

CALOUROS DO BACHARELADO E DA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UFES: DIFERENÇAS, SEMELHANÇAS, DIFICULDADES E RESILIÊNCIA – UM ESTUDO DE CASO

*Freshmen of Researcher and Educator Modalities in the Physics Course of UFES: Differences,
Similarities, Difficulties and Resilience - A Case Study*

Anderson Coser Gaudio [anderson.gaudio@ufes.br]

Depto. de Física - CCE – UFES, Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES 29075-910

Mauricio Pietrocola [mpietro@usp.br]

Faculdade de Educação – USP, Av. da Universidade, 308 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-040

Recebido em: 26/11/2018

Aceito em: 07/07/2019

Resumo

Até 2008 as duas modalidades do curso de Física da UFES, Bacharelado e Licenciatura, eram diurnos, predominantemente vespertinos e com duração de 4 anos. A reforma curricular de 2008, provocou a separação física e curricular das duas modalidades, o que gerou diversas consequências importantes, dentre as quais a depreciação da licenciatura, comparada ao bacharelado. Mas será que essa visão diferenciada encontra sustentação quando esses alunos são analisados em plena atividade estudantil de forma controlada e com mais proximidade do professor? Para responder a esta pergunta, utilizamos o estudo de caso em que foram realizados dois minicursos (MC), um para os alunos da Licenciatura e outro para os do Bacharelado. Os resultados foram analisados em termos das notas auferidas nas provas de Física I em decorrência da aprendizagem obtida no MC. Nossa conclusão final é que, embora as condições de estudo e o isolamento físico entre licenciandos e bacharelados sejam fatores de depreciação do curso de Licenciatura em Física da UFES, a comparação geral entre os dois cursos mostrou superioridade acadêmica da Licenciatura em relação ao Bacharelado nos dois primeiros semestres de aulas.

Palavras-chave: resolução de problemas de Física, licenciatura e bacharelado em Física, minicurso, problemas de lápis-e-papel, questões conceituais.

Abstract

Until 2008, the two modalities of the Physics course of UFES, Researcher and Educator, were diurnal, predominantly evening and with duration of 4 years. The curricular reform of 2008 provoked the physical and curricular separation of the two modalities, which generated several important consequences, among them the depreciation of the Researcher modality, compared to the Researcher. But does this differentiated view find support when these students are analyzed in full student activity in a controlled way and with more proximity to the teacher? To answer this question, we used the case study in which two mini courses (MC) were carried out, one for the students of the Educator modality and another for those of the Researcher. The results were analyzed in terms of the scores obtained in the tests of Physics I as a result of the learning obtained in the MC. Our conclusion is that although the study conditions and the physical isolation between Educator and Researcher students

are factors of depreciation of the Educator modality, the general comparison between the two courses showed academic superiority of the Educators in relation to the Researchers in both first semesters of classes.

Keywords: solving physics problems, research and educator modalities in physics, mini-course, pencil-and-paper problems, conceptual issues.

Introdução

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) possui atualmente duas modalidades de curso de Física presencial: Físico-Pesquisador e Físico-Educador¹. Até 2008, época em que as modalidades eram Bacharelado e Licenciatura em Física, todos os alunos estudavam juntos durante quatro semestres (ciclo comum) e, a partir do quinto semestre, tomavam rumos diferentes em direção as suas futuras profissões (ciclo profissional). Nessa época, os dois cursos eram diurnos com duração de 4 anos. É relevante ressaltar que a decisão da escolha por esta ou aquela modalidade de curso era tomada ao final do quarto semestre, ou seja, num momento em que os alunos já possuíam visão clara a respeito do curso de Física e, portanto, tinham maturidade suficiente para decidirem sobre suas futuras profissões. Um fator importante para as finalidades deste trabalho é que até o quarto período não havia qualquer diferenciação entre os alunos dos dois cursos. Também não se notava a existência de elitização de uma modalidade em detrimento da outra, especialmente porque era comum os alunos se graduarem nas duas modalidades.

