

ENSINANDO A LEI DA INÉRCIA ATRAVÉS DAS METODOLOGIAS ENSINO SOB MEDIDA E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS

TEACHING THE LAW OF INERTIA THROUGH METHODOLOGIES JUST IN TIME TEACHING AND PEER INSTRUCTION

**Gabriele Maria Baptista Cordeiro¹, Marco Aurélio do Espírito Santo², Jefferson
Adriano Neves³, Larissa de Jesus⁴**

¹ Instituto Federal do Rio de Janeiro, campus Volta Redonda, gabimbc@hotmail.com

² Instituto Federal do Rio de Janeiro, campus Volta Redonda, marco.santo@ifrj.edu.br

³ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Exatas, jefferson.neves@ufla.br

⁴ Instituto Federal do Rio de Janeiro, campus Volta Redonda, larissadejesus42@gmail.com

Resumo

Nas últimas décadas as metodologias ativas têm se mostrado uma opção ao ensino tradicional. Nelas o aluno é exposto às atividades interativas antes, durante e após a aula, levando-o a estudar previamente, discutir e avaliar suas dúvidas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem. Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma sequência de ensino e aprendizagem planejada de acordo com a metodologia *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas) em conjunto com a metodologia *Just in Time Teaching* (Ensino sob Medida). A proposta é dividida em pré-teste conceitual, atividade de leitura sobre a evolução do conceito de força e movimento, aulas curtas com questões de múltipla escolha interativa e pós-teste para avaliação do ganho da turma. A atividade foi realizada em uma turma da disciplina física básica I do Instituto Federal do Rio de Janeiro do curso de Licenciatura em Física. Para analisar os resultados alcançados com a sequência foi realizado um estudo qualitativo e estipulado o possível ganho pedagógico por meio do coeficiente de Hake.

Palavras-chave: Metodologias Ativas; Instrução pelos Colegas; Ensino sob Medida; Lei da Inércia.

Abstract

In recent decades, active methodologies have proven to be an option for traditional teaching. In them the student is exposed to interactive activities before, during and after class, leading him to study in advance, discuss and evaluate his doubts during the teaching and learning process. In this context, the present work presents a sequence of teaching and learning planned according to the *Peer Instruction* methodology together with the *Just in Time Teaching* methodology. The proposal is divided into a conceptual pre-test, reading activity on the evolution of the concept of force and movement, short classes with multiple choice interactive questions and a post-test to assess the class gain. The activity was carried out in a class of basic physical discipline I at the Federal Institute of Rio de Janeiro of the Physics Degree

course. To analyze the results achieved with the sequence, a qualitative study was carried out and the possible pedagogical gain was stipulated through the Hake coefficient.

Keywords: Active Methodologies; Peer instruction; Just-in-time Teaching; Law of Inertia.

Introdução: Instrução Pelos Colegas e o Ensino sob Medida no Ensino de Física

Nos últimos anos as concepções de ensino e aprendizagem têm apresentado mudanças significativas apontando para a ruptura do paradigma do ensino tradicional, possibilitando novas formas de ensino centradas no aluno, as denominadas metodologias ativas, onde o professor é o mediador do processo de ensino e aprendizagem. Uma destas metodologias é a *Peer Instruction*, traduzida de forma livre no Brasil como instrução pelos Colegas (IpC) ou ainda instrução por pares, criada na década de 1990 na Universidade de Havard, Estados Unidos, pelo professor holandês Eric Mazur (MAZUR, 2015, p.10).

Na IpC o professor inicialmente propõe a leitura do livro texto ou notas de aula antes da apresentação em sala, isto introduz o assunto. Na aula, o professor realiza apresentações orais curtas, entre 15 a 20 minutos, em que são discutidos os conceitos fundamentais e sequencialmente é lançada uma questão conceitual, geralmente de múltipla escolha focada no assunto abordado (MAZUR, 2015, p.10).

A questão é respondida individualmente, o tempo para isto é de 2 minutos. Depois o professor registra a resposta dos alunos, o que configura a primeira votação. O próximo passo depende dos percentuais de acertos da turma: acima de 70% o professor poderá passar para uma nova questão, realizar uma discussão com os alunos sobre a questão ou ir para o próximo tópico; se o percentual é menor que 30% o professor refaz a apresentação preferencialmente de forma diferente.

Agora se o percentual fica entre 30% e 70% haverá uma discussão entre os alunos da seguinte forma: cada aluno é orientado a procurar dentro da turma outro aluno que tenha respondido, preferencialmente, a questão de forma diferente da dele para tentar convencê-lo que a sua resposta é a correta. Os alunos têm 2 minutos para a discussão e logo após a questão é respondida mais uma vez, o que configura a segunda votação. Para finalizar o docente registra as respostas e determina os percentuais novamente. Essa etapa é considerada o núcleo da metodologia, quando realizada com sucesso contribuirá para a internalização dos conceitos estudados e pela melhora na construção do conhecimento (MAZUR, 2015, p.10).

O processo de registro de votação das questões pode ser realizado através de diversos sistemas, como cartões impressos, sistemas eletrônicos, e aplicativos como *Socrative*¹ e *Plickers*² que utilizam o *smartphone*. Apesar da multiplicidade de meios de votação, uma pesquisa realizada para comparar os resultados de aprendizagem alcançados pelo uso de um ou outro sistema não encontrou

1 <https://socrative.com/>

2 <https://get.plickers.com/>

diferenças estatisticamente significativas na média de acertos para testes padronizados (LASRY, 2008).

Segundo Mazur para uma maior eficácia da IpC os alunos devem ter uma noção mínima do conteúdo a ser trabalhado em cada aula. É interessante também o professor ter uma ideia das dúvidas e dificuldades na leitura realizada pelos alunos antes das aulas para que possa superá-las. Com estes objetivos ele adotou em suas aulas, a metodologia *Just-in-time teaching* cuja tradução livre no Brasil é Ensino sob Medida (EsM) (MAZUR, 2015, p.24). Essa metodologia foi criada por Gregory M. Novak em 1996 e colaboradores na Universidade de Indiana (NOVAK et al., 1999).

Na EsM, o professor disponibiliza um material para o aluno estudar antes das aulas, que pode ser um capítulo de livro, um texto, um artigo científico, notas de aulas, uma referência na internet, uma vídeo-aula. Junto a esta atividade o aluno responde um questionário eletrônico com o objetivo de sondar o que entendeu e quais as dúvidas que surgiram em relação ao conteúdo. A partir das respostas o professor prepara suas apresentações e questões conceituais da IpC (MAZUR, 2015, pag.24).

Neste cenário, o presente trabalho tem como objetivo apresentar resultados obtidos com a realização de um sequencia didática fundamentada nas metodologias IpC e EsM para o ensino da primeira lei de Newton. A sequência didática foi realizada com alunos do primeiro período do curso de licenciatura em física do Instituto Federal do Rio de Janeiro, campus Volta Redonda.

Da proposta à Ação em Sala de Aula

A sequência foi elaborada com objetivo de ensinar a primeira lei de Newton por meio da IpC e do EsM, pois se esperava buscar um ambiente de construção do conhecimento em que os alunos estivessem ativos e envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, pretendeu-se apresentar para os alunos uma estratégia didática diferente das aulas expositivas e resolução de exercícios.

Antes de iniciar a sequência, os alunos realizaram o pré-teste, composto por 19 questões de múltipla escolha, proposto por Silveira et al. (1992). Com tal instrumento se buscava compreender se os alunos apresentavam a concepção newtoniana da relação entre a força e o movimento. Após o desenvolvimento da proposta, o mesmo teste foi realizado, porém com o objetivo de identificar mudanças na compreensão da relação entre força e movimento. Cada realização do teste levou aproximadamente 40 minutos.

Para iniciar o Ensino sob Medida, utilizou-se um texto adaptado do livro Física para o Segundo grau: Mecânica (GUIMARÃES, 1997, p. 115-129). O texto abordou a evolução das ideias de movimento, indo de Aristóteles a Galileu e teve como objetivo apresentar os modelos históricos utilizados para explicar o movimento dos corpos em uma linguagem simples, como também introduzir o conteúdo. Este escolha se fundamenta em estudos como de Yukimi et al. (1992), que apontam que as explicações espontâneas dos alunos sobre o movimento se aproximam destes modelos.

O texto foi disponibilizado eletronicamente com prazo de uma semana para a leitura. Na etapa seguinte, os alunos responderam seis questões, cinco sobre o texto e uma questão de *feedback* adaptada do estudo de Oliveira, Araújo e Veit (2016) para levantar possíveis dificuldades encontradas durante a leitura. As questões foram respondidas em sala de aula para obter maior adesão dos alunos e levou aproximadamente 40 minutos.

A partir da análise dos resultados das atividades anteriores, elaborou-se a aula com uma apresentação de aproximadamente 25 minutos, em que se discutiu o enunciado da primeira lei de Newton, a relação velocidade e força resultante, equilíbrios estático e dinâmico. Na sequência foram lançadas as questões, presente no Quadro 1.

Quadro 1: Questões conceituais aplicadas.

1) Ao estudar o movimento dos corpos, Galileu Galilei considerou que um corpo com velocidade constante permaneceria nessa situação caso não atuasse sobre ele qualquer força ou se a somatória das forças, a força resultante, fosse igual a zero. Comparando esse estudo de Galileu com o estudo realizado por Isaac Newton, Lei da Inércia, pode-se afirmar que, para Newton

I – um corpo com velocidade constante (intensidade, direção e sentido) possui força resultante igual a zero;

II – um corpo em repouso, com velocidade constante e igual a zero, possui força resultante igual a zero;

III – Galileu considerou a velocidade constante (intensidade, direção e sentido) no movimento circular.

Está correto o que se afirma em:

a) I, apenas. b) I e II, apenas. c) I e III, apenas. d) II e III, apenas.

2) É comum, em filmes de ficção científica, que as naves espaciais, mesmo quando longe de qualquer planeta ou estrela, permaneçam com os motores ligados durante todo o tempo de percurso da viagem. Esse fato:

a) Se justifica, porque, se os motores forem desligados, a velocidade da nave diminuirá com o tempo até parar.

b) Se justifica, pois, para que qualquer objeto se mova, é necessária a ação de uma força sobre ele.

c) Se justifica, porque, se os motores forem desligados, a nave será desviada, de forma gradativa, de sua rota.

d) Não se justifica, pois, uma vez atingida a velocidade de cruzeiro, a nave seguirá até o destino com velocidade constante.

3) A figura abaixo representa uma escuna atracada ao cais. Deixa-se cair uma bola de chumbo do alto do mastro – ponto O. Nesse caso, ele cairá ao pé do mastro – ponto Q. Quando a escuna estiver se afastando do cais, com velocidade constante, se a mesma bola for abandonada do mesmo ponto O, ela cairá no seguinte ponto da figura:



a) P b) Q c) R d) S

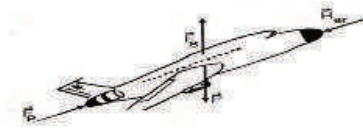
4) Um avião está voando horizontalmente em linha reta. Listamos a seguir as forças que atuam sobre ele: o peso \vec{P} (para baixo), a sustentação \vec{F}_S (para cima), a força de propulsão \vec{F}_P (para frente) e a resistência do ar \vec{R}_{AR} (para trás).



Qual das opções relaciona corretamente os módulos dessas forças, se o movimento é com velocidade constante?

a) $P = F_S$ e $F_P = R_{AR}$ b) $P = F_S$ e $F_P > R_{AR}$ c) $P > F_S$ e $F_P > R_{AR}$ d) $F_S > P$ e $F_P = R_{AR}$

5) Agora o avião está subindo, com velocidade constante, numa rela inclinada de 30° com a horizontal. Qual a relação entre os módulos de \vec{P} , \vec{F}_S , \vec{F}_P e \vec{R}_{AR} :



a) $P = F_S$ e $F_P > R_{AR}$ b) $P > F_S$ e $F_P > R_{AR}$ c) $F_S = P$ e $F_P = R_{AR}$ d) $P = F_S$ e $F_P < R_{AR}$

6) A figura representa uma caixa que desce verticalmente com velocidade constante, presa a um cabo de aço. A Relação correta entre o módulo do peso \vec{P} da caixa e o módulo da força \vec{F} é:



a) $F > P$ b) $F < P$ c) $F = P$ d) $F = P = 0$

Fonte: Física para o segundo grau: mecânica, p.129, 1997.

Para iniciar a votação o docente responsável apresentou a metodologia e fez uma rápida discussão dos objetivos e procedimentos a serem efetuados.

No início das votações, os alunos foram divididos em grupos com quatro integrantes, participaram 32 alunos. A primeira votação de cada questão foi realizada de maneira individual e registrada, logo após os alunos realizaram as discussões entre os colegas. Escolheu-se realizar a discussão entre os alunos independentes do percentual de acertos na primeira votação por dois motivos: (a) acredita-se que mesmo que a porcentagem de erros fosse pequena as dúvidas dos alunos deveriam sempre ser consideradas; e, (b) para avaliar a efetividade da interação entre os alunos na resolução das questões na segunda votação, núcleo da metodologia IpC.

Para avaliar esta efetividade, foram computadas percentualmente as mudanças que ocorreram entre a primeira e segunda votação. Por exemplo: A categoria *correta – correta* dá o percentual de alunos que votaram corretamente na primeira votação e mantiveram sua resposta na segunda votação. A categoria *incorreta-correta* dá o percentual de alunos que escolheram a resposta incorreta na primeira votação e após a interação com os colegas mudaram para a resposta correta. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Percentuais de mudança em cada questão após a discussão entre os colegas

Votação 1 - Votação 2	Q01 (%)	Q02 (%)	Q03 (%)	Q04 (%)	Q05 (%)	Q06 (%)
Incorreta – Correta	19	34	19	22	6	16
Correta – Correta	81	63	66	16	25	37
Incorreta – Incorreta	0	0	9	47	53	38
Correta – Incorreta	0	3	3	9	10	3
Sem segunda resposta	0	0	3	6	6	6

Fonte: Autores da Pesquisa.

Análise dos dados e considerações Finais

Nas questões 01 e 02, os percentuais de mudança apontam que a discussão entre os alunos foi efetiva na segunda votação, todos os alunos acertaram a questão sem necessidade de uma nova apresentação. Na terceira questão o percentual de mudança é menor que das duas primeiras, mesmo assim foi observada a convergência para a resposta correta que passou de 66% para 85% dos alunos, apontando para a efetividade da interação. Apesar disto houve um percentual de 3% dos alunos que trocou da resposta correta para a resposta incorreta. Uma explicação possível é que estes alunos possam ter escolhido aleatoriamente a resposta certa na primeira votação e terem sido convencidos erroneamente da resposta incorreta.

A quarta e a quinta questões são idênticas apenas mudando a direção do movimento. Essas questões foram escolhidas para sondar a compreensão dos alunos sobre a relação entre a resultante das forças e as forças que atuam em um corpo em equilíbrio dinâmico. As votações das duas questões mostraram que as discussões pelos pares não foi efetiva, pois: (a) na quarta questão 4 houve uma mudança de 22% da resposta incorreta para correta, porém 47% dos alunos votaram na resposta errada em ambas as votações; e (b) na quinta questão o percentual de mudança foi ainda menor 6%, nela 53% escolheram a alternativa incorreta nas duas votações. Esses resultados podem apontar que os alunos não entenderam a relação entre a força resultante e a forças individuais que devem se somar em uma resultante nula para que o equilíbrio dinâmico seja mantido.

Como indica a Instrução pelos Colegas, após os resultados das questões 4 e 5 aconteceu uma nova apresentação oral sobre a lei da inércia focada no equilíbrio dinâmico. Logo após foi lançada a última questão. O percentual de mudança para essa questão foi de 16%, indicando a efetividade da interação com os colegas, no entanto, 38% dos alunos selecionaram a resposta errada nas duas votações. Isto pode apontar que os alunos ainda apresentam dúvidas sobre o equilíbrio dinâmico, assim foi resolvida a questão reforçando os conceitos.

De acordo com a Tabela 1 observou-se que alguns alunos participaram da primeira votação e não da segunda. Contudo, não se investigou a razão para esse fato, uma hipótese é que as interações entre os colegas não foi efetiva.

Para realizar uma avaliação qualitativa da aprendizagem ao final da proposta os estudantes realizaram o pós-teste e foi calculado o ganho normalizado proposto por Richard Hake na década de 1990 (HAKE, 1998). Ele utilizou dados de mais de seis mil alunos, de ensino médio e superior americanos para avaliar o ganho conceitual proporcionado pelas metodologias tradicional e ativas como a IpC (Müller et al., 2017)

O ganho normalizado é definido por:

$$g = \frac{\langle N_{\text{pós}} \rangle - \langle N_{\text{pré}} \rangle}{100 - \langle N_{\text{pré}} \rangle}$$

Onde $\langle N_{\text{pré}} \rangle$ o percentual médio de aproveitamento da turma no pré-teste, $\langle N_{\text{pós}} \rangle$ o percentual médio de aproveitamento da turma no pós-teste (HAKE, 1998).

O numerador desta equação corresponde ao ganho efetivo obtido pela turma, o denominador, à melhora máxima possível de ser alcançada pela turma. O valor do ganho normalizado varia entre 0 e 1 (ou entre 0% e 100%) (Müller et al., 2017).

Hake (HAKE, 1998) definiu que o ganho com uma determinada disciplina ou metodologia poderia ser classifica como:

“alto” para disciplinas ou metodologias com $g \geq 0,7$;

“médio” para disciplinas ou metodologias com $0,3 \leq g < 0,7$

“baixo” para $g < 0,3$.

A partir dos resultados dos testes aplicados, obteve-se um ganho normalizado de valor de $g = 0,4$ que está dentro do ganho médio, segundo a escala de Hake. Para Mazur, turmas submetidas à Instrução pelos Colegas devem apresentar um valor $g > 0,36$ (ARAUJO; SILVA; JESUS, 2017; MAZUR, 2015), o que demonstra que o resultado alcançado é compatível ao de turmas onde ocorreu uma aprendizagem ativa.

As metodologias utilizadas mudaram significativamente a dinâmica da sala de aula. Com as tarefas de leitura, texto e questionário mostraram as primeiras dificuldades dos alunos com os conceitos envolvidos com a primeira lei de Newton. Isto permitiu a escolha das questões conceituais assim como também da fundamentação da apresentação curta. Neste ponto é interessante relatar que os alunos já tinham estudado o princípio da inércia em sua formação de nível médio, no entanto, apresentavam concepções espontâneas diferentes do paradigma newtoniano. Isto pode ser verificado através dos resultados nas questões 4 e 5, a concepção de que o movimento necessita de uma força líquida para se manter está presente na maioria das respostas da turma. E mesmo após uma nova discussão os resultados da questão 6 aponta que uma parte permaneceu ainda com essa concepção.

Durante a realização da aula os alunos se mostraram mais ativo, trazendo suas dúvidas e questionamentos. Este fato permitiu o enfrentamento das dificuldades e dúvidas em tempo real.

Referências

- ARAUJO, A. V.R de; SILVA, E. S.; JESUS, V. L. B. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, e2401, 2017.
- GUIMARÃES; B. **Física para o 2º grau: Mecânica**. São Paulo: Harbra, p.115-129, 1997.
- Hake, R. R. American Journal of Physics 66, 64 (1998).
- LASRY, N. Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference? **The Physics Teacher**, v. 46, n. 4, p. 242, 2008.
- MAZUR, E. Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa. Porto Alegre: **Penso**, 2015. 252 p.
- MÜLLER, M. G; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; Schell, J. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, n.3, e 3403, 2017.
- NOVAK, G. M. et al. **Just-in-Time teaching**: blending active learning with web technology [S.1] Prentice Hall, p. 188, 1999.
- OLIVEIRA, T.E; ARAÚJO I.S; VEIT, E.A. Sala de aula invertida (*flipped classrom*): Inovando as aulas de física. **Física na Escola**. Porto Alegre, v.14, n.2, p. 4-13, 2016
- SILVEIRA, F. L. Da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, 10 (2), 187-194, 1992.
- YUKIMI, H. PREGNOLATO et al., Concepções sobre força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 14, n.1,1992,p.19-23, 1991.