

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

## Uma Aplicação da Metodologia de “Sala de Aula Invertida” no Bacharelado em Ciência da Computação da UFRJ

Luis Menasché Schechter<sup>1</sup>Luziane F. de Mendonça<sup>2</sup>

Departamento de Ciência da Computação, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ

**Resumo.** Desenvolvemos uma adaptação da metodologia de *Sala de Aula Invertida* (*Flipped Classroom*) com recursos das metodologias *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching* e a utilizamos em três turmas do Bacharelado em Ciência da Computação da UFRJ: duas turmas da disciplina Linguagens Formais e uma da disciplina Cálculo Numérico. Neste artigo, descrevemos a metodologia que desenvolvemos e analisamos os resultados obtidos com estas turmas. Nossas conclusões sugerem que metodologias desta natureza podem ser bastante positivas para os alunos quando eles se dispõem a participar delas de forma plena.

**Palavras-chave.** Metodologia de Ensino, Ensino de Graduação, Sala de Aula Invertida

### 1 Introdução

Manter os alunos motivados em sala de aula é uma missão bastante difícil. No caso de um curso superior na área de computação, esta tarefa é especialmente complexa nas disciplinas com maior conteúdo teórico e grande carga matemática. Outro desafio é como estimulá-los a estudarem regularmente durante todo o semestre, e não somente nas vésperas das provas. Os alunos com hábito de estudo constante tendem a obter melhores resultados nas avaliações, mas o hábito do “estudo de véspera” é ainda muito arraigado.

No Departamento de Ciência da Computação (DCC) da UFRJ, lecionamos frequentemente disciplinas de graduação com o perfil descrito acima. Desta forma, estamos sempre em busca de novas maneiras para motivar mais os alunos em disciplinas como estas.

Apresentamos neste artigo uma metodologia de ensino que desenvolvemos e utilizamos em turmas de duas disciplinas que lecionamos em 2014: duas turmas de Linguagens Formais (semestres 2014/1 e 2014/2) ministradas pelo Prof. Luis Menasché, onde há uso de matemática discreta, e uma turma de Cálculo Numérico (semestre 2014/2) ministrada pela Profa. Luziane de Mendonça. Estas disciplinas possuem uma forte base matemática, de forma que elas se mostram apropriadas para a aplicação da metodologia desenvolvida.

Esta metodologia é construída sobre algumas propostas pedagógicas que vêm ganhando uso em Universidades conceituadas dos EUA na última década e meia. Para sua elaboração, foram combinadas e adaptadas ideias originadas nas propostas de *Sala de Aula Invertida* (*Flipped Classroom*) [3,4,7], *Peer Instruction* [5,6] e *Just-in-Time Teaching* [8].

---

<sup>1</sup>luisms@dcc.ufrj.br<sup>2</sup>luziane@dcc.ufrj.br

A proposta da *Sala de Aula Invertida* é inverter o método tradicional de transmissão do conteúdo em sala de aula. No modelo tradicional, o aluno recebe a primeira exposição do conteúdo em sala e depois realiza atividades de fixação após a aula (dever de casa). No modelo invertido, o aluno tem a primeira exposição ao conteúdo antes da aula, através do estudo prévio de materiais designados pelo professor, e realiza as atividades de fixação em sala, com o auxílio do professor e dos colegas. Não há uma maneira única de implementar esta proposta. Uma possibilidade que tem ganhado popularidade é a combinação das ideias de *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching*.

De modo geral, o *Peer Instruction* caracteriza-se como um método de ensino baseado no estudo prévio de materiais disponibilizados pelo professor, com a subsequente fixação do aprendizado feita em sala através da interação entre os estudantes. Em vez de usar o tempo em classe para transmitir em detalhe as informações presentes nos livros-texto, nesse método, a ideia é que os conceitos sejam construídos a partir de pequenos passos dados pelos alunos. Esta proposta já tem sido utilizada na área de Ciência da Computação [10].

Já o ponto principal do *Just-in-Time Teaching* é a possibilidade do professor planejar suas aulas a partir dos conhecimentos e dificuldades dos seus alunos, manifestadas através das respostas que eles fornecem em atividades prévias às aulas presenciais. O professor solicita que os alunos estudem materiais de apoio (como vídeos ou textos) e logo após respondam eletronicamente algumas questões conceituais sobre os tópicos. Este *feedback* permite que o docente prepare explicações e escolha atividades de ensino que possam auxiliar o entendimento dos conteúdos e a superação das principais dificuldades apresentadas pelos alunos. *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching* são estratégias que se complementam bem para a construção de uma metodologia de *Sala de Aula Invertida* [9].

A utilização destas propostas está em crescimento, inclusive no Brasil. Podemos citar como exemplo o trabalho [1], que adota estas propostas em um curso de Física.

A metodologia que desenvolvemos e aplicamos será detalhada na seção a seguir. Na seção 3, apresentamos os resultados que obtivemos com ela nas três turmas que a utilizaram. Finalmente, na seção 4, expomos as nossas conclusões.

## 2 Descrição da Metodologia

Nesta seção, apresentamos uma descrição da metodologia que desenvolvemos. Ela foi aplicada em três turmas do Bacharelado em Ciência da Computação da UFRJ, sendo duas da disciplina de Linguagens Formais e uma da disciplina Cálculo Numérico. As suas cargas horárias são de quatro horas semanais, com duas aulas de duas horas por semana.

De acordo com a proposta de *Sala de Aula Invertida*, um ponto central é o fornecimento de material de estudo para os alunos de maneira antecipada à aula presencial. Tal necessidade foi implementada em nossa metodologia através de atividades de leitura. Após a última aula de cada semana, os alunos recebem por email previamente cadastrado as atividades para a(s) aula(s) da semana seguinte (uma ou duas atividades).

As atividades são apresentadas em formulários online, com preenchimento e envio previstos para a noite anterior (22h) à aula a que cada um se refere. A primeira parte do formulário contém uma lista de trechos selecionados para leitura nos materiais didáticos

do curso (livro, apostila, notas de aula, slides, etc.). Esta etapa é um alicerce da *Sala de Aula Invertida*, de modo que os alunos devem sempre buscar realizá-la antes da aula.

Após a indicação dos textos a serem lidos, o formulário indica também um conjunto de exercícios presentes nos materiais didáticos do curso que tratam dos mesmos tópicos abordados nas leituras. O aluno deve tentar resolver os exercícios indicados, levando as eventuais dúvidas para serem resolvidas junto com o restante da turma. Esta abordagem de resolução das dúvidas de forma coletiva com a participação dos demais alunos da turma é uma ideia fundamental da proposta de *Peer Instruction*.

Na terceira e última parte do formulário, o aluno deve responder duas ou três *perguntas conceituais* sobre os tópicos abordados nas leituras indicadas. Estas perguntas são discursivas e tem o objetivo de avaliar o grau de compreensão dos conceitos básicos abordados na leitura. O principal ponto considerado nas respostas às perguntas conceituais é se o aluno é capaz de desenvolver uma resposta apropriada (mesmo que não esteja completamente correta) a partir dos conceitos estudados nas leituras correspondentes. Dado que as perguntas conceituais são a primeira avaliação do aluno após estudar conceitos e resultados novos, eventuais erros em detalhes da resposta não resultam em perda de pontuação.

Também estão presentes nesta última parte duas *perguntas de feedback* para o professor:

1. Após leituras atentas dos textos indicados, qual foi o tópico ou conceito abordado nestas leituras que você considerou mais difícil e/ou confuso? Cite também quais dos exercícios indicados você considerou difíceis de resolver.
2. Qual tópico ou conceito abordado nestas leituras você considerou mais interessante?

O envio dos formulários<sup>3</sup> das atividade de leitura e as respostas às suas perguntas são computadas para o cálculo de uma nota de avaliação das atividades de leitura. Esta é uma nota de 0 a 10 que reflete o desempenho do aluno ao longo de todas as atividades de leitura do curso. Para o cálculo desta nota, é considerada a quantidade de formulários de atividades de leitura entregues e também a presença de respostas bem desenvolvidas (mesmo que não estejam 100% corretas) às perguntas conceituais em cada formulário.

A nota final dos formulários recebeu um peso de 10% a 15% na média final. As provas tiveram peso de 80% e o restante da média foi atribuído a trabalhos complementares.

As respostas às perguntas conceituais e às perguntas de *feedback* são utilizadas para planejar a aula seguinte. A partir destas respostas, o professor pode saber quais tópicos precisam ser mais enfocados e reforçados durante a aula e quais tipos de exercício geraram mais dúvidas. Esta é a ideia principal da proposta *Just-in-Time Teaching*: que a aula possa ser moldada a partir de informações fornecidas anteriormente pelos alunos.

A partir das respostas do formulário, a aula é então focada em dois aspectos:

1. O professor realiza uma revisão dos conceitos e resultados principais abordados na atividade de leitura mais recente, dando especial atenção aos tópicos sinalizados como mais difíceis e/ou confusos pelos alunos nas respostas fornecidas. Neste processo de revisão, o professor deve, idealmente, servir apenas como guia, reconstruindo os conceitos e resultados gradativamente com o auxílio dos alunos presentes na aula.

<sup>3</sup>Exemplos de formulários das disciplinas Linguagens Formais e Cálculo Numérico podem ser consultados nos endereços <http://bit.ly/23dCgZK> e <http://bit.ly/1nxjeNx>, respectivamente.

2. O professor resolve, com a participação da turma, alguns exercícios, dando especial atenção a exercícios que servem de modelo para outros e a exercícios sinalizados como difíceis pelos alunos nas respostas fornecidas. Alguns exercícios podem ser resolvidos diretamente no quadro, com a ajuda dos alunos, enquanto outros podem ser passados para a resolução por parte dos alunos em pequenos grupos.

Quando um aluno for chamado para auxiliar na explicação de um conceito ou na resolução de um exercício, o importante é que ele possa contribuir com alguma coisa (por exemplo, um item de uma definição ou um passo de um exercício) que permita à turma como um todo avançar na questão. Assim, a ideia é que as explicações e as soluções de exercícios sejam construídas a partir de pequenos passos dados pelos alunos, o que também está de acordo com a proposta de *Peer Instruction*.

Com esta metodologia, o professor deixa de passar o tempo todo de aula falando para uma audiência muitas vezes desinteressada e reescrevendo no quadro com palavras ligeiramente diferentes o que já está escrito no material didático. Ao invés disso, ele passa a guiar o aprendizado dos alunos contando muito mais com o *feedback* e a participação deles e os ajudando a superar os obstáculos mais complexos que eles encontrarem, o que é o objetivo principal da *Sala de Aula Invertida*.

### 3 Resultados Obtidos

Nesta seção, apresentamos os resultados que obtivemos com a metodologia descrita na seção anterior. As turmas de Linguagens Formais de 2014/1 e de 2014/2 tinham, respectivamente, 60 e 57 alunos. Já a turma de Cálculo Numérico de 2014/2 tinha 42 alunos. Em cada uma delas, foram aplicadas 24 atividades de leitura ao longo do semestre.

Buscamos avaliar se a participação dos alunos na metodologia proposta, através da realização das leituras e da submissão dos formulários, efetivamente se refletiu em uma melhora de desempenho. Para isto, coletamos três tipos de dados em cada turma: as quantidades de formulários entregues, as notas finais das atividades de leitura e as notas (médias) das provas. Utilizamos na análise as notas das provas e não as médias finais porque estas últimas são influenciadas pelas notas das atividades de leitura.

Calculamos a correlação estatística<sup>4</sup> entre os três tipos de dados coletados, obtendo os valores da Tabela 1. A correlação entre a quantidade de formulários entregue e as notas finais obtidas nos formulários foi muito elevada em todas as turmas, sendo praticamente igual a 1. Isto nos mostra que, quando os alunos optaram por submeter os formulários, eles realmente se esforçaram por responder de forma coerente às perguntas.

Como a correlação entre (A) e (B) é extremamente elevada, não são surpreendentes os demais dados presentes na Tabela 1 que mostram que as correlações entre (A) e (C) e entre (B) e (C) são muito próximas entre si em todas as turmas. Desta forma, devido a limitações de espaço, vamos explorar em mais detalhes, graficamente, apenas as relações entre os dados (A) e (C)<sup>5</sup>. Em todas as figuras a seguir, o gráfico da esquerda é referente

<sup>4</sup>A correlação ( $r$ ) é calculada como  $r(X, Y) = cov(X, Y) / (\sigma(X)\sigma(Y))$ .

<sup>5</sup>Os gráficos análogos referentes às relações entre os dados (B) e (C) também foram gerados e são realmente muito semelhantes aos gráficos que apresentamos neste artigo.

Tabela 1: Correlações, para cada turma, entre: (A) os percentuais de preenchimento dos formulários, (B) as notas obtidas nos formulários e (C) as notas obtidas nas provas.

	Turma LF1			Turma LF2			Turma CN		
	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
(A)	1	0.995	0.669	1	0.997	0.665	1	0.989	0.727
(B)	0.995	1	0.699	0.997	1	0.683	0.989	1	0.734
(C)	0.669	0.699	1	0.665	0.683	1	0.727	0.734	1

à turma de Linguagens Formais de 2014/1, o do centro é referente à turma de Linguagens Formais de 2014/2 e o da direita é referente à turma de Cálculo Numérico de 2014/2.

Na Figura 1, apresentamos nuvens de pontos das três turmas, em que cada ponto representa um aluno da turma no que se refere a duas medidas: o percentual de formulários que ele entregou e a nota final que ele obteve nas provas. Além disso, estão presentes nos gráficos as retas das regressões lineares que aproximam a tendência destes pontos. Estas retas mostram que, efetivamente, a tendência geral dos alunos é de obterem um desempenho melhor quando se dedicam mais ativamente às atividades de leitura.

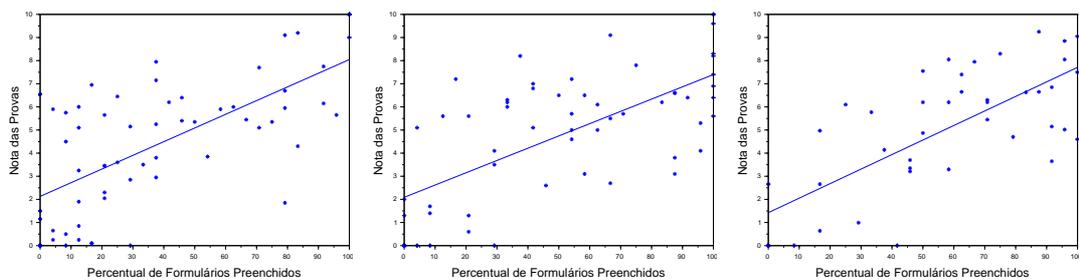


Figura 1: Formulários Preenchidos (%) X Nota das Provas - Um ponto por aluno

Na Figura 2, apresentamos as notas das provas agrupadas de acordo com os percentuais ( $p$ ) de preenchimento dos formulários. Nos gráficos da primeira linha, para cada  $p$ , são apresentadas as notas mínima, média e máxima do grupo de alunos que preencheu *no máximo*  $p\%$  dos formulários. Os gráficos da segunda linha são análogos, porém cada grupo é formado pelos alunos que preencheram *pelo menos*  $p\%$  dos formulários. Estes gráficos são inspirados na ferramenta *Performance Profile*, muito utilizada para comparação de desempenho de algoritmos [2]. As notas médias com  $p = 100$  num gráfico da primeira linha e com  $p = 0$  no respectivo gráfico da segunda linha são iguais e representam a média da turma. Novamente, as retas das regressões lineares dos pontos destes gráficos mostram que, efetivamente, os alunos em geral obtêm desempenhos significativamente melhores quando se dedicam mais ativamente às atividades de leitura.

Finalmente, na Figura 3, apresentamos os percentuais de preenchimento de cada um dos 24 formulários em cada turma. Há uma clara tendência de queda da participação dos alunos nas atividades de leitura durante o semestre. Nas turmas de Linguagens Formais, esta tendência se manteve praticamente inalterada, sendo bem representada pelas retas das regressões lineares presentes nos gráficos. Já em Cálculo Numérico, após uma queda

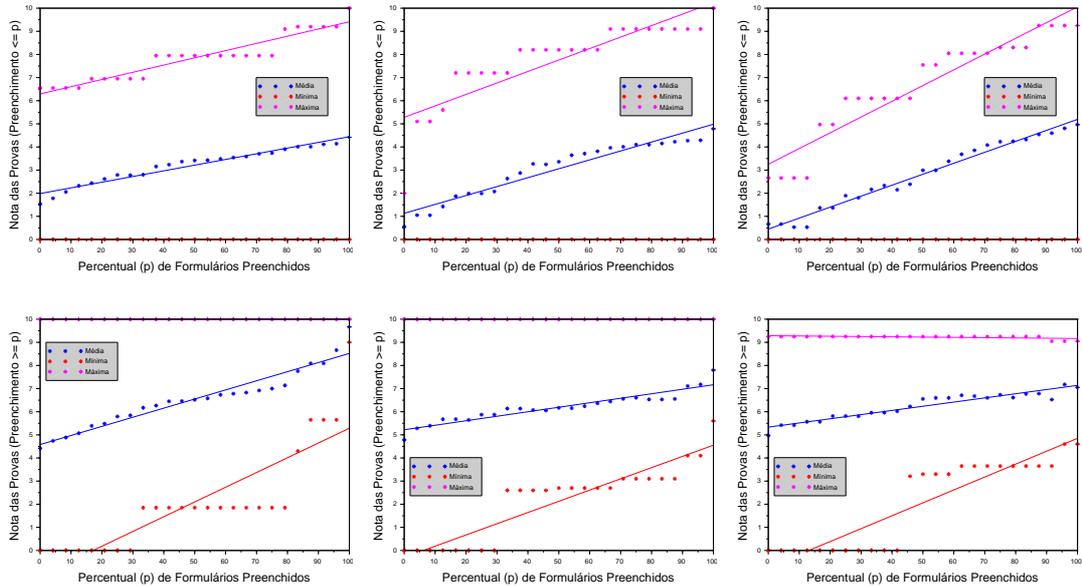


Figura 2: Formulários Preenchidos (%) X Nota das Provas - Alunos agrupados por percentual de preenchimento

inicial, houve um aumento significativo na participação após a décima segunda atividade de leitura, época da divulgação das notas da primeira prova. Entretanto, após este aumento, volta-se a observar a tendência de queda até o final do semestre. Esta tendência foi representada através de um ajuste de um polinômio de grau 4.

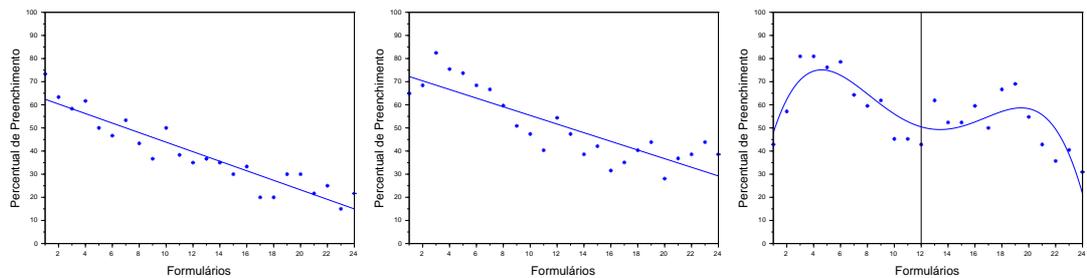


Figura 3: Preenchimento (%) de cada um dos 24 formulários

## 4 Conclusões

Conforme o exposto na seção anterior, a metodologia proposta influencia positivamente o desempenho dos alunos que participam ativamente dela. Cremos que isto se deve, principalmente, a dois fatores. Primeiramente, as leituras constantes estimulam o aluno a

estudar regularmente a disciplina, ao invés de apenas tentar estudar nos dias que antecedem uma prova. Em segundo lugar, ao realizar as leituras e responder aos formulários, o aluno já chega à aula com uma familiaridade inicial aos tópicos que serão abordados. Em turmas grandes, o aluno parece sentir mais dificuldade em aprender um conteúdo novo do zero do que em esclarecer detalhes sobre algo que já viu antes, mesmo que de forma breve.

O ponto de vista externado pelos próprios alunos respalda estas conclusões. Entre as mensagens enviadas pelos alunos, estavam presentes os seguintes relatos: “Quando se vai para a aula com um pré-conhecimento sobre o assunto, se torna mais fácil entender a explicação do professor. Acho isso muito vantajoso.”; “Acho que o ponto forte da metodologia foi forçar os alunos a estar em dia com a matéria. Acredito que se não fossem as atividades de leitura, eu provavelmente só estudaria LF dois dias antes da prova.” e “O ponto interessante é que o aluno já chega para a aula com alguma base, abrindo ainda mais espaço e incentivando a participação nas aulas.”

## Referências

- [1] I. S. Araujo e E. Mazur. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de aprendizagem de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2):362–384, 2013.
- [2] E. D. Dolan e J. J. Moré. Benchmarking optimization software with performance profiles. *Mathematical Programming*, 91(2):201–213, 2002.
- [3] A. King. From sage on the stage to guide on the side. *College Teaching*, 41(1):30–35, 1993.
- [4] M. Lage, G. Platt e M. Treglia. Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *Journal of Economic Education*, 31(1):30–43, 2000.
- [5] E. Mazur. *Peer Instruction: A User’s Manual*. Series in Educational Innovation. Prentice Hall, 1997.
- [6] E. Mazur e C. Crouch. Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9):970–977, 2001.
- [7] H. N. Mok. Teaching tip: The flipped classroom. *Journal of Information Systems Education*, 25(1):7–11, 2014.
- [8] G. Novak, E. T. Patterson, A. D. Gavrin e W. Christian. *Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology*. Prentice Hall, 1999.
- [9] J. Watkins e E. Mazur. Just-in-time teaching and peer instruction. In S. Simkins e M. H. Maier, editores, *Just in Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy*, capítulo 3, páginas 39–62. Stylus Publishing, 2009.
- [10] Peer instruction for computer science. <http://www.peerinstruction4cs.org>. Acessado em 24/01/2016.