Em virtude da reforma curricular de 2008, os alunos pertencentes às duas modalidades separaram-se definitivamente. O Bacharelado permaneceu no turno diurno, mantendo a duração de 4 anos. A Licenciatura, agora com 5 anos de duração, foi para turno noturno. A separação física e curricular das duas modalidades trouxe consequências profundas, dentre as quais destacaremos apenas duas. No âmbito curricular, as disciplinas do Bacharelado não sofreram grandes mudanças. Na Licenciatura, entretanto, houve reestruturação completa de sua grade de disciplinas. Para termos ideia, nos quatro primeiros períodos foram introduzidas nada menos que sete disciplinas exclusivas desta modalidade. Naturalmente que outras tantas disciplinas, que outrora eram emparelhadas à grade do Bacharelado, foram transferidas para outros períodos, modificadas, ou simplesmente suprimidas. Especialmente relevante para este trabalho foi o posicionamento da disciplina Física I. No Bacharelado, esta continuou a ser ofertada no primeiro semestre de cada ano. Enquanto que, na Licenciatura, a Física I passou para o segundo semestre.

No âmbito das relações pessoais entre bacharelados e licenciandos, as consequências foram ainda mais danosas, pois a reforma curricular fez surgirem enormes diferenças entre as duas modalidades. O principal motivo dessa diferenciação foi a separação física dos alunos, que não mais se encontravam, nem se conversavam e muito menos sabiam o que os colegas do outro turno faziam na universidade. Para piorar as coisas, os licenciandos passaram a estudar em ambiente insalubre e perigoso. Insalubre por causa da iluminação precária das salas, prejudicial à visão, e da enorme

¹ A modalidade Físico-Pesquisador corresponde ao antigo Bacharelado em Física e a modalidade Físico-Educador à Licenciatura em Física. Para efeito de simplificação, vamos utilizar a nomenclatura antiga, mesmo porque a nova nunca foi utilizada na prática.

quantidade de mosquitos que acoçam incessantemente os alunos. Perigoso por causa da insuficiente segurança do *campus* à noite, onde frequentemente há relatos de furtos e assaltos. Condições assim acabaram por influenciar a escolha de muitos professores pelas aulas diurnas, fazendo com que houvesse maior aporte de professores substitutos no período noturno. Além disso, instintivamente aumentou a predileção de muitos professores pesquisadores pelos alunos do bacharelado, uma vez que estes invariavelmente seriam a *matéria prima* da pós-graduação em Física.

Assim, os alunos do Bacharelado gradualmente começaram a serem vistos por muita gente como uma espécie de “elite intelectual” da Física, enquanto que os da Licenciatura seriam simplesmente os futuros professores de escolas públicas, malformados e mal remunerados². Neste ponto, chegamos à questão central deste trabalho:

Será que essa visão diferenciada encontra sustentação quando esses alunos são analisados em plena atividade estudantil de forma controlada e com mais proximidade do professor?

O minicurso como ferramenta de investigação

Para tentar responder a esta pergunta, foi realizado um estudo de caso exploratório em que idealizamos um minicurso (MC), a ser oferecido aos alunos da Licenciatura e do Bacharelado. O MC foi intitulado “Resolução de Problemas de Física” (RPF). A escolha deste tema está relacionada às dificuldades enfrentadas pela maioria dos calouros do curso de Física em qualquer universidade, sendo que raramente os professores dispõem de tempo para ensinar estratégias de resolução de problemas. Nesse contexto, achamos que seria oportuno oferecer aos alunos algo de que eles necessitam (melhorar a habilidade de resolver problemas) em troca do que precisávamos (dados comparativos que nos permitissem responder à questão central da pesquisa).

Ao mesmo tempo em que tentávamos responder à questão central deste trabalho, nos interessamos em saber como os alunos do curso de Física da UFES resolvem os problemas de lápis-e-papel. Temos ciência de que a maioria deles herdou os hábitos adquiridos no Ensino Médio, que privilegia o emprego de fórmulas para resolver problemas, em detrimento da análise conceitual e das leis físicas. Convencer os calouros de que esta abordagem é muito superior àquela é uma tarefa hercúlea. Mas tomamos como hipótese de que seria possível obter ganhos significativos por meio da imersão dos alunos num ambiente colaborativo, onde variadas estratégias, aplicadas na ordem correta, poderiam contribuir para melhorar a abordagem dos problemas. Sendo assim, concluímos que o ambiente da própria disciplina de graduação (a sala onde a disciplina Física I seria ministrada) não era apropriado para a pesquisa, pois isso acarretaria em modificar a estrutura da própria disciplina. Nossa opção foi criar outro ambiente, paralelo à sala de aula.

Durante a fase de planejamento do MC, fizemos o possível para que os procedimentos referentes à pesquisa fossem absolutamente transparentes aos olhos dos Participantes³. Ou seja, do ponto de vista destes, o objetivo principal foi a de melhorar a capacidade de resolver problemas de Física, por meio da utilização de variadas estratégias, algumas delas já consagradas na literatura

² Essa visão pessimista sobre o futuro dos licenciandos é devida à frequência com que os recém-graduados são empregados em escolas estaduais de ensino médio, famosas pela baixa remuneração.

³ Neste trabalho, chamamos de *Professor* o responsável pela disciplina Física I, cujos alunos, denominados *Participantes*, foram cedidos para o minicurso, de *Instrutor* o autor ACG, que planejou e ministrou o minicurso, e de *Supervisor* o autor MP, que supervisionou e prestou auxílio teórico e técnico em todas as etapas do minicurso.

(Peduzzi, 1997; Pólya, 1995; Redish, 1994; Reif, 1981). Do ponto de vista da pesquisa, o MC criou uma situação favorável ao estudo de como as diversas variáveis presentes influenciariam o rendimento dos alunos. Em outras palavras, o MC gerou um ambiente propício para que fosse possível traçar um perfil dos participantes e, assim, exaltar as semelhanças e as diferenças entre os alunos das duas modalidades. Assim, o MC RPF foi a ferramenta utilizada para tentar responder à questão central da pesquisa. Além disso, poderia haver oportunidade de obter pistas sobre “quem são os alunos do bacharelado e da licenciatura”.

Resolução de problemas de Física

Uma das habilidades mais importantes do futuro físico, professor ou pesquisador, é a de resolver problemas. Particularmente, nos quatro primeiros períodos do curso de Física, as questões, os exercícios e os problemas de lápis-e-papel, são o caminho natural do estudante para que possa resolver os futuros problemas da profissão. Cabe aqui uma rápida diferenciação desses termos. As *questões* testam o embasamento conceitual e exigem que o aluno explique ou preveja o comportamento de variados sistemas por meio dos conceitos e da aplicação das leis físicas. Os *exercícios* são treinamentos de caráter repetitivo para fixação da habilidade de lidar matematicamente com as leis da Física. Os *problemas de lápis-e-papel*⁴, por sua vez, são desafios que obrigam o estudante a avançar por territórios ainda inexplorados e, portanto, requerem muito mais esforço mental e conhecimento técnico (Peduzzi, 1997).

A resolução bem-sucedida de problemas normalmente requer a execução de uma série de etapas, sendo que muitos autores sugerem o uso de *regras* para cumpri-las. Um dos pioneiros na proposição de regras para resolução de problemas foi o matemático húngaro George Pólya. Em seu livro *How to Solve It* (Pólya, 1945), publicado no Brasil sob o título *A Arte de Resolver Problemas* (Pólya, 1995), ambos disponíveis na internet (Ingimundardottir, 2017; Spira, 2017), o autor resume sua concepção sobre a resolução de problemas em apenas quatro regras:

- Compreenda o problema.
- Elabore um plano.
- Execute o plano e verifique cada passo ao longo do caminho.
- Faça uma revisão e verifique a solução.

É possível perceber que as regras de Pólya são de caráter universal. Portanto, a princípio podem ser adaptadas e detalhadas para atender à resolução de problemas de quaisquer áreas de conhecimento. No caso da Física, uma das adaptações mais conhecidas foi proposta por Reif e colaboradores (Reif, Larkin, & Brackett, 1976). Nesse trabalho, os autores concentraram sua atenção na melhoria da habilidade de os estudantes interpretarem corretamente as relações intrínsecas presentes nas leis matemáticas da Física. Em seguida, sugeriram regras para a resolução de problemas que, de forma simplificada, são: (a) descrição, (b) planejamento, (c) implementação e (d) checagem. A similaridade com as regras de Pólya é evidente. No entanto, o detalhamento apresentado no texto do artigo estabelece a diferenciação necessária das regras para uso dos estudantes de Física. Outras

⁴ Neste trabalho não nos esforçaremos para diferenciar exercícios e problemas. A expressão “problemas de lápis-e-papel” corresponde aos problemas propostos em livros, que chamaremos simplesmente de “problemas”.

estratégias voltadas para a resolução de problemas estão disponíveis na literatura. O leitor interessado poderá encontrar uma revisão em Costa e Moreira (Costa & Moreira, 1997), que catalogou 33 artigos nessa linha de trabalho.

Não podemos esquecer que tais regras, ou estratégias, são apenas uma forma de sintetizar, *a posteriori*, procedimentos mais complexos adotados por um especialista ao resolver um problema. Obviamente que conhecer essas regras não garante sucesso na resolução, até porque no instante em que o aluno começa a ler o enunciado, fenômenos importantes ocorrem em seu cérebro (Bing & Redish, 2009; Jonathan Tuminaro & Redish, 2007). De forma resumida, podemos dizer que nesse momento o indivíduo começa a escrutinar sua mente em busca de alguma situação semelhante, previamente enfrentada, que lhe permita ao menos iniciar a resolução. Quando isso não ocorre, o que é muito comum, o impulso natural é adotar a estratégia de sobrevivência desenvolvida por muitos estudantes ao longo de sua formação em nível médio, qual seja buscar a fórmula salvadora. A atração pelas fórmulas prontas acaba gerando uma desvantagem extra. A manipulação matemática gerada a partir das expressões fundamentais, importante para o amadurecimento científico do estudante, é automaticamente suprimida (Uhden, Karam, Pietrocola, & Pospiech, 2012). Não raras vezes, a matemática é o principal “calcanhar de Aquiles” dos alunos (J. Tuminaro & Redish, 2004). Esta é uma das razões para tantos alunos terem o hábito de adotar a estratégia de “resolução baseada em fórmulas” (Clement, 1981). É importante notar que a resolução de problemas é resultado de um processo mental que define as ações a serem tomadas diante de um problema, e isto varia de indivíduo para indivíduo, principalmente em função de suas experiências anteriores.

Marco teórico

Num trabalho muito referenciado no Brasil, Peduzzi (Peduzzi, 1997) propôs uma estratégia com 12 ações para a abordagem dos problemas de Física básica, que achamos oportuno reproduzi-las no Quadro 1.

Quadro 1. Ações recomendadas para abordagem de problemas de Física (Peduzzi, 1997). As ações foram agrupadas de acordo com a etapa da resolução do problema: A. Preparação; B. Resolução; C. Checagem; D. Documentação e; E. Estratégia futura.

A1	Ler o enunciado do problema com atenção, buscando à sua compreensão;
A2	Representar a situação-problema por desenhos, gráficos ou diagramas para melhor visualizá-la;
A3	Listar os dados (expressando as grandezas envolvidas em notação simbólica);
A4	Listar a(s) grandeza(s) incógnita(s) (expressando-a(s) em notação simbólica);
A5	Verificar se as unidades das grandezas envolvidas fazem parte de um mesmo sistema de unidades; em caso negativo, estar atento para as transformações necessárias;
A6	Analisar qualitativamente a situação problema, elaborando as hipóteses necessárias;

B1	Quantificar a situação-problema, escrevendo uma equação de definição, lei ou princípio em que esteja envolvida a grandeza incógnita e que seja adequada ao problema;
B2	Situar e orientar o sistema de referência de forma a facilitar a resolução do problema;
B3	Desenvolver o problema literalmente, fazendo as substituições numéricas apenas ao seu final ou ao final de cada etapa;
C	Analisar criticamente o resultado encontrado;
D	Registrar, por escrito, as partes ou pontos chave no processo de resolução do problema;
E	Considerar o problema como ponto de partida para o estudo de novas situações-problema.

No Quadro 1, as ações designadas por *A* estão relacionadas à preparação para a resolução do problema, *B* referem-se à resolução propriamente dita, *C* à checagem do resultado, *D* à documentação para uso futuro e *E* à estratégia para resolver problemas similares. Não restam dúvidas de que o uso prático desse conjunto de ações pode beneficiar a organização mental do estudante e facilitar a resolução de um problema. Mas é fato que regra alguma será capaz de ajudar alguém que não possua embasamento físico-matemático razoável (Peduzzi, 1997).

Uma forma de lidar com a resolução de problemas é tratá-los na perspectiva de sistemas/propostas gerais de encaminhamento da solução. Trabalhos como o de Polya e mesmo o de Peduzzi investem na busca de algum tipo de formatação geral que seria responsável pela solução de toda gama de problemas de um determinado tipo. No entanto, estudos sobre especialistas que se propõem a resolver problemas verdadeiros, ou seja, problemas para os quais não há de imediato uma solução prevista, reforçam as estratégias de natureza heurística. Quais sejam, aquelas que permitem que o problema seja comparado com outros problemas, que a priori não são considerados como semelhantes, com a solução de casos particulares que na sequência são ampliados na busca de uma solução mais geral, ou ainda de redução por absurdo etc. O que se vê é que no lugar de uma guia/regra linear e única na solução de problemas, o que se percebe é um conjunto de estratégias que quando combinadas podem levar à solução de problemas.

A Física, assim como qualquer domínio de vida social, é resultado de uma longa construção histórica que forjou sua prática numa forma particular de cultura (Sewell, 2005). Como em qualquer prática cultural, fazer física implica em incorporar esquemas e recursos capazes de dar suporte às ações dos indivíduos que dela participam. Num texto já antigo, Einstein (Einstein, 1950) discute os modos pelos quais as teorias na física são produzidas. Ele apresenta dois tipos de abordagens que considera como prototípicas do fazer físico. Elas revelam modos diferentes de abordar os fenômenos naturais e dão origem a teorias físicas que tem heurísticas diferentes: teorias de princípio e teorias construtivistas. Ele resume da seguinte forma as características e o valor de cada uma delas:

Teorias construtivas: “... buscam edificar uma imagem de fenômenos complexos sem o uso de algumas proposições relativamente simples. A teoria cinética dos gases, por exemplo, busca referenciar-se ao movimento das moléculas para tratar as propriedades mecânicas, térmicas e de difusão dos gases. Quando falamos que nós

entendemos um grupo de fenômenos, queremos dizer que encontramos uma teoria construtiva que o abraça.”

Teorias de princípio: *“...empregam o método analítico e não o sintético. Os seus pontos de partida e fundamentação não são constituintes hipotéticos, mas propriedades gerais observadas empiricamente, princípios dos quais as fórmulas matemáticas são deduzidas de tal modo que elas podem se aplicar a todos os casos que se apresentem. Termodinâmica, por exemplo, começa a partir do fato que o movimento perpétuo não pode nunca ocorrer na experiência ordinária, e busca deduzir desta, por processos analíticos, uma teoria a qual se aplicará em todo caso”.* (Einstein, 1950)

As formas de teorização propostas por Einstein de algum modo exemplificam arquétipos no modo de resolver problemas: ter disponível algumas propriedades ou princípios gerais que servem de ponto de partida para um processo dedutivo que levará a solução; ou partir de hipóteses e construir passo a passo, por raciocínios mais ou menos seguros oriundos de experiências anteriores, a busca da solução. É importante destacar que ambas teorizações são importantes, e a história da Física é repleta de exemplos de ambas teorizações. Essas duas formas de ação são compostas por esquemas e recursos característicos da cultura da física que devem ser incorporados pelos candidatos a físicos ao longo de sua formação. No entanto, o que parece acontecer nas disciplinas iniciais dos cursos é a oferta de procedimentos padronizados e mecânicos a serem memorizados na resolução de longas listas de exercícios.

Métodos

Foram ofertados dois MCs. O primeiro ocorreu no semestre 2016/2, período em que a disciplina Física I foi ofertada aos licenciandos. O segundo foi em 2017/1, quando a mesma disciplina foi ofertada aos bacharelados. Os Participantes foram selecionados dentre os alunos das respectivas disciplinas de Física I. A divulgação foi realizada por meio de uma breve comunicação oral, seguida de distribuição de material impresso. Também foram enviadas mensagens por e-mail incentivando os alunos a participarem. Em ambos MCs foram ofertadas 20 vagas. Os selecionados de cada turma compuseram o *Grupo de Teste* (GT) e o restante compôs o *Grupo de Controle* (GC). A seleção foi feita com base no *Coefficiente de Rendimento* (CR) de cada aluno, embora não tenha sido usado para selecionar os melhores alunos. Nosso interesse era para compor um grupo cujo CR estivesse distribuído homogeneamente em variadas faixas, desde o menor até o maior. Fazendo assim, todos os alunos, independentemente do CR, tiveram oportunidade de participarem dos MCs.

Cada MC foi planejado para ter 10 aulas, cada uma com duas horas de duração, ao longo de cinco semanas. Mas, na prática, o calendário de feriados e recessos ampliou o número de semanas nas duas edições do MC. Os trabalhos foram divididos em duas etapas. Na *Etapa de Preparação*, que correspondeu às cinco primeiras aulas, a ênfase foi baseada na apresentação das variadas estratégias de resolução de problemas simples, mas variados. Na *Etapa de Aplicação*, os alunos foram desafiados a resolverem problemas mais avançados utilizando as estratégias aprendidas.

Todos os materiais didáticos utilizados nos MCs foram impressos no *TecnoLab*⁵ e distribuídos aos alunos sem qualquer custo. A maior parte das aulas foi filmada e alguns grupos tiveram suas discussões gravadas em áudio. Foram confeccionados Certificados de Participação, emitidos pelo Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LAPEF), coordenado pelo Supervisor e pertencente ao Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares (NUPIC) da Faculdade de Educação da USP (FEUSP). Somente alunos com um mínimo de 80% de frequência puderam receber o certificado.

A estrutura dos MCs foi planejada para acomodar três estratégias centrais: resolução de questões conceituais, resolução de problemas e tarefas de casa em um fórum virtual. No Quadro 2 são mostradas as estratégias e as principais atividades abordadas. Eventualmente outros aspectos foram debatidos em decorrência de interesse particular dos participantes.

Quadro 2. Estratégias e atividades dos MCs.

Estratégias	Atividades
I. Resolução de questões conceituais	<ul style="list-style-type: none"> • Análise, discussão e resolução
II. Resolução de problemas	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e interpretação de enunciados • Construção de diