos dos aspectos discutidos aqui, possuindo, segundo a literatura, um grande impacto no aprendizado.

Palavras-Chave— Ensino de Engenharia.

Abstract— This article aims at summarizing some teaching practices and approaches that, according to the literature, have a large impact on student learning. We will focus mainly on some aspects that are under direct control of the instructor: the clear definition of the intended learning outcomes, which include a model of what the student is expected to do or know after successful completion of the course, and how success will be measured; the importance of eliciting errors and misconceptions from the students, and the importance of frequent feedback to correct these; the importance of feedback to the teacher, who can use it to assess and adapt the teaching strategies. We will briefly discuss the importance of motivation. Finally, we will describe peer instruction, a teaching strategy that, in our opinion, is easy to use and that implements several of these aspects, having a high impact on learning according to the literature.

Keywords— Engineering Education.

I. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é chamar a atenção para alguns aspectos ligados à prática do docente em sala de aula que, segundo a literatura, possuem grande impacto no aprendizado dos alunos. Neste sentido, faremos aqui um resumo de algumas observações colhidas pelo autor na literatura especializada em aprendizado, principalmente a referência [1]. Esse livro sintetiza mais de 50 mil meta-estudos que analisaram o impacto de cerca de 150 diferentes fatores no aprendizado, permitindo assim uma espécie de comparação entre o impacto de diferentes estratégias de ensino. É importante notar que, apesar das imperfeições inerentes a medidas de aprendizado e a comparações e listas como as estabelecidas em [1], as conclusões desta referência estão muito alinhadas com as de outras referências, como [2]–[4]. Ademais, assim, como este trabalho, estas referências não se propõem a prover fórmulas para o bom ensino, mas apenas a sugerir práticas e abordagens que podem ter maior efeito.

De certa forma, este trabalho se originou em um *workshop* sobre ensino de engenharia que ocorreu na Universidade de Harvard em novembro de 2012. Dele participaram professores

do ITA, da UNIFEI, e da UNICAMP, incluindo o autor. Um aspecto, em particular, chamou nossa atenção, tanto nas discussões do *workshop* quanto nas referências: elas geralmente são mais centradas no aluno e no aprendizado do que no professor e no ensino. Essencialmente, as discussões focaram em perguntas sobre a possibilidade de melhorar o impacto do professor sobre o aprendizado do aluno. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apontar para algumas evidências que sugerem que a resposta, em muitos casos, pode ser positiva.

Evidentemente, as discussões sobre o ensino e o aprendizado em engenharia abordam uma enorme gama de aspectos muito importantes que vão além da prática em sala de aula, como a necessidade de inovações no ensino, as habilidades desejáveis de um engenheiro e alguns aspectos administrativos associados à implementação de inovações no ensino. Neste trabalho, entretanto, focaremos apenas nos aspectos que estão sob controle do professor e, dentro deste vasto universo, apenas alguns que, na nossa opinião, aparentam ter implementação mais simples, imediata e impactante dentro das disciplinas e da forma de ensino do próprio autor.

Nesta linha, descreveremos aqui quatro dos dez fatores de maior impacto no aprendizado, segundo [1]: a clareza na definição dos objetivos do curso, a ser discutida na seção II, o uso frequentemente avaliações formativas e o *feedback* sobre o encaminhamento do aprendizado, a serem discutidos na seção III e as discussões em classe, a serem discutidas na seção V. Ainda, na seção IV, falaremos um pouco sobre motivação, fator que, apesar de não figurar entre os dez de maior impacto, é ainda assim de evidente importância. Esta escolha de temas para discussão deve-se ao fato de que os outros seis fatores entre os dez de maior impacto estão menos sob controle do professor, ou não dizem respeito ao ensino superior. A exceção é o fator de maior impacto, que diz respeito às habilidades do aluno em avaliar seu próprio desempenho, às expectativas dos alunos em relação ao seu desempenho, e como o professor deve buscar levar o aluno a exceder estas expectativas. Este parece, ao autor, ser um aspecto de mais difícil implementação, e portanto não terá muito destaque neste artigo.

Este trabalho também discutirá uma estratégia de ensino que incorpora estes e outros fatores às aulas: o *peer instruction* do Prof. Eric Mazur [5]. Na realidade, durante o *workshop* em Harvard, interagimos com docentes que implementaram, de forma bem sucedida, diversas inovações em suas práticas em sala de aula. Muitas outras experiências podem ser encontradas na literatura [6]: aprendizado colaborativo, baseado em projetos, baseado em problemas, etc. Neste trabalho, focaremos apenas no *peer instruction*, novamente devido ao fato de que esta parece ser a estratégia que melhor se encaixa na forma de ensino deste autor.

É importante ressaltar que as escolhas de temas a serem

abordados neste resumo não incorporam um julgamento de valor, mas foram feitas de forma pessoal pelo autor. Nesta linha, é importante também ressaltar que este é um trabalho escrito por um não especialista na área de educação. Isto, aliado ao reduzido tamanho deste resumo, o torna superficial, o que pode ser nocivo, já que existem trabalhos que mostram que a adoção de algumas estratégias de ensino sem a devida atenção aos detalhes podem até ter efeitos negativos sobre o aprendizado [7]. De fato, para uma estratégia de ensino funcionar, não basta saber o que fazer, mas também por que ela funciona [6]. Só assim será possível contemplar todas as sutilezas necessárias para o sucesso de um método, e adaptá-lo à realidade de cada sala de aula. Assim, recomendamos fortemente que o leitor que se interessar pelo tema não utilize este resumo como fonte final, mas que consulte as referências listadas para maiores detalhes. Numa opinião completamente pessoal, talvez as referências [2] e [6] sejam as mais interessantes, tanto em termos de abrangência quanto por constituírem leituras agradáveis.

II. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O primeiro fator a ser discutido aqui é a necessidade de uma definição clara dos objetivos de aprendizagem, e de uma definição clara de como será avaliado o sucesso em atingir estes objetivos. A clareza na definição destes objetivos é o nono fator de maior impacto segundo [1].

De fato, existe todo um livro [3] que argumenta que as aulas e as atividades devem ser planejadas de trás para frente (*backwards design*), em três etapas. Primeiro, é necessário definir os objetivos. O que o aluno deve entender ao final do curso ou de uma aula, como ele deve ser capaz de aplicar o conhecimento obtido, como ele deve ser capaz de relacionar esse conhecimento com as outras disciplinas? Em seguida, o livro argumenta que devemos definir como avaliaremos o sucesso dos alunos em atingir esses objetivos. Por último, identificados os conhecimentos e habilidades necessárias para o sucesso é que serão determinadas as atividades a serem desenvolvidas e o conteúdo a ser ensinado. De acordo com [3], este planejamento transforma o ensino e a ementa em meios. O fim, no caso, é o que os alunos vão levar consigo após concluir o curso.

Do ponto de vista do aluno, a existência de objetivos claros lhe permite focar e direcionar seus esforços, e possibilita que ele avalie como está o seu progresso. Muitas vezes a falta de clareza nos objetivos leva o aluno a tentar “adivinhar” o que o professor quer, levando-o a focar em atividades e tópicos que ele, de acordo com sua experiência prévia, julga ser o mais importante [2], ou o maior candidato a ser cobrado na prova. Evidentemente, muitas vezes estes julgamentos por parte dos alunos não estão alinhados com os objetivos que o professor tinha em mente. Um exemplo de um objetivo que pode ser pouco claro para o aluno é quando se pede que ele entenda a transformada de Fourier. O aluno, que está vendo isso pela primeira vez, não sabe o que ele tem que entender. Basta saber a definição? É necessário relacioná-la com fasores? E com soluções para a equação da onda? Quais propriedades são mais importantes?

Note, também, que se o aluno souber como ele será avaliado, ele pode melhorar seu engajamento. Por exemplo, [6] sugere que, antes de apresentar um tópico, o professor avise aos alunos que, ao final da apresentação, ele fará uma determinada pergunta sobre o tema, como quais são seus aspectos mais importantes. A literatura indica que, nestas condições, os alunos costumam apreender uma maior parcela do conteúdo exposto [6].

Do ponto de vista do professor, os objetivos podem ajudar a fazer escolhas que, de uma forma ou de outra, ele deve fazer diariamente: qual conteúdo cobrir em aula, como abordar determinado conteúdo, o que avaliar, etc. Observe que não se advoga, aqui, uma perspectiva utilitária do ensino, em que os alunos só devem aprender o que é “útil”. A questão que se coloca aqui é deixar claro para alunos e professores o que se está buscando aprender, o que se espera do aluno. A utilidade ou “inutilidade” do conteúdo não tem impacto sobre as definições dos objetivos.

Existem outros aspectos interessantes sobre os objetivos que merecem uma discussão. O primeiro é que eles não dizem respeito apenas ao curso como um todo. Dados os objetivos do curso, podemos construir objetivos para módulos, aulas, e para seções dentro de aulas, todas preferencialmente com objetivos também claros. De fato, ter vários módulos relativamente curtos com objetivos claros facilita o uso de avaliações formativas, quarto fator de maior impacto no aprendizado e tema da próxima seção.

Um outro aspecto importante diz respeito aos diferentes tipos de objetivo que existem, no sentido dos resultados cognitivos e tipo de aprendizado esperado. Uma classificação dos tipos de aprendizado particularmente conhecida é a taxonomia de Bloom [8], atualizada mais recentemente em [9]. De acordo com [10], os seis níveis desta taxonomia atualizada classificam os resultados de acordo com a capacidade envolvida:

- Lembrar: Capacidade de reproduzir ideias;
- Entender: Capacidade de compreender o conhecimento, relacionando-o com conhecimentos prévios, de forma que o aluno possa explicá-lo com suas próprias palavras;
- Aplicar: Capacidade de usar o conhecimento em novos contextos;
- Analisar: Capacidade de decompor a informação em partes de forma a compreender o conjunto todo, relacionando as partes;
- Avaliar: Capacidade de realizar julgamentos, fazer previsões a partir do conhecimento adquirido;
- Criar: Capacidade de usar o conhecimento para criar um novo conhecimento.

Observe que todas as dimensões podem ser igualmente importantes. Por exemplo, podemos desejar que um aluno lembre da transformada de Laplace de uma exponencial. Assim, quando ele estiver estudando problemas mais complexos de controle, ele pode usar todos os seus recursos cognitivos [2] no problema mais complexo, sem precisar se preocupar com o cálculo das transformadas. O importante aqui é ser explícito nas expectativas, e criar atividades e avaliações que levem os alunos a atingí-las. O instrutor também deve ter em mente que se todas as atividades e avaliações de um curso envolvem apenas lembrar e entender o conteúdo, ele não pode esperar

que os alunos sejam posteriormente capazes de aplicar o conteúdo em novos contextos, por exemplo.

Recomenda-se que os objetivos sejam específicos e permitam ao aluno guiar suas ações. Por exemplo, o autor de [1] argumenta que “fazer o melhor” não é um bom objetivo. Por outro lado, um objetivo mais adequado é desejar que o aluno seja capaz de, ao ver dois sinais no tempo, saber dizer qual tem mais componentes em alta frequência. Da mesma forma, recomenda-se que os objetivos sejam mensuráveis, no sentido de que tanto professores quanto alunos devem ser capazes de saber se determinado objetivo foi atingido. Como veremos na próxima seção, esta informação traz grandes benefícios ao aprendizado. Especialmente do ponto de vista dos alunos, a clareza nos objetivos lhes ajuda a monitorar seu próprio desempenho, o que, como mencionamos na introdução, faz parte do fator de maior impacto no aprendizado.

III. AVALIAÇÕES FORMATIVAS E FEEDBACK

Existem dois tipos principais de avaliações: somativas e formativas [11]. As avaliações somativas são aquelas feitas após o processo do aprendizado (muitas vezes algumas semanas depois), e buscam avaliar o aprendizado do aluno até o ponto de aplicação da avaliação. As avaliações formativas, por outro lado, ocorrem durante o aprendizado, e são vistas como parte integrante do processo de aprendizado. Neste sentido, mais do que a atividade em si, o que faz uma avaliação ser formativa é o seu uso, e como a avaliação e seu resultado influem na evolução do processo de aprendizado. De fato, existem diversas atividades que podem ser encaradas tanto como somativas quanto como formativas, dependendo de como elas são usadas. O uso de avaliações formativas é o quinto fator de maior impacto no aprendizado, segundo [1].

Na literatura, recomenda-se que as avaliações formativas encorajem os alunos a focar mais no processo de aprendizagem em si do que em se preocupar em obter a resposta correta. Para isto, é necessário que a nota decorrente da avaliação dependa pouco (ou nada) do resultado em si estar correto ou não. Este foco no processo do aprendizado ajuda o aluno a desenvolver as chamadas habilidades meta-cognitivas, em que ele reflete sobre seu próprio aprendizado, e que fazem parte do fator de maior impacto no aprendizado.

Outro aspecto importante das avaliações formativas é o fato de elas revelarem, para professores e alunos, os erros conceituais e falhas no aprendizado. De fato, revelar e corrigir erros são considerados fatores essenciais para o aprendizado [1], [2]. Infelizmente, muitas vezes os professores não conseguem saber ao certo quais são os erros que estão afetando o aprendizado dos alunos. E os próprios alunos, até serem confrontados com estes erros, também não têm ciência de lacunas em sua formação. As avaliações formativas podem ajudar a sanar ambos os problemas.

Algumas outras observações que podem ser levadas em conta na elaboração de avaliações formativas:

- Elas estão intimamente ligadas aos objetivos. Sabendo onde queremos chegar, podemos tentar avaliar o quanto já caminhamos nesta direção e o que ainda deve ser feito para atingir o objetivo.

- Elas devem ser específicas o suficiente para permitir identificar a origem de eventuais falhas no aprendizado.
- Elas devem ser frequentes, de preferência uma ou mais por aula. De fato, como o resultado destas avaliações deve influir no encaminhamento da disciplina, a distância entre o momento do aprendizado, sua avaliação e eventuais intervenções decorrentes da avaliação deve ser curto.

Evidentemente, apenas identificar erros não basta, é necessário atuar para corrigí-los. É aqui que entra o décimo fator de maior impacto no aprendizado de acordo com [1]: o uso de *feedback*. Note que o *feedback* não é necessariamente ligado às avaliações formativas, sendo possível utilizá-lo de outras formas. Ademais, segundo [1], o *feedback* tem dois propósitos.

O primeiro uso de *feedback* ocorre quando o professor revela aos alunos como eles podem melhorar seu desempenho. Identificado um erro, cabe ao professor buscar deixar claro qual foi o erro, qual a sua origem, o que ele revela sobre falhas no aprendizado, o que é necessário saber para corrigí-lo, e como ele pode ser corrigido. Neste caso, cabe ao aluno decidir, por exemplo, adaptar sua estratégia de aprendizado, buscar mais exemplos, resolver mais exercícios, rever algum conteúdo, refazer algum trabalho, etc., sempre levando em conta os comentários recebidos do professor.

Outro aspecto que afeta a utilidade do *feedback* para o aluno é seu *timing* [2]. De acordo com a literatura, o professor deve frequentemente prover comentários que ajudem os alunos a guiar seu aprendizado, permitindo-lhes corrigir seus erros antes que eles afetem outros aspectos do curso. Também é interessante que as atividades subsequentes levem o aluno a ter a oportunidade de utilizar o *feedback*, de forma que ele não fique esquecido. Por exemplo, ele pode ter a chance de fazer uma atividade semelhante, em que ele possa guiar suas ações levando em conta o *feedback*. Este, segundo [2], é um bom uso para listas de exercícios.

O segundo uso de *feedback* é feito pelo próprio professor. Neste caso, o resultado da avaliação pode ser interpretado como uma medida do impacto que as atividades em classe e fora dela estão tendo sobre o aprendizado do aluno. Estas informações podem ajudar o professor a determinar quais passos deverão ser seguidos na sequência do curso. Por exemplo, ele pode avaliar se determinada estratégia funcionou bem ou não, se ela deve ser repetida, abandonada ou adaptada, se um determinado tema deve ser retomado, de preferência usando uma abordagem diferente, etc.

IV. UM POUCO SOBRE MOTIVAÇÃO

Nesta seção, faremos algumas observações sobre a motivação dos alunos. As referências [2] e [6] trazem algumas discussões interessantes e mais profundas a respeito deste importante fator de aprendizado. Uma conclusão é óbvia: a motivação tem um impacto considerável sobre o aprendizado. A questão mais importante é saber o que professores podem fazer para melhorar a motivação de seus alunos?

Alguns fatores que afetam positivamente a motivação incluem uma parcela de autonomia por parte dos alunos no controle de seu próprio aprendizado, a existência de objetivos

claros, com um nível de dificuldade adequado e que de alguma forma se alinhem com o interesse dos alunos, e a existência de *feedback*. Observe também que muitos dos fatores discutidos neste resumo possuem um impacto positivo não apenas sobre o aprendizado, mas também sobre a motivação. As referências mencionam também a expectativa de sucesso como um fator importante de motivação.

Por outro lado, situações de humilhação pública, falta de expectativa de sucesso causada, por exemplo, por provas muito difíceis, ou situações de conflito, afetam negativamente a motivação. O nível de desafio também é um fator importante. Tanto tarefas muito fáceis quanto aquelas muito difíceis são desmotivantes. Observe ainda que, segundo a literatura, a falta de motivação tem um impacto seriamente negativo sobre o aprendizado, mais ainda do que o impacto positivo da presença de motivação [1].

Um aspecto interessante mencionado em [2] diz respeito a situações em que a motivação do aluno em uma disciplina está ligado ao seu desempenho, a qual nota ele vai tirar, se ele vai ou não ser aprovado. Este tipo de motivação pode tomar duas formas: ou o aluno trabalha para tirar a maior nota possível, ou ele trabalha para tirar a menor nota aceitável. Ambas as abordagens não são muito desejáveis, pois o foco está na nota e não no aprendizado. Ambas acabam levando a perguntas como saber o que vai cair na prova.

Para finalizar, é interessante notar que frequentemente nos envolvemos com atividades que são um fim em si mesmo, em que a própria atividade e seu resultado são fatores de motivação. De certa forma, elas não têm um valor externo a elas, elas não são executadas por sua utilidade. Exemplos incluem jogos, como video games, xadrez e sudoku, atividades artísticas como música ou pintura, atividades esportivas e culinárias. Em todos estes exemplos, a motivação que move quem executa estas atividades é chamada de motivação intrínseca [12]. Do ponto de vista deste artigo, é interessante notar que essas atividades possuem vários aspectos em comum com os vários fatores aqui discutidos. Em todas elas, o objetivo é absolutamente explícito, e sabemos o tempo inteiro como está o nosso desempenho.

V. PEER INSTRUCTION

Chegamos, finalmente, ao *peer instruction* (PI), uma estratégia de ensino proposta pelo Prof. Eric Mazur [5] e que facilita a implementação de diversos dos fatores mencionados neste trabalho, além de promover discussões em classe, que são o sétimo fator de maior impacto no aprendizado, sempre segundo [1].

O objetivo inicial de PI foi promover uma compreensão mais profunda por parte dos alunos do conteúdo da disciplina. Na linguagem da taxonomia de Bloom, o objetivo era mover o aprendizado do nível básico de lembrança e compreensão para outros níveis mais profundos, como análise e avaliação. Para isto, o PI utiliza, diversas vezes durante a aula, questões que medem a compreensão conceitual dos alunos. Estas podem ser aquelas questões “criativas” que muitos alunos odeiam quando aparecem em uma prova. No contexto de PI, entretanto, elas são muito adequadas, por serem usadas como avaliações

formativas: elas favorecem o erro e, como veremos, o *feedback* é imediato.

Note que as questões conceituais não precisam se restringir à matéria mais recente, mas também podem buscar relações entre tópicos recentes e outros vistos anteriormente, ou até em outras disciplinas, ajudando assim o aluno a estabelecer conexões entre os conteúdos. Como mostrado em [2], estas relações são parte fundamental do aprendizado, e uma grande distinção entre um especialista e um novato em um assunto é a forma com que o especialista organiza a sua informação. Se o estabelecimento de conexões não for monitorado, elas podem não ser estabelecidas ou serem estabelecidas erroneamente, levando a um “aprendizado” confuso e não duradouro. Questões conceituais que ajudem na organização da informação por parte dos alunos são, assim, um grande auxílio para o aprendizado.

Outro objetivo do desenvolvimento de PI foi evitar o chamado “ponto cego do especialista” [3], definido como um dificuldade de especialistas em ver o aprendizado a partir do ponto de vista de alunos que não possuem a sua experiência e fluência no assunto. Este ponto cego torna às vezes muito difícil para o professor entender qual a dificuldade que o aluno está enfrentando. Para contorná-lo, o PI envolve os pares no processo, pois estes acabaram de estudar o conteúdo pela primeira vez, e portanto têm muito mais noção das dificuldades. Como vantagens adicionais, sabe-se que ensinar é uma ótima maneira de aprender, pois força o aluno a organizar a informação [6]. Ademais, acredita-se que este processo favoreça o desenvolvimento de habilidades de comunicação entre os alunos.

Uma sugestão de aplicação de PI é que a aula seja dividida em diversos segmentos. Cada segmento começa com uma parte expositiva curta, que tenha um objetivo claro. De preferência, o professor deve avisar, antes da exposição, o que será cobrado, favorecendo o engajamento do aluno durante a exposição [6]. Após esta parte expositiva, uma questão conceitual é colocada para os alunos. Dá-se, então, alguns minutos para os alunos, individualmente, pensarem na resposta. Esta fase individual é importante, pois ela permite que o aluno se prepare para as discussões que se seguirão, estabelecendo assim um entendimento próprio do assunto. Ademais, ao dar a sua resposta, e sabendo que haverá discussões, em geral o aluno prepara argumentos para defender sua resposta, o que favorece uma participação mais ativa do aluno.

Neste ponto, as respostas são recolhidas pelo professor. Em sua implementação mais comum, as perguntas são de múltipla escolha, e os alunos podem responder usando papel colorido (em que cada cor indica uma alternativa), levantando a mão e indicando a alternativa com os dedos, usando soluções mais tecnológicas como os *clickers* (dispositivos parecidos com controles remoto que se comunicam com um receptor em um computador) ou usando seus próprios dispositivos móveis, como smartphones, tablets e laptops, associados a um site como www.infuselearning.com. As soluções mais tecnológicas têm a vantagem de favorecer o anonimato, o que tende a aumentar a participação dos alunos. Ademais, estas soluções permitem que o professor não mostre a distribuição das respostas entre os alunos, evitando assim direcionar as

discussões que se seguirão. Independente da tecnologia, todos os alunos têm uma chance de responder, o que favorece a participação de todos, em contraste com métodos tradicionais de perguntas em sala de aula, em que apenas poucos (e geralmente os mesmos) participam.

De posse das respostas, o professor avalia a compreensão dos alunos. Se muitos alunos acertaram (tipicamente 90% ou mais), ele pode fazer uma pequena explanação e passar para o próximo tema. Se muitos erraram (tipicamente 30% ou menos), ele pode fazer uma explicação mais detalhada e em seguida pedir para os alunos votarem mais uma vez. Na realidade, o interessante aqui é preparar questões que evitem qualquer um destes dois cenários. De certa forma, o objetivo é que a questão leve o aluno a cometer erros conceituais, de forma que ele possa corrigi-lo posteriormente, e, portanto, o desejado é que muitos alunos errem de fato a questão. Mas não todos, pois desejamos um número suficiente de alunos que tenham entendido o assunto e possam explicá-lo para os outros na próxima etapa, que envolve a instrução entre os pares. Observe, assim, que uma grande dificuldade de PI é preparar questões (e alternativas, no caso de múltipla escolha) relevantes, interessantes, e que mostrem erros conceituais importantes. De fato, a elaboração destas perguntas é um processo que pode durar muitas iterações, sendo corrigido lentamente ao longo de diversos cursos.

Se cerca de metade da turma escolheu a alternativa certa, o professor pode passar para a instrução entre os pares propriamente dita. Nesta etapa, o professor pede para os alunos se dividirem em grupos pequenos e discutir a resposta, e caminha pela sala para ouvir as discussões, observando os erros e acertos dos alunos. Depois de alguns minutos, o professor refaz a questão. Em geral, se observa que a quantidade de respostas corretas aumenta após estas discussões em grupo.

Após esta etapa, o professor faz uma explicação final da questão, encorajando perguntas dos alunos e levando em conta as observações feitas pelo professor durante a fase de discussão em pares. Tipicamente, explicações feitas nesta fase caem em “solo fértil” pois, após pensar individualmente e discutir com os colegas, os alunos estão mais preparados para elas. Ademais, o processo todo favorece o aparecimento de perguntas por parte dos alunos, e favorece discussões em classe nesta fase final de explicações.

Um outro aspecto interessante de *peer instruction* é a introdução de pausas na aula, o que já se mostrou ser importante para o aprendizado [4]. Uma das explicações para o valor das pausas é que elas resolvem o problema de atenção dos alunos, que tipicamente dura pouco mais de dez minutos.

VI. CONCLUSÕES

Neste trabalho, apresentamos um resumo de diversos fatores que possuem grande impacto no aprendizado. Apresentamos também uma estratégia de ensino que incorpora diversos destes fatores. Trata-se de um resumo escrito por um autor que não é um especialista na área de ensino. Devido a este fator e ao pequeno tamanho do resumo em relação ao número de temas abordados, o leitor deve estar atento para o fato de que as discussões neste trabalho são superficiais e desprovidas de

nuances. Cada um dos fatores discutidos aqui possui diversos aspectos e sutilezas que influenciam enormemente seu impacto no aprendizado, e que devem ser levados em conta antes da adoção do mesmo. De fato, muitos estudos mostram que a adoção destes e de outros métodos sem os devidos cuidados, e sem atentar para as diversas adaptações necessárias à prática em aula, pode prejudicar o sucesso dos métodos, ou mesmo levá-los a causar mais malefícios do que benefícios. Isto tem um outro aspecto prejudicial, pois o fracasso na adoção de alguma estratégia de ensino pode levar o professor a pensar que não é possível melhorar o aprendizado, quando na realidade o fracasso pode ser decorrente de uma adoção inadequada de uma estratégia.

Reconhecemos que há vários fatores, como particularidades culturais e disponibilidade de tempo por parte de alunos e professores, que dificultam ou até impossibilitam a aplicação de muito do que foi discutido aqui. Por outro lado, as evidências sugerem que o objetivo de melhorar o aprendizado não é uma utopia, e que muitos fatores sob controle de professor podem ter um grande impacto até sobre a motivação e o engajamento dos alunos. Assim, a mensagem deste trabalho não é que tudo está errado com o ensino em sua presente forma, e que tudo deva ser mudado, muito menos dizer que existe uma forma “certa” de ensinar. Talvez a principal mensagem seja convidar o leitor a uma reflexão sobre o impacto de sua instrução sobre o aprendizado dos alunos, convidá-lo a experimentar alternativas, buscando sempre avaliar como diferentes estratégias influenciam no aprendizado. Neste sentido, este resumo pode ser visto como um conjunto de sugestões de algumas alternativas que podem, em alguns contextos, levar os alunos a aprender melhor o que desejamos que eles aprendam.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Hattie, *Visible Learning For Teachers: Maximizing Impact On Learning*. Routledge, 2011.
- [2] S. A. Ambrose, M. W. Bridges, M. DiPietro, M. C. Lovett, and M. K. Norman, *How learning works: Seven research-based principles for smart teaching*. Jossey-Bass, 2010.
- [3] G. P. Wiggins and J. A. McTighe, *Understanding by design*. Ascd, 2005.
- [4] L. B. Nilson, *Teaching at its best: A research-based resource for college instructors*. Jossey-Bass, 2010.
- [5] C. H. Crouch, J. Watkins, A. P. Fagen, and E. Mazur, “Peer instruction: Engaging students one-on-one, all at once,” *Research-Based Reform of University Physics*, vol. 1, no. 1, pp. 40–95, 2007.
- [6] G. Petty, *Evidence Based Teaching: a practical approach*. Nelson Thornes, 2006.
- [7] T. Andrews, M. Leonard, C. Colgrove, and S. Kalinowski, “Active learning not associated with student learning in a random sample of college biology courses,” *CBE-Life Sciences Education*, vol. 10, no. 4, pp. 394–405, 2011.
- [8] B. S. Bloom, M. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill, and D. R. Krathwohl, “Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain,” *New York: David McKay*, vol. 19, p. 56, 1956.
- [9] L. W. Anderson, D. R. Krathwohl, and B. S. Bloom, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing*. Longman, 2005.
- [10] A. Ferraz and R. V. Belhot, “Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais,” *Gest. Prod., São Carlos*, vol. 17, no. 2, pp. 421–431, 2010.
- [11] B. S. Bloom et al., *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. ERIC, 1971.
- [12] D. H. Pink, *Drive: The surprising truth about what motivates us*. Canongate, 2010.