

Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) e Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio⁺

Vagner Oliveira¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

Campus Pelotas

Pelotas – RS

Eliane Angela Veit²

Ives Solano Araujo³

Instituto de Física – UFRGS

Porto Alegre – RS

Resumo

*Muitos professores do ensino médio gostariam de inovar em suas atividades de ensino, porém desconhecem métodos de ensino alternativos, que já tenham mostrado bons resultados, e que sejam viáveis para a realidade de suas salas de aula. Neste artigo apresenta-se uma experiência didática no ensino de conceitos fundamentais de Eletromagnetismo, em turmas de nível médio, utilizando o método Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) associado ao Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*). Descreve-se a elaboração do material didático, o contexto de implementação, os resultados obtidos em relação aos ganhos de aprendizagem do conteúdo e às atitudes dos alunos frente aos métodos, que se mostraram amplamente positivos.*

⁺ A didactical experience using the methods Just-in-Time Teaching and Peer Instruction to teach Electromagnetism at High School

* *Recebido: novembro de 2013.
Aceito: outubro de 2014.*

¹ vagnerjpn@yahoo.com.br

² eav@if.ufrgs.br

³ ives@if.ufrgs.br

Palavras-chave: *Instrução pelos Colegas; Peer Instruction; Ensino sob Medida; Just-in-Time Teaching; Ensino Médio; Eletromagnetismo.*

Abstract

Many high school teachers would like to innovate their teaching activities, however they do not know alternatives teaching methods, which have already shown good results and which are viable for the reality of their classrooms. This paper presents a didactic experience in teaching fundamental concepts of Electromagnetism to high school classes, by using the methods Peer Instruction and Just-in-Time-Teaching combined. It describes the preparation of teaching materials, the context and the way in which they were implemented, and the results obtained in relation to learning content and the attitudes of the students; all of them widely positive.

Keywords: *Peer Instruction; Just-in-Time-Teaching; Physics education; High School; Electromagnetism.*

I. Introdução

Nas últimas décadas, tem sido cada vez maior o descontentamento em relação à baixa eficiência, em termos de aprendizagem, do emprego de métodos tradicionais de ensino, caracterizados pelo foco quase exclusivo na transmissão de informações. O clamor por mudanças, tanto por parte dos professores quanto dos alunos, é ainda maior nas aulas de Física, devido à enorme dificuldade apresentada pelos alunos em dar significado a conceitos fundamentais dos conteúdos trabalhados e no domínio, mesmo em nível básico, da operacionalização destes conceitos. Tais dificuldades se originam desde o Ensino Fundamental e costumam ser propagadas ao longo da formação do estudante, que não consegue relacionar as novas informações apresentadas com aquilo que já sabe. Em grande parte, a falta de uma dinâmica de ensino que permita aos alunos dialogarem de forma sistemática, consistente e orientada, seja com seus próprios colegas ou com o professor, contribui para o quadro de dissimulação dos problemas de compreensão, ao invés de seu enfrentamento.

Urgem mudanças didáticas e, como alertam Carvalho *et al.* (2010), não bastam mudanças pontuais, restritas a um único aspecto. As modificações requeridas abarcam transformações conceituais, mas também atitudinais e procedimentais em sala de aula, desempenhando, o professor, um papel fundamental nesses processos:

Não basta o professor saber que aprender é também apoderar-se de um novo gênero discursivo, o gênero científico escolar, ele também precisa saber fazer com que

seus alunos aprendam a argumentar, isto é, que eles sejam capazes de conhecer às afirmações contraditórias, as evidências que dão ou não suporte às afirmações (...). Eles precisam saber criar um ambiente propício para que os alunos passem a refletir sobre seus pensamentos, aprendendo a reformulá-los por meio da contribuição dos colegas, mediando conflitos pelo diálogo e tomando decisões coletivas (CARVALHO et al. Ibid., p. 9).

Para tanto, é necessária uma diversidade de métodos de ensino que fomentem as transformações desejadas, e sua efetiva inserção em sala de aula.

Dentre os métodos que podem contribuir nesse sentido, temos utilizado:

- o *Peer Instruction* (PI) (MAZUR, 1997), ou em tradução livre Instrução pelos Colegas (IpC) (ARAUJO; MAZUR, 2013), que se caracteriza por instigar os alunos a discutirem entre si questões conceituais em sala de aula;

- e o *Just-in-Time Teaching* (JiTT) (NOVAK et al., 1999), ou em tradução livre Ensino sob Medida (EsM) (ARAUJO; MAZUR, 2013), que requer que o aluno assuma a responsabilidade de se preparar para a aula, realizando alguma tarefa prévia, usualmente de leitura.

Visando contribuir para a melhoria da sala de aula, o presente trabalho tem como objetivo compartilhar uma experiência didática bem sucedida em que uma combinação desses métodos foi implementada para o ensino-aprendizagem de Eletromagnetismo em turmas de Ensino Médio de uma escola pública federal do interior do Rio Grande do Sul. Descrevemos os métodos, o material didático elaborado, seu uso por parte dos alunos e uma avaliação da experiência realizada, dando ênfase às atitudes dos alunos frente aos métodos e aos resultados obtidos na aprendizagem do conteúdo.

II. Revisitando os métodos EsM e IpC e os estudos sobre ensino de Eletromagnetismo em nível médio

Em relação aos métodos EsM e IpC, Araujo e Mazur (2013) apresentam uma descrição detalhada sobre seus componentes e suas implicações para o ensino, além de sintetizarem as principais investigações envolvendo o uso combinado de tais métodos. Tendo isso em vista, optamos por fazer uma apresentação bastante sucinta a esse respeito e nos reportamos a poucos artigos, de preferência focados no Ensino Médio.

II.1 O que é *Peer Instruction* ou Instrução pelos Colegas?

Instrução pelos Colegas (IpC) é um método de ensino-aprendizagem introduzido em 1991 por Eric Mazur, em suas aulas na Universidade de Harvard, Estados Unidos, com o principal objetivo de fazer com que os alunos se engajem no processo de aprendizagem e

compreendam de forma mais significativa os conceitos físicos estudados (MAZUR, 1997). O método se desenvolve a partir de testes conceituais, que promovem entre os alunos discussões e debates sobre o conteúdo, instigando cada aluno a expor suas ideias sobre os conceitos trabalhados em sala de aula.

A aula inicia com o professor fazendo uma minie Exposição sobre o primeiro conceito a ser trabalhado naquele encontro. Logo após, lança uma questão conceitual, usualmente de múltipla escolha, chamada de Teste Conceitual⁴ para que os alunos pensem a respeito (por cerca de 2 min) e votem na alternativa que julgarem ser a correta⁵. Nesta etapa, é fundamental que os alunos sejam incentivados a formular, individualmente um raciocínio para tentar convencer algum colega que tenha escolhido uma resposta diferente da sua.

Se o professor identifica que menos de 30% dos alunos acertaram a questão é sinal de que a maior parte ainda não compreendeu o conceito envolvido, e é aconselhável que o professor o explique novamente, preferencialmente, com uma abordagem diferente. Caso a votação resulte em mais de 70% de acertos, o professor pode comentar brevemente a questão, argumentando sobre a pertinência da alternativa considerada correta e apontando o que está incorreto nas demais alternativas. A seguir, pode optar em lançar mais um teste sobre o mesmo assunto para se certificar de que os alunos compreenderam o tema ou, se considerar mais conveniente, passar para o próximo conceito a ser exposto.

Se o percentual de respostas corretas estiver entre 30% e 70%, então ocorre a etapa que dá nome ao método, Instrução pelos Colegas. Isso porque, sem informar qual alternativa é a correta, o professor pede aos alunos que formem pequenos grupos, de preferência com colegas que tenham optado por diferentes alternativas, e discutam suas respostas. Basicamente, cada aluno tem como missão usar seus próprios argumentos para tentar convencer um colega, que preferencialmente tenha escolhido uma alternativa diferente como resposta, da razão para que determinada alternativa seja a correta e porque as demais não o são. Cria-se com isso, entre os alunos, um ambiente de amplo debate e discussões a respeito dos conceitos físicos presentes na questão analisada, levando a uma melhor compreensão dos conceitos.

O processo de votação aos Testes Conceituais pode ser feito diversos sistemas de votação, sendo os dois mais usuais:

- *Clickers*: dispositivos que se assemelham a um controle remoto em que os alunos podem informar suas respostas, na forma de escolha de uma alternativa. As respostas são transmitidas via radiofrequência para um receptor conectado com o computador do professor;

- *Cartões de resposta (flashcards)*: os alunos recebem um conjunto de cartões-resposta, usualmente com as letras A, B, C, D e E, cada um representando uma alternativa de resposta para as questões. Quando solicitado, cada aluno, simultaneamente, deve erguer o

⁴ *ConceptTest* é a expressão original, registrada por Mazur (1997).

⁵ A votação pode ser feita por meio de *flashcards* (cartelas coloridas), de sistemas eletrônicos de votação (*clickers*), computadores, *tablets* e *smartphones* conectados a internet.

cartão que indica qual alternativa ele pensa ser a resposta correta para o Teste Conceitual proposto.

Embora os *clickers* apresentem vantagens em relação aos cartões-resposta, pois permitem que o professor imediatamente tenha acesso à distribuição percentual das respostas, podendo inclusive gravá-las em seu computador, uma pesquisa realizada para comparar os resultados de aprendizagem alcançados pelo uso de um ou outro sistema de votação (Lasry, 2008), não encontrou diferenças estatisticamente significativas na média de acertos em testes padronizados.

O IpC vem sendo utilizado em diversas instituições de ensino de muitos países e os resultados se mostram satisfatórios em relação ao ganho de aprendizagem conceitual e à capacidade de resolução de problemas numéricos tradicionais (CROUCH *et al.*, 2007; LASRY; MAZUR; WATKINS, 2008; CROUCH; MAZUR, 2001).

Crouch *et al.* (2007) apresentam um estudo em que mais de 2700 professores, de diversas instituições, foram convidados a responder perguntas sobre uma variedade de tópicos relacionados a métodos de ensino. Após análise das respostas de cada professor, 384 dos entrevistados foram classificados como professores que utilizam o método IpC em suas aulas, em 23 países diferentes. Cerca de dois terços dos professores que participaram da pesquisa empregam o método em universidades, para alunos de disciplinas introdutórias de cursos de graduação, e apenas 5% do número total, em turmas de Ensino Médio.

Neste nível de ensino, destacamos o trabalho de Müller *et al.* (2012) em uma turma do terceiro ano de uma escola pública federal brasileira, com o objetivo de avaliar a receptividade ao método e as potencialidades do uso dos computadores do PROUCA (Programa Um Computador por Aluno) como processo de votação do IpC. Os resultados mostram que os alunos avaliaram positivamente o uso do método em sala de aula, e que foi possível modificar a dinâmica da aula, aumentando a motivação dos estudantes. Sobre a utilização dos computadores do PROUCA, boa parte dos alunos inicialmente apresentava atitude negativa, mas esta foi alterada após o uso dos equipamentos como sistema de votação para o IpC. Contudo, os autores argumentam que, se o professor não dispuser de um suporte técnico para organização do material necessário, essa não é uma alternativa viável.

Ainda para o Ensino Médio, destacamos o trabalho de Cummings *et al.* (2008), que relatam os resultados de uma aplicação do IpC a uma população de 213 estudantes. O estudo consistiu em analisar dez turmas diferentes, variando de 17 a 24 alunos por turma. Cinco turmas receberam o mesmo tipo de ensino que nos semestres anteriores e outras cinco estudaram o mesmo conteúdo (Forças e Movimento: leis de Newton) com o IpC. Para medida do desempenho foi empregado um instrumento de avaliação padronizado (*Force Concept Inventory*) (HESTENES; WELLS; SWACKHAMER, 1992). A análise dos resultados mostra que nas

turmas em que o IpC foi aplicado, os alunos tiveram maior ganho conceitual de aprendizagem, tendo atingido um ganho normalizado de 40%, enquanto o outro grupo atingiu 24%.

Como se pode perceber, o uso do método Instrução pelos Colegas num ambiente de Ensino Médio pode gerar bons resultados de aprendizagem, porém ainda é percentualmente baixo o número de estudos que se dedicam a esse nível de ensino, comparado ao total de artigos de investigação sobre o IpC. Não é de nosso conhecimento a publicação em revistas especializadas em Ensino de Ciências de qualquer outro estudo, além dos mencionados acima, que envolvam o uso do IpC no Ensino Médio.

II.2 O que é *Just-in-time Teaching* ou Ensino sob Medida?

O método de ensino *Just-in-Time Teaching* (JiTT), ou Ensino sob Medida (EsM), foi proposto em 1996 pelo professor Gregory M. Novak e colaboradores⁶, com o objetivo de utilizar a tecnologia para melhorar a aprendizagem de ciências em sala de aula (NOVAK *et al.*, 1999). O JiTT⁷ foi projetado para desenvolver a habilidade de trabalho em grupo entre os estudantes e a capacidade de comunicação oral e escrita (NOVAK *et al.*, 1999; GAVRIN *et al.*, 2004), dando responsabilidades aos alunos pela sua própria aprendizagem e aumentando a retenção de conhecimento dos conteúdos a longo prazo.

O desenvolvimento do EsM se dá através de tarefas preparatórias para as aulas. Pelo método tradicional de ensino, usualmente o professor gasta muito tempo em aula explicando conceitos simples que o aluno poderia compreender sozinho com alguma leitura prévia. Para otimizar o tempo de sala de aula, o EsM prevê que o professor indique, com algum tempo de antecedência, um material para ser estudado pelos alunos, que pode ser, por exemplo, um capítulo de um livro-texto, alguma referência na internet ou um material de autoria do próprio docente. Após o estudo desse material, focado nos tópicos mais importantes a serem discutidos em aula, os alunos devem responder eletronicamente, dentro de um prazo estipulado pelo professor, algumas questões conceituais, que compõem aquilo que Araujo e Mazur (2013) denominam de Tarefa de Leitura.

As respostas dos alunos às tarefas preparatórias estabelecem um valioso *feedback* para o professor ajustar e organizar sua aula, focando nas principais dificuldades manifestadas pelos alunos (NOVAK *et al.*, 1999; MAZUR, 1997). Mas isso não é feito em uma aula tradicional, em que o professor é o centro das atenções. Pelo contrário, a aula é composta de vários momentos com atividades diversas, tais como: miniexposições orais por parte do professor (10-15 min) intercaladas com demonstrações; exercícios com planilhas eletrônicas; atividades “mãos na massa” em minilaboratórios, etc. As respostas dos alunos às tarefas preparatórias são discutidas pelo professor ao longo da aula, tanto nas exposições dialogadas quanto nas

⁶ O método *Just-in-Time Teaching* foi concebido por professores da IUPUI (Indiana University-Purdue University Indianapolis), EUA, e da Academia da Força Aérea dos EUA.

⁷ Disponível em: <<http://jittl.physics.iupui.edu/jitt/>>.

atividades realizadas pelos próprios alunos⁷. Segundo Formica, Easley e Spreaker (2010), os alunos que têm suas respostas selecionadas para discussão em sala de aula costumam participar mais intensamente das discussões, mesmo que não se identifique os autores das respostas para evitar possíveis constrangimentos.

Gavrin *et al.* (2004) fazem uma retrospectiva dos resultados obtidos com o EsM entre os anos de 1996 a 2001, com alunos da Universidade de Indiana (EUA). A média de reprovação dos estudantes nas disciplinas de Mecânica Introdutória e Eletricidade e Magnetismo caiu significativamente, independentemente do fator pessoal do professor, uma vez que os cursos foram administrados por cinco diferentes professores, em distintos semestres. Isso significa que professores com estilos diferentes, mas que utilizam o mesmo material didático na implementação do EsM, poderão obter resultados muito parecidos. Os autores também recolheram informações dos estudantes em relação a seus hábitos de estudo e, de acordo com os relatos dos alunos, o uso de questões prévias (Tarefas de Leitura) tem efeito positivo em ajudá-los a se manter envolvidos com o material de estudo. Mais de 80% dos alunos relataram isso em todos os níveis de escolaridade. Os autores atribuem o bom desempenho dos estudantes à melhoria dos hábitos de estudo.

Gavrin (2010) considera que as contribuições do método EsM se estendem a diferentes níveis de ensino, diferentes públicos de estudantes e atendem a diferentes objetivos de aprendizagem. O autor aplicou um questionário aos estudantes da Universidade de Indiana para avaliar o uso do Ensino sob Medida, e apresenta os resultados obtidos em dois semestres de estudo. Dentre eles, destacamos que mais de 80% dos estudantes considera que as atividades de estudo prévio os ajuda a se preparar adequadamente para a apresentação formal do conteúdo em sala de aula, e praticamente 60% dos estudantes afirmam que participar das atividades do EsM ajuda a fazer com que eles se sintam participantes ativos em sala de aula.

Para Patterson (2005), até junho de 2004, o método EsM já estava sendo utilizado em aproximadamente 100 instituições de ensino dos EUA, Canadá e outras partes do mundo, em grande parte, em universidades e faculdades. Entretanto, ao que tudo indica, o método tem sido pouco implementado em instituições de Ensino Médio, tendo em vista os raros trabalhos que encontramos na literatura que fazem referência ao uso do EsM nesse nível de ensino.

II.3 Combinando os métodos Ensino sob Medida e Instrução pelos Colegas

Alguns estudos mostram que o método Instrução pelos Colegas potencializa o ganho de aprendizagem dos estudantes quando utilizado em conjunto com o método Ensino sob Medida (WATKINS; MAZUR, 2010; CROUCH *et al.*, 2007; CROUCH; MAZUR, 2001). De acordo com Watkins e Mazur (2010), o método IpC oportuniza aos alunos discutir conceitos

físicos em sala de aula, permitindo que aprendam uns com os outros. No entanto, para esse método ser mais eficaz, os alunos precisam ir para aula compreendendo minimamente alguns conceitos básicos do conteúdo de ensino. Dessa forma, os autores consideram que o método Ensino sob Medida é um complemento ideal para o IpC. Resumidamente, o EsM, através do estudo estruturado antes das aulas, fornece *feedback* para o professor adaptar suas exposições e Testes Conceituais para, ao final, atingir os resultados de aprendizagem esperados.

Na Fig. 1 vê-se a linha de tempo de uma aula desenvolvida com a combinação dos métodos EsM e IpC utilizada em nossa proposta. O professor prepara e envia aos alunos Tarefas de Leitura que precisarão ser respondidas, eletronicamente, em tempo hábil para que o professor as leve em consideração no planejamento da sua aula. Essa se desenvolve com miniexposições do professor, nas quais algumas das respostas dos alunos às Tarefas de Leitura são discutidas, sem a identificação do autor, e são propostos Testes Conceituais, conforme exposto na seção 2.1, que dependendo do percentual de acertos, conduzem a discussões entre os colegas.

As respostas de uma Tarefa de Leitura não são avaliadas em termos do seu grau de correção, mas sim do esforço demonstrado pelos estudantes na justificativa de suas respostas. O ponto mais importante é incentivar os alunos a lerem o material, responderem às questões e enviarem suas respostas para o professor de modo que ele possa preparar uma aula sob medida, levando em consideração as dificuldades e interesses apresentados pelos estudantes.

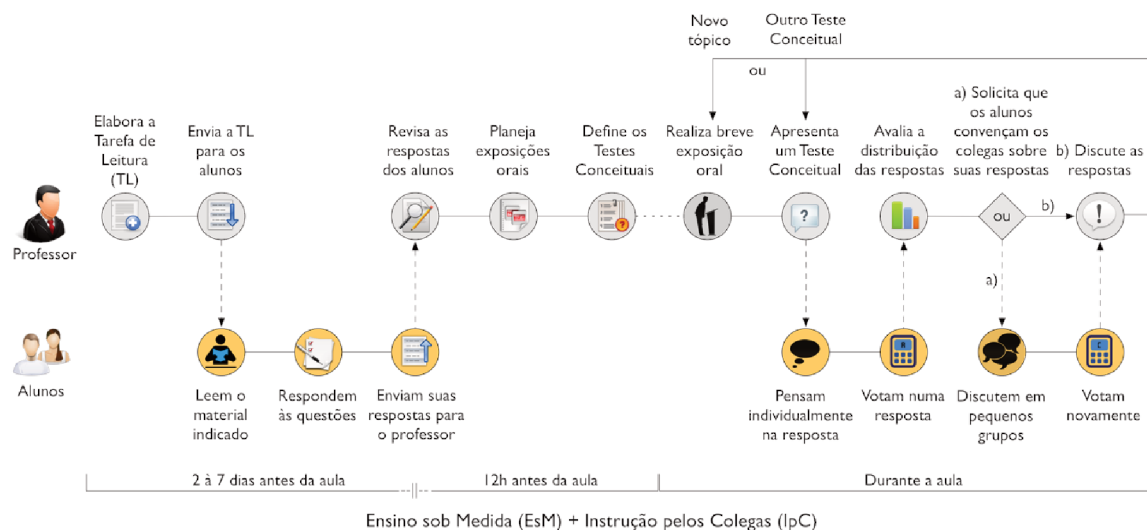


Fig. 1 – Linha de tempo da combinação do EsM e IpC para uma determinada aula (Fonte: ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 374).

III. Material didático produzido

Para o desenvolvimento da unidade de ensino sobre Eletromagnetismo foram selecionados 12 encontros de 1h30min cada, nos quais foram abordados campos magnéticos produzidos por ímãs, pela Terra e por cargas em movimento, magnetismo da matéria e indução

eletromagnética. Os conteúdos específicos trabalhados em cada aula estão discriminados no Quadro A.1, do Apêndice A, assim como os *resultados de aprendizagem esperados*. Esse quadro também contém as estratégias previstas, em adição aos métodos EsM e IpC, para cada aula, com a finalidade de prover condições favoráveis à aprendizagem significativa.

Os seguintes materiais integram nossa proposta didática: Texto de Apoio, Tarefas de Leitura, Testes Conceituais, Problemas Numéricos, um teste de conhecimento específico do conteúdo trabalhado nos encontros (Teste Inicial/Final). Na sequência, passamos a descrevê-los.

III.1 Texto de Apoio e Tarefas de Leitura

Elaboramos um texto de apoio, contendo seis capítulos, na forma de hipertexto. Procuramos apresentar o conteúdo em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (MOREIRA, 1999). Cada capítulo inicia com uma visão panorâmica do que será visto, apresenta progressivamente especificidades que auxiliam a diferenciação progressiva dos conceitos abordados e termina com uma reconciliação integradora dos referidos conceitos.

Com o objetivo de promover uma melhor compreensão dos conceitos apresentados no material, cada capítulo contém diversas figuras ilustrativas, fotos e vídeos de experimentos e fenômenos físicos relacionados ao conteúdo. Em alguns capítulos, foram inseridos vídeos com minixposições feitas pelo primeiro autor deste artigo, com o objetivo de tornar a explicação mais dinâmica.

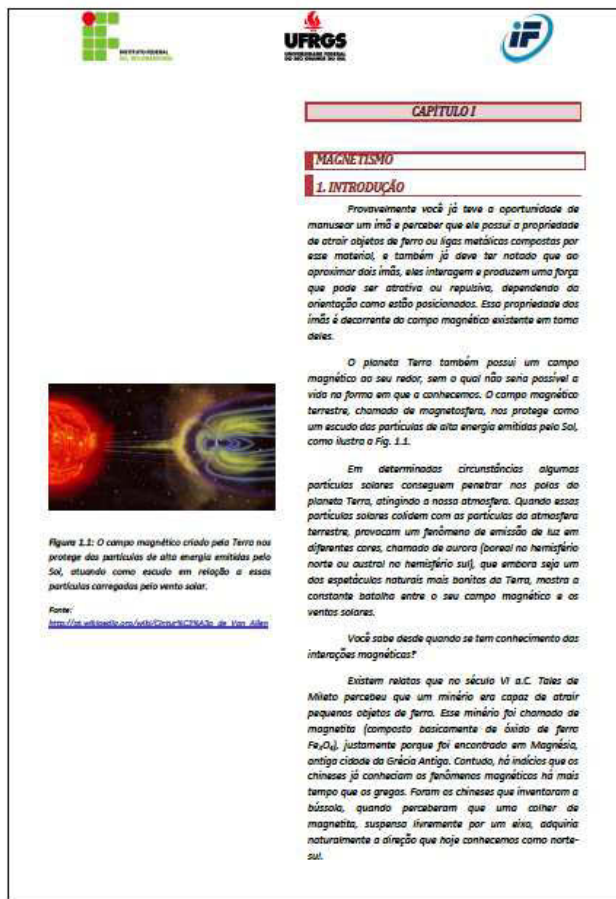
De maneira geral, buscou-se apresentar exemplos de aplicação dos conceitos físicos para contextualizar o ensino do Eletromagnetismo. Além disso, foram feitas sugestões de vídeos e documentários que os alunos poderiam assistir pela internet, relacionados ao conteúdo de estudo, contribuindo para a motivação, assimilação e aprofundamento dos assuntos abordados. O texto foi gerado em formato pdf (*portable document format*) e os vídeos produzidos por nós foram embutidos no arquivo pdf.

Como ilustração, a Fig. 2 apresenta partes do Texto de Apoio⁸.

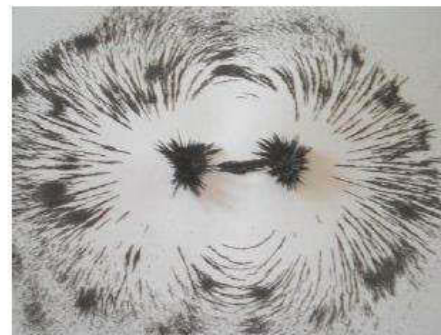
Para cada um dos capítulos do Texto de Apoio, foram elaboradas três questões conceituais dissertativas (que compunham uma Tarefa de Leitura) para serem respondidas pelos alunos posteriormente à leitura do texto e entregues antes da aula seguinte, na qual o assunto seria trabalhado. Duas dessas questões envolvem os conceitos mais importantes discutidos no material de apoio e a outra é sobre as principais dificuldades encontradas pelos estudantes na

⁸ O texto completo encontra-se disponível em:
<http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n27_Oliveira/textos_de_apoio.pdf>.

leitura dos conceitos presentes no material: “O que você achou difícil ou confuso no material de apoio? Se você não encontrou dificuldades de entendimento, qual parte do material achou mais interessante?”. As Tarefas de Leitura tinham como objetivo estimular os alunos a expressarem suas principais dificuldades na leitura dos conceitos abordados no material, fornecendo ao professor *feedback* para orientar e planejar as atividades de sala de aula. Como ilustração, apresentamos na Fig. 3 uma questão de uma das Tarefas de Leitura⁹.



(a)



(a)



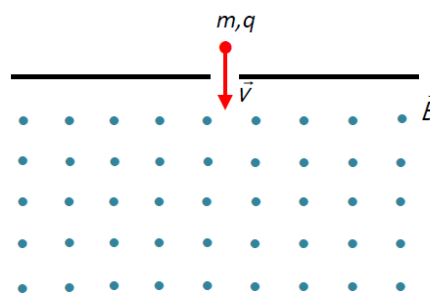
(b)

Figura 1.7: (a) As limalhas se distribuem de forma a tangenciar a direção do campo magnético gerado pelo ímã. (b) A orientação da bússola comprova a direção tangente das linhas de indução em relação ao campo magnético.

Fig. 2 – Ilustração de partes do primeiro capítulo do Texto de Apoio: em (a) vê-se a primeira página e em (b) fotografias de limalhas de ferro, sujeitas ao campo magnético de um ímã em forma de barra.

⁹ O conjunto completo está disponível em: <http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n27_Oliveira/tarefas_de_leitura.pdf>.

Uma partícula eletrizada com carga elétrica de módulo q e massa m penetra numa região de campo magnético uniforme com velocidade de intensidade v , conforme indicado na figura ao lado.



a) quando a partícula penetrar o campo magnético uniforme, atuará sobre ela força magnética, provocando desvio em sua trajetória? Se a resposta for sim, qual o sentido do desvio, horário ou anti-horário? Em qualquer dos casos, explique a resposta.

b) Descreva o que irá acontecer com a intensidade da força magnética que atua sobre a partícula e com o movimento que ela descreverá se a velocidade com que penetra no campo magnético uniforme aumentar de intensidade.

Fig. 3 – Ilustração de uma questão de Tarefa de Leitura.

III.2 Testes inicial/final, Testes Conceituais e problemas numéricos

Buscando identificar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação a determinados conceitos básicos do Eletromagnetismo, foi elaborado um Teste Inicial com doze questões conceituais, para aplicação no primeiro encontro da unidade de ensino. Esse teste também foi elaborado para servir como avaliação individual da aprendizagem, aplicado ao final das atividades desenvolvidas na unidade de ensino.

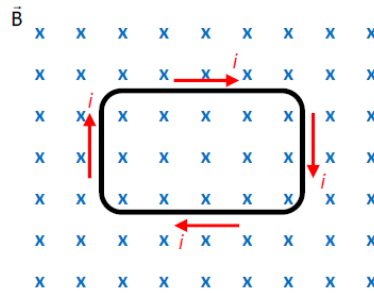
As questões que compõem o Teste Inicial/Final (OLIVEIRA, 2012), foram criadas, selecionadas de vestibulares ou adaptadas desses processos seletivos com o intuito de atender os resultados de aprendizagem esperados relacionados no Quadro A.1, do Apêndice A. Esses instrumentos de medida foram validados por dois especialistas no assunto, professores com grande experiência nessa área, e também foi calculado o coeficiente de fidedignidade, conforme será apresentado na Seção 4.

Diversos Testes Conceituais foram elaborados ou selecionados de vestibulares a fim de proporcionar atividades de debates em sala de aula sobre os conceitos físicos estudados. Esses testes foram elaborados de acordo com um conjunto de resultados de aprendizagem esperados (Quadro A.1, do Apêndice A), estabelecidos previamente com a intenção de cobrir todos os tópicos mais relevantes do conteúdo em estudo.

Um exemplo de questão conceitual é mostrado na Fig. 4. O conjunto completo com as questões conceituais está disponível na internet ¹⁰.

¹⁰ Os Testes Conceituais estão disponíveis em:
<http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n27_Oliveira/testes_conceituais.pdf>.

Uma espira metálica retangular está imersa em um campo magnético uniforme, conforme figura abaixo:



Quando a espira for percorrida por corrente elétrica de intensidade i , no sentido horário, as forças magnéticas que atuam sobre ela tenderão a produzir:

- deslocamento de toda a espira para a esquerda.
- movimento circular no sentido horário, através de um eixo vertical que passa pelo centro da espira.
- alargamento da espira.
- encolhimento da espira.

Fig. 4 – Ilustração de um Teste Conceitual.

Embora o foco da unidade de ensino seja a abordagem conceitual, considerou-se importante dar oportunidade para os estudantes desenvolverem habilidades de resolução de problemas. Essas atividades não são independentes ou mutuamente exclusivas, muito pelo contrário (SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992; CROUCH *et al.*, 2007). Para tanto, foram criados e selecionados de vestibulares ou adaptados desses processos seletivos problemas numéricos, que foram resolvidos em casa ou em pequenos grupos em sala de aula.

Todas as questões apresentadas aos alunos, nos testes Inicial/Final, nos Testes Conceituais e nos Problemas Numéricos foram especialmente planejadas para favorecer determinado(s) resultado(s) de aprendizagem, ou para avaliar se foi(foram) atingido(s). Os resultados de aprendizagem, como dito anteriormente, estão discriminados no Quadro A.1 do Apêndice A.

IV. Experiência didática

Com a unidade de ensino elaborada foi feita uma experiência didática em uma instituição pública federal de ensino (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense), na cidade de Pelotas-RS, em três turmas de ensino médio, em dois anos consecutivos. No segundo semestre de 2011, em uma turma do quarto semestre do Curso Técnico em Química, composta por vinte e nove alunos, sendo 22 meninas e sete meninos, com faixa etária entre 16 e 18 anos, que chamaremos de IpC1, e no primeiro semestre de 2012, também em uma turma do quarto semestre do Curso Técnico em Química, composta por quinze alunos, sendo 12 meninas e três meninos, com faixa etária entre 16 e 18 anos, que denominados de IpC2, foram usadas as mesmas abordagens didáticas (IpC e EsM). Nesse mesmo período

(primeiro semestre de 2012), disponibilizamos o mesmo material a uma terceira turma, que chamaremos de turma Tradicional, composta por dezoito alunos do quinto semestre do Curso Técnico de Edificações, sendo 12 meninas e seis meninos, com a mesma faixa etária das outras turmas. Nesta última turma, as instruções de ensino ocorreram pelo método tradicional de ensino, ou seja, aulas expositivas dialogadas, tendo o professor como pivô das discussões, exceto nas aulas de problemas, em que os alunos trabalhavam em pequenos grupos.

As três turmas receberam tratamento muito semelhante quanto à carga-horária e aos conteúdos trabalhados, uma vez que em todas as turmas foram estudados os mesmos conceitos de eletromagnetismo durante doze encontros de uma hora e trinta minutos cada, distribuímos ao longo de seis semanas. A principal diferença das turmas IpC1 e IpC2 para a turma Tradicional se constituiu, basicamente, na abordagem didática que foi utilizada, já que os alunos da turma Tradicional tiveram acesso ao mesmo Texto de Apoio e foram apresentados e resolvidos pelo professor, em sala de aula, os mesmos Testes Conceituais utilizados com as outras turmas. Além disso, as estratégias didáticas que utilizamos nesta turma (atividades experimentais demonstrativas, simulações computacionais e documentários) também foram iguais às estratégias utilizadas nas turmas com IpC e EsM. Cabe salientar, ainda, que todas as atividades de ensino foram implementadas, nas três turmas, pelo mesmo professor. Sendo assim, consideramos que a diferença fundamental entre as turmas está na implementação do módulo didático **com** os métodos IpC e EsM (turmas IpC1 e IpC2) ou **sem** os métodos (turma Tradicional).

No primeiro encontro das turmas denominadas IpC, fez-se uma exposição de como seriam as aulas nas próximas semanas e aplicou-se o Teste Inicial. Os alunos mostraram-se curiosos e receptivos às mudanças propostas. Já neste dia foi encaminhado aos alunos o *link* para o primeiro capítulo do Texto de Apoio, a ser lido para a aula seguinte. Na turma tradicional só se aplicou o Teste Inicial.

Assim prosseguiu-se nos encontros posteriores. Seguindo-se os fundamentos do método EsM, era enviado para o endereço eletrônico de cada aluno o *link* para ter acesso ao capítulo do hipertexto, a ser estudado previamente, e o *link* com a respectiva Tarefa de Leitura. As respostas às questões da Tarefa de Leitura eram entregues pelos alunos eletronicamente, com prazo máximo de até 12 horas antes da aula, por meio de um sistema de gerenciamento de questionários, desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)¹¹.

Após analisar as respostas dos alunos à respectiva Tarefa de Leitura, preparava-se uma minixposição, tendo como ênfase as principais dificuldades manifestadas pelos alunos e

¹¹ Outros sistemas de gerenciamento de questionários poderiam ter sido utilizados, por exemplo, o Google Docs: <<http://docs.google.com/?hl=pt-BR>>.

os conceitos mais fundamentais do conteúdo em estudo. Em sala de aula buscou-se apresentar as situações mais gerais, os conceitos mais abrangentes, e progressivamente aprofundá-los de modo a chegar aos mais específicos, fornecendo subsídios para os estudantes fazerem *diferenciação progressiva e reconciliação integradora* dos conceitos discutidos, coerentemente com a Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 1999).

As aulas começavam com minixposições sobre um determinado conceito, seguidas de apresentação de um Teste Conceitual ou de uma das questões da Tarefa de Leitura, a fim de promover debate em sala de aula sobre tópicos do conteúdo em estudo. Por vezes partia-se da apresentação de uma das respostas dos alunos (sem identificar a autoria), por um lado para partir das próprias ideias deles, por outro, para motivá-los a responder. Na maioria das vezes, os alunos ficavam empolgados com as discussões dos conceitos físicos envolvidos nos Testes Conceituais e geralmente o tempo destinado a essa atividade (1 – 2 minutos) era insuficiente, sendo solicitado pelos alunos, com frequência, mais tempo para a discussão com os colegas, porque uns ainda não estavam convencidos dos argumentos utilizados pelos outros. A Fig. 5 mostra um desses debates entre os alunos¹².



Fig. 5 – Discussão dos conceitos físicos entre os colegas promovida por um Teste Conceitual. No caso, os gestos com as mãos auxiliavam a explicação sobre o sentido da corrente elétrica.

Em nossas implementações do método IpC, o processo de votação foi feito através dos cartões-resposta como mostra a Fig. 6. Os alunos recebiam, ao entrar em sala de aula, um conjunto com cinco cartões diferentes, cada um deles impressos com a letra A, B, C, D ou E, e ao finalizar as aulas os devolviam.

¹² Os alunos ou seus responsáveis, quando menores de 18 anos, assinaram um termo de consentimento para o uso de imagens e dados para fins acadêmicos, incluindo divulgação.



Fig. 6 – Votação dos Testes Conceituais com o uso de cartões-resposta.

Nos sete encontros em que se usou o IpC o ambiente em sala de aula era bastante agradável, havendo engajamento, tanto cognitivo (dedicação às atividades de ensino) quanto emocional (motivação para aprender), por parte dos alunos. Adicionalmente houve três aulas para a solução de problemas numéricos, intercaladas com as do método IpC, e no último encontro da unidade de ensino foi aplicado o Teste Final. Uma descrição pormenorizada de todos os encontros consta na dissertação de mestrado profissional do primeiro autor deste artigo (OLIVEIRA, 2012).

V. Resultados

Nessa seção apresentamos os resultados obtidos, avaliados por meio dos questionários aplicados aos alunos e dos nossos registros no caderno de campo, respostas às Tarefas de Leitura, aos Testes Conceituais e aos Testes Inicial e Final.

V.1 Atitudes dos alunos

As manifestações dos alunos, apresentadas na sequência, são tão positivas que dá margem a pensar que nem todos os depoimentos foram considerados. Asseguramos que não é este o caso. O fato é que não houve depoimentos que possam ser usados como contraexemplo, embora os alunos tenham respondido ao questionário depois de terem sido avaliados na disciplina, o que nos leva a crer que se sentiram livres para expor a sua opinião, mesmo que fosse discordante.

De um modo geral, os alunos consideraram como muito positiva a experiência que tiveram em estudar Física através dos métodos EsM e IpC, como pode ser visto nos seguintes depoimentos:

Acredito que foi uma experiência de método bastante válida. Eu, particularmente tive maior rendimento de tal forma, do que se houvesse sido da forma tradicional. (Aluno 1).

Foi uma pequena revolução ao meu modo de ver a Física. (Aluno 2).

... a Física fez muito mais sentido. Tu não ficas só ouvindo o professor e tentando 'pescar' alguma matéria. (Aluna 3).

Especificamente em relação a estudar os textos em casa como preparação para as aulas, todos se mostraram favoráveis, argumentando que, a partir desse estudo prévio, existe uma melhor compreensão dos conceitos em sala de aula.

A seguir, apresentamos algumas manifestações dos alunos:

Com os textos que eu lia em casa eu chegava para a aula com as minhas dúvidas formadas e acabava entendendo tudo. Não era uma coisa que o professor te ensinaria pela primeira vez. E achei também os textos bem simples, o que facilitou bastante. (Aluno 4).

O fato de termos as tarefas de leitura, proporcionou-se que viéssemos com um conhecimento prévio do conteúdo para as aulas, fazendo desta apenas um 'tira dúvidas'. (Aluno 5)

No início, confesso que achava chato. Mas ao longo do tempo, vi que conseguia aprender melhor com esse estudo anterior. (Aluno 6).

Tendo em vista a motivação em aprender demonstrada pelos alunos e o engajamento deles nas atividades de ensino propostas, temos indícios de que suas atitudes frente aos métodos foram positivas.

Quanto à qualidade dos textos, os depoimentos abaixo, representativos das opiniões da turma, indicam que o objetivo de elaborar um material de apoio potencialmente significativo foi atingido:

Os textos eram impecáveis, em geral possuíam uma linguagem acessível, trazendo clareza ao assunto. Figuras e esquemas eram o complemento perfeito. Não acessei muitos vídeos, mas os que acessei foram bem úteis. (Aluno 2).

Gostei dos textos, não eram cansativos e tinham uma linguagem fácil de entender. Os vídeos ajudaram muito no entendimento do assunto, e eram muito interessantes também. (Aluno 7).

Os textos eram bem diretos, o que era bom. Os vídeos mostravam o que acontecia na prática, o que para mim faz a matéria parecer mais interessante. (Aluno 8).

A maior parte dos alunos demonstrou motivação em participar das atividades de sala de aula. Durante as miniexposições, se mostravam compenetrados e frequentemente havia questionamentos sobre os conceitos estudados. Em relação aos Testes Conceituais, todos os alunos participaram ativamente e bastante empolgados com os processos de votação e discussão dos conceitos com os colegas e o professor. Quando perguntados sobre os testes conceituais e as votações em sala de aula, as respostas foram do seguinte estilo.

A discussão fez com que a gente aprendesse mais, tanto vindo quando errávamos, ou explicando para o outro a resposta correta. Construíamos conceitos juntos. (Aluno 6).

Eu amei os testes conceituais e as votações, pois nós pudemos discutir sobre as nossas escolhas de respostas de forma que tiramos dúvidas que não haviam sido muito bem esclarecidas pelo professor. Achei muito úteis as discussões com os colegas e sinto que aprendi com elas, pois eles conseguiram muitas vezes explicar conceitos que eu não havia compreendido muito bem apenas com a apresentação dos testes conceituais. (Aluno 9).

A dinâmica na sala de aula foi muito produtiva, todos gostaram. As discussões eram produtivas, pois aprendemos melhor quando explicamos o que entendemos. (Aluno 10).

Embora a maioria dos alunos pareça ter ficado motivada com os Testes Conceituais e compreendido que as discussões que resultam dessas questões são fundamentais para o sucesso do método e de uma aprendizagem significativa dos conteúdos, dois alunos, dentre 48, expressaram que resolver muitos testes em sequência torna a aula cansativa, sendo, consequentemente, um dos aspectos que pode melhorar para uma próxima aplicação. Por exemplo, nas palavras dos alunos:

Adorei essa parte, mas algumas vezes achava meio chato demais, pois eram 3 ou 4 questões seguidas. (Aluno 6)

Quando tinham muitos testes ficava cansativo, mas ajudaram bastante, principalmente depois das discussões. (Aluno 11).

Quando questionados se eles aconselhariam a um amigo fazer um curso que usasse esses métodos e quais os aspectos que poderiam ser melhorados nos próximos semestres, os alunos avaliaram como positiva a aplicação dos métodos e recomendariam fortemente a um amigo fazer um curso que os utilizassem. Em suas palavras:

Sim, eu diria que esse método é muito mais interessante que as aulas normais e que com ele, pude interagir e trocar conhecimento com os colegas e com o professor, fazendo com que eu aprendesse de forma mais fácil e divertida. Sinceramente, acho que não há nada que precise ser mudado, considero esse método ótimo da forma como ele foi utilizado. (Aluno 9).

Sim, diria que é um método eficaz e que com certeza ele aprenderia a matéria. (Aluno 12).

Para muitos alunos é fora do comum estudar Física com ênfase na parte conceitual. De modo geral, eles aprovaram a maneira com que as aulas se desenvolveram, mas alguns acreditam que deveriam ter sido feitas mais aulas de resolução de problemas, justamente por-

que em sua trajetória acadêmica estudar Física, na maioria das vezes, se resume a memorização de fórmulas e resolução de problemas numéricos. Abaixo, mostramos alguns comentários dos alunos a esse respeito:

Pode ser feito mais exercícios de cálculo em aula. (Aluno 13).

Acho que a parte dos cálculos poderia ser mais aprofundada. (Aluno 10).

Acredito que do modo como foi aplicado está bom, porém acho que deveriam ser feitos mais problemas numéricos em aula. (Aluno 14).

Chamou-nos a atenção que nove, dentre 48 alunos, mencionaram espontaneamente que aprender tinha se tornado divertido. Apresentamos, a seguir, três comentários de alunos:

Achei muito bom o jeito que a matéria foi trabalhada, de um jeito dinâmico, o que tornou as aulas mais divertidas e o que me motivou a querer aprender. (Aluno 4).

Achei que é muito mais fácil de aprender, a aula fica mais divertida, prestamos atenção na hora certa, e conversamos na hora de discutir. (Aluno 15).

Diria para ele que é um modo divertido de aprender, e que seria uma aula na qual com certeza ele não dormiria. (Aluno 16).

Em síntese, os alunos parecem ter apreciado muito a dinâmica da aula e consideraram que aprenderam Física.

V.2 Aprendizagem do conteúdo

Na tentativa de obter indícios de aprendizagem conceitual alcançada pelas turmas IpC1 e IpC2, ao trabalharem com nossas atividades didáticas, e compará-los com outra turma do ensino tradicional (Grupo Tradicional¹³), aplicamos um teste conceitual. Esse teste foi aplicado duas vezes, num intervalo de sete semanas, como teste inicial e teste final para as três turmas, ou seja, antes e depois de receberem instrução formal sobre os conteúdos. O coeficiente de fidedignidade (alfa de Cronbach) obtido a partir dos resultados do teste final para as três turmas foi de 0,72, o que é aceitável em Educação para a comparação de médias de grupos, sendo tolerados coeficientes na ordem de 0,7 (MOREIRA; SILVEIRA, 1993, p.83). Para fins de comparação, agrupamos as turmas IpC1 e IpC2 no “Grupo IpC”, tendo em vista que ambos os grupos possuíam o mesmo perfil e desenvolveram as mesmas atividades de ensino, com o mesmo professor. Faremos, assim, a comparação dos resultados para dois grupos: Grupo IpC e Grupo Tradicional.

¹³ Os mesmos conteúdos foram abordados, pelo mesmo professor, mas não foi usada a combinação de métodos EsM e IpC. A principal forma de abordagem do conteúdo foi através de aulas expositivas e atividades de resolução de problemas em aula.

Para cada grupo, foram calculadas as médias do ganho normalizado dos alunos, a partir dos valores do ganho normalizado individual (BAO, 2006, p.917), definido por:

$$g = \frac{S_f - S_i}{S_{Máx} - S_i}$$

sendo S_f o escore obtido no teste final, S_i o escore no teste inicial e $S_{Máx}$ o escore máximo para o teste (no presente caso $S_{Máx} = 12$).

A Tabela 1 apresenta os escores médios e os ganhos normalizados médios dos Grupos Tradicional e IpC.

Tabela 1 – Comparação entre os escores médios nos testes inicial e final e do ganho normalizado médio para os grupos Tradicional e IpC.

Grupo	$\langle S_i \rangle$	$\langle S_f \rangle$	$\langle g \rangle$
Tradicional	3,11	5,94	0,32
IpC	3,55	9,18	0,65

Aplicando o teste-t para amostras independentes concluímos que a diferença observada entre as médias do ganho normalizado dos dois grupos é estatisticamente significativa ($p < 0,01$). Esse resultado é consistente com outro encontrado na literatura, que aponta ganhos normalizados médios superiores para turmas que passaram por atividades de ensino interativas em relação a turmas com ensino tradicional (HAKE, 1998).

A combinação dos métodos EsM e IpC propiciou, em nossa experiência didática, muita motivação dos alunos em relação à discussão entre os colegas, além de incentivar o envolvimento ativo no processo de ensino-aprendizagem, antes, durante e depois da aula. Em geral, os alunos estudaram os textos de apoio propostos, responderam às Tarefas de Leitura dentro dos prazos estipulados e participaram das aulas com empolgantes debates sobre os conceitos físicos discutidos nas miniexposições e nos Testes Conceituais¹⁴. Contribuiu para isso o hipertexto elaborado, em nível adequado aos alunos.

As discussões entre os alunos promovidas pelos Testes Conceituais se mostraram bastante eficazes na maioria das vezes, levando a resultados melhores na segunda votação, comparados à primeira. Pelos depoimentos dos alunos, pode-se atribuir boa parte da sua motivação à interação com os colegas e a uma nova concepção sobre como aprender Física.

¹⁴ Um vídeo demonstrativo do método, que contém vários instantes da aula, pode ser visto em: <http://www.youtube.com/watch?v=IDQ0hhyiazk>.

Na turma tradicional não constatamos, nas mesmas proporções, o envolvimento e dedicação demonstrados pelas turmas IpC1 e IpC2. O Ensino sob Medida e a Instrução pelos Colegas parecem ter contribuído para o desenvolvimento: de habilidades associadas à colaboração entre colegas; à organização e exposição de ideias, na medida em que precisam convencer os colegas de suas respostas; e ao compartilhamento de significados.

VI. Considerações finais

Neste trabalho apresentamos nossa experiência didática com o uso combinado dos métodos Ensino sob Medida e Instrução pelos Colegas. Consideramos que tenha sido uma experiência bem sucedida na medida em que os alunos demonstraram: envolvimento nas atividades didáticas que foram propostas e motivação para aprender; apreciaram as modificações introduzidas na sala de aula e aprenderam os conceitos físicos trabalhados em um nível superior ao alcançado pelas aulas tradicionais, conforme mostrado pela comparação do ganho normalizado entre os grupos. A repercussão foi tão positiva entre os alunos, que passaram a questionar porque esses métodos não são usados também em outras disciplinas. Outros professores da Instituição mostraram interesse e até um jornal de ampla circulação estadual¹⁵ publicou uma matéria a respeito da inovação provocada na sala de aula.

Do ponto de vista pessoal do primeiro autor do trabalho, os resultados foram extremamente compensadores, ainda que para tanto tenha sido necessário dedicar considerável esforço e, conseqüentemente, tempo para a elaboração do hiperímia de apoio, tarefas de leitura, Teste inicial e Final, questões conceituais, organização das respostas dos alunos às Tarefas de Leitura e planejamento de uma aula centrada nas dificuldades detectadas.

Esse depoimento pode levar, precipitadamente, à ideia que planejar e desenvolver atividades de ensino com o uso desses métodos gere uma sobrecarga de trabalho muito grande, inviabilizando sua aplicação por parte de professores que, de maneira geral, já têm uma carga excessiva. É bem verdade que todo processo de mudança ou mesmo ajustes nas metodologias empregadas no ensino requer um esforço extra, todavia para o sucesso da mudança o essencial é que o professor esteja convencido da sua importância e interessado em introduzi-la. Satisfeitas essas condições, os obstáculos são contornáveis, e as dificuldades podem ser minimizadas levando em conta experiências anteriores. Recomendamos aos professores que tenham se motivado com nossos resultados, mas que disponham de pouquíssimo tempo para se prepararem para o seu uso, que não adotem esses métodos de ensino em todas as suas turmas, ou em todas as suas aulas, de uma só vez. Para não provocar uma sobrecarga de trabalho, sugerimos que comecem a utilizá-los em poucas aulas do semestre ou em apenas uma de suas turmas e gradativamente, ampliem a aplicação para outras turmas e outros conteúdos.

¹⁵ Jornal Zero Hora, edição do dia 08/04/2012. Título da reportagem: Um jeito novo de ensinar Física.

Além disso, não é necessário que o professor crie todos os materiais a serem utilizados no EsM e IpC. O material de estudo prévio pode ser um capítulo ou trechos de um livro-texto, um documentário ou uma simulação computacional, e os Testes Conceituais também não precisam ser criados pelo professor, eles podem ser retirados de provas de vestibulares e ENEM ou de repositórios de questões da internet, como exemplo, do *Project Galileo*¹⁶. Além disso, as Tarefas de Leitura não são corrigidas como se fossem questões de uma avaliação tradicional. Consideramos que o professor gaste não mais que 30 minutos para identificar as principais dificuldades encontradas pelos estudantes no estudo prévio, desde que elas tenham sido entregues eletronicamente e já estejam organizadas de modo apropriado, preferencialmente em uma planilha. As miniexposições não precisam, necessariamente, ser muito diferentes do que um professor experiente já está acostumado a fazer pelo método tradicional de ensino. Ele deve apenas organizar suas apresentações em pequenas etapas (cada uma com aproximadamente 15 minutos), que de preferência deve conter apenas um conceito físico a ser trabalhado, e intercala essas apresentações com testes conceituais. Finalizando nossas recomendações, observamos que o professor pode utilizar os métodos aqui apresentados em conjunto com outros métodos de aprendizagem ativos, como atividades experimentais em pequenos grupos.

Em relação ao uso de tecnologias de informação e comunicação, como não dispúnhamos de *clickers*, optamos pelos cartões de resposta (*flashcards*), que cumpriram plenamente as suas funções. Computadores facilitaram enormemente o gerenciamento das Tarefas de Leitura, especificamente para seu envio aos alunos, coleta e organização das respostas. E como a população-alvo de nossa experiência era constituída por alunos com condições econômicas favoráveis, todos dispunham de computadores em casa, simplificando a aplicação do método. No caso de realidades escolares economicamente menos favorecidas, alternativas precisam ser buscadas, como disponibilizar o laboratório de informática para que os alunos possam realizar o estudo prévio e responder às questões Tarefas de Leitura, ou mesmo planejar a entrega impressa de materiais.

Esperamos que o presente artigo tenha contribuído para que professores interessados em inovar conheçam estratégias de ensino bem sucedidas em determinado contexto, tendo, então, alternativas para *saber fazer* com que os alunos se envolvam no processo de ensino-aprendizagem e *saber criar* um ambiente propício no qual os estudantes possam alcançar uma aprendizagem significativa dos conteúdos.

¹⁶ *Projeto Galileo*: <<https://galileo.harvard.edu>>.

Ainda sobre a aprendizagem significativa, na presente pesquisa, a avaliação da aprendizagem do conteúdo resumiu-se a uma avaliação conceitual, medida pelos resultados dos teste inicial e final, bem como dos Testes Conceituais apresentados ao longo das aulas. Como perspectiva de continuação do trabalho, planejamos reaplicar os métodos em outras turmas e complementar a análise com a proposição de novas situações que possibilitem verificar se houve uma máxima transformação do conhecimento adquirido pelos indivíduos para resolverem problemas novos. Além disso, pretendemos avaliar os efeitos que os métodos Ensino sob Medida e Instrução pelos Colegas podem promover nos hábitos de estudo de alunos de Ensino Médio e no desenvolvimento de algumas habilidades metacognitivas (RIBEIRO, 2003).

Referências

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: Uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-284, 2013.

BAO, L. Theoretical comparisons of average normalized gain calculations. **American Journal of Physics**, v. 74, n. 10, p. 917, 2006.

CARVALHO, A. M. P. C. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, College Park, v. 69, n. 9, p. 970-977, Sept. 2001.

CROUCH, C. H.; WATKINS, J.; FAGEN, A. P.; MAZUR, E. Peer Instruction: engaging students one-on-one, all at once. **Reviews in Physics Education Research**, Illinois, v. 1, n. 1, 2007. Disponível em: <http://www.compadre.org/per/per_reviews/volume1.cfm>. Acesso em: 6 ago. 2012.

CUMMINGS, K.; ROBERTS, S. G. A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students. **AIP Conference Proceedings**, v. 1064, p. 103-106, 2008.

FORMICA, S.; EASLEY, J.; SPRAKER, M. Transforming common-sense beliefs into Newtonian thinking through Just-In-Time Teaching. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, n. 2, p. 1-7, ago. 2010.

GAVRIN, A. WATT, J. X.; MARRS, K.; BLAKE, R. E. Just-in-Time Teaching (JiTT): using the web to enhance classroom learning. **Computers in Education Journal**, Port Royal, v. 14, p. 51-60, 2004.

GAVRIN, A. “Using Just-in-Time Teaching in the Physical Sciences” in *Just-in-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy*. Simkins S, and Maier M (Eds.), Sterling, VA: Stylus Publishing, 2010.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, Woodbury, v. 66, n. 1, p. 64-74, Jan. 1998.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, v. 30, p. 141-158, mar. 1992.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A; AXT, R. Teste sobre as concepções relativas à força e movimento. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 2, 187-194, 1992.

LASRY, N. Clickers or flashcards: is there really a difference? *The Physics Teacher*, College Park, v. 46, p. 242-244, Apr. 2008.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer Instruction: from Harvard to the two-year college. *American Journal of Physics*, College Park, v. 76, n. 11, p. 1066-1069, Nov. 2008.

MAZUR, E. **Peer Instruction**: a user’s manual. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

MÜLLER, M. G.; BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Implementação do método de ensino Peer Instruction com o auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de Física do Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. especial, 2012.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. **Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem**: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993. 101p.

NOVAK, G. M.; PATTERSON, E. T.; GAVRIN, A. D.; CHRISTIAN, W. **Just-in-Time Teaching**: blending active learning with web technology. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.

OLIVEIRA, V. Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio. 2012. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - UFRGS, Porto Alegre.

PATTERSON, E. T. Just-in-time teaching: technology transforming learning: a status report. **American Association for the Advancement of Science**, 2005. Disponível em: <http://www.aaas.org/publications/books_reports/CCLI/PDFs/03_Suc_Peds_Patterson.pdf> Acesso em: 3 ago. 2012.

RIBEIRO, C. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 1, p. 109-116, 2003.

WATKINS, J.; MAZUR, E. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: SIMKINS, S.; MAIER, M. (Eds.). **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy** Just-In-Time Teaching. 1. ed. Sterling: Stylus Publishing, 2010. p. 39-62.

Apêndice A

Quadro A1: Planejamento do módulo didático.

ENCONTROS	CONTEÚDOS	OBJETIVOS DE ENSINO	ESTRATÉGIAS
1º Encontro: Apresentação aos alunos das metodologias e aplicação do Teste Inicial (Semana 1: segunda-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os conteúdos a serem desenvolvidos durante o módulo didático 		<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação oral sobre os métodos Ensino sob Medida e Instrução pelos Colegas. - Aplicação do Teste Inicial. - Envio dos <i>links</i> para a versão eletrônica do primeiro Texto de Apoio e para o questionário com a Tarefa de Leitura 1.
2º Encontro: Campo Magnético (Capítulo I) (Semana 1: quinta-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Ímãs e suas características • Campo magnético • Linhas de campo magnético • Campo magnético uniforme • Campo magnético da Terra 	<ul style="list-style-type: none"> - destacar as relações entre fenômenos elétricos e magnéticos; - identificar as características de um ímã; - demonstrar entendimento sobre a inexistência de monopolos magnéticos; - diferenciar polos magnéticos e geográficos a partir do conceito de campo magnético terrestre; - explicar o funcionamento de uma bússola; - identificar e representar campos magnéticos através de linhas de campo; - descrever as principais características associadas ao conceito de campo magnético uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de dois experimentos para demonstrar, de maneira abrangente, a integração dos conceitos de magnetismo e eletricidade. - Miniexposições orais seguidas de testes conceituais. - Discussões e debates em relação aos conceitos estudados. - Demonstração da simulação computacional <i>Faraday's Eletromagnetic Lab</i> do <i>Phet</i> simulations. - Apresentação de partes do documentário "<i>Mistérios da Ciência: Planeta Magnético</i>". - Envio dos <i>links</i> para a versão eletrônica do segundo Texto de Apoio e para o

ENCONTROS	CONTEÚDOS	OBJETIVOS DE ENSINO	ESTRATÉGIAS
			questionário com a Tarefa de Leitura 2.
3º Encontro: Campo magnético ao redor de fio percorrido por corrente elétrica (Capítulo II) (Semana 2: segunda-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Experiência de Oersted • Campo magnético ao redor de fio retilíneo • Campo em espira circular • Campo em solenoide 	<ul style="list-style-type: none"> - explicar os conceitos relacionados à experiência de Oersted. - demonstrar e aplicar a regra da mão direita em diferentes condutores percorridos por corrente elétrica. - descrever e diferenciar o campo magnético gerado por uma corrente elétrica em um fio retilíneo, espira circular e num solenoide. - identificar e relacionar as grandezas que interferem na intensidade do campo magnético nesses condutores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Problematização inicial com discussão e situações que servem de motivação. - Demonstração de experiência semelhante à de Oersted. - Apresentação e demonstração da regra da mão direita. - Miniexposições orais sobre os conceitos de campo magnético em fio retilíneo, espira circular e solenoide, seguido de testes conceituais. - Discussões e debates em relação aos conceitos estudados, como sugere a Instrução pelos Colegas.
4º Encontro: Resolução de problemas numéricos (Semana 2: quinta-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Campo magnético ao redor de fio retilíneo • Campo magnético no centro de espira circular • Campo magnético no interior de solenoide 	<ul style="list-style-type: none"> - aplicar os conceitos trabalhados em problemas numéricos e resolvê-los. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de questões numéricas, sendo algumas de vestibulares, para serem discutidas e resolvidas. - Envio dos <i>links</i> para a versão eletrônica do terceiro Texto de Apoio e para o questionário com a Tarefa de Leitura 3.
5º Encontro: Força magnética em cargas elétricas (Capítulo III) (Semana 3: segunda-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterização do módulo, direção e sentido da força magnética em cargas elétricas • Movimento de carga elétrica em campo magnético uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> - identificar as grandezas necessárias para o aparecimento de força magnética sobre cargas elétricas. - aplicar a regra da mão direita espalmada para determinar o sentido da força magnética sobre cargas elétricas. - demonstrar que o sentido da força magnética em cargas positivas é contrário para cargas negativas, quando submetidas às mesmas condições de velocidade e campo magnético. - reconhecer a equação da força magnética sobre cargas elétricas e explicar a relação entre as grandezas presentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Miniexposições orais, com auxílio de exemplos teóricos, para demonstrar a interação entre carga elétrica em movimento e campo magnético. - Apresentação e demonstração da regra da mão direita espalmada. - Determinação das características da força magnética, através de exposições orais e exemplos teóricos. - Miniexposições orais sobre os assuntos destacados, seguidas de testes conceituais e discussões a respeito

ENCONTROS	CONTEÚDOS	OBJETIVOS DE ENSINO	ESTRATÉGIAS
		<ul style="list-style-type: none"> - comparar a intensidade da força magnética sofrida por uma carga elétrica, com intensidades de forças presentes em suas atividades cotidianas. - reconhecer as trajetórias descritas pelas cargas elétricas quando lançadas em campo magnético uniforme. 	<p>dos conteúdos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudo das trajetórias possíveis para carga elétrica em campo magnético uniforme (miniexposições orais), seguido de testes conceituais. - Envio dos <i>links</i> para a versão eletrônica do quarto Texto de Apoio e para o questionário com a Tarefa de Leitura 4.
<p>6º Encontro: Força magnética sobre fio percorrido por corrente elétrica (Capítulo IV) (Semana 3: quinta-feira)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterização do módulo, direção e sentido da força magnética em fios. • Força magnética entre fios condutores paralelos. 	<ul style="list-style-type: none"> - explicar as condições necessárias para que força magnética seja exercida sobre fios condutores percorridos por corrente elétrica. - aplicar a regra da mão direita espalmada. - reconhecer a equação da força magnética sobre fios e estabelecer as relações entre as grandezas presentes. - explicar a força magnética entre dois fios paralelos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demonstração de um experimento. - Aplicação da regra da mão direita espalmada em fios. - Miniexposições orais sobre os assuntos destacados. - Testes conceituais, discussões e debates a respeito dos conteúdos.
<p>7º Encontro: Resolução de problemas numéricos (Semana 4: segunda-feira)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Força magnética em cargas elétricas e fios percorridos por corrente. 	<ul style="list-style-type: none"> - aplicar os conceitos trabalhados em problemas numéricos e resolvê-los. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de questões numéricas, sendo algumas de vestibulares, para serem discutidas e resolvidas. - Envio dos <i>links</i> para a versão eletrônica do quinto Texto de Apoio e para o questionário com a Tarefa de Leitura 5.
<p>8º Encontro: Magnetismo da matéria (Capítulo V) (Semana 4: quinta-feira)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Origem do magnetismo da matéria • Materiais paramagnéticos, ferromagnéticos e diamagnéticos • Histerese magnética e ponto de Curie 	<ul style="list-style-type: none"> - explicar, de forma simplificada, a origem do magnetismo da matéria. - descrever as características dos materiais paramagnéticos, ferromagnéticos e diamagnéticos. - identificar, em exemplos teóricos, os polos magnéticos dos materiais magnetizados. - explicar a histerese magnética. - explicar o ponto de Curie - descrever o funcionamento de um eletroímã. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demonstração e discussões a respeito do funcionamento de um eletroímã, para motivação inicial. - Miniexposições orais sobre os assuntos destacados. - Testes conceituais, discussões e debates. - Envio dos <i>links</i> para a versão eletrônica do sexto Texto de Apoio e para o questionário com a Tarefa de Leitura 6.
<p>9º Encontro: Indução Eletromagnética (Capítulo VI) (Semana 6: segunda-feira)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo magnético • Lei de Faraday 	<ul style="list-style-type: none"> - explicar o conceito de fluxo magnético e relacionar as grandezas envolvidas - descrever o fenômeno da indução eletromagnética. - reconhecer a equação da lei de 	<ul style="list-style-type: none"> - Problematização inicial com discussão e situações que servem de motivação. - Demonstração de um experimento onde foram discutidos alguns conceitos de

ENCONTROS	CONTEÚDOS	OBJETIVOS DE ENSINO	ESTRATÉGIAS
		Faraday e explicar a relação entre as grandezas presentes. - aplicar a lei de Faraday em exemplos teóricos	indução eletromagnética. - Apresentação da simulação computacional <i>Faraday's Eletromagnetic Lab</i> , do <i>Phet simulations</i> . - Miniexposições, seguidas de testes conceituais e debates a respeito dos conteúdos.
10º Encontro: Indução Eletromagnética (Capítulo VI) (Semana 6: quinta-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Lei de Lenz • Transformadores de tensão e geração de energia elétrica 	<ul style="list-style-type: none"> - descrever a lei de Lenz - identificar e explicar os conceitos estudados, em experimentos demonstrativos de sala de aula. - aplicar os conceitos de indução eletromagnética para explicar o funcionamento dos transformadores de tensão. - identificar as características dos transformadores ideais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Miniexposições, seguidas de testes conceituais e debates a respeito dos conteúdos. - Apresentação da simulação computacional <i>Faraday's Eletromagnetic Lab</i>, do <i>Phet simulations</i>.
11º Encontro: Resolução de problemas numéricos (Semana 7: segunda-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Indução eletromagnética 	<ul style="list-style-type: none"> - aplicar os conceitos trabalhados em problemas numéricos e resolvê-los. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de questões numéricas, sendo algumas de vestibulares, para serem discutidas e resolvidas.
12º Encontro: Avaliação da aprendizagem (Aplicação do Teste Final) (Semana 7: quinta-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os assuntos envolvidos nos 10 encontros anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> - descrever os fenômenos e conceitos estudados através das atividades de ensino propostas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do Teste Final (mesmo Teste Inicial), como forma de avaliação individual de aprendizagem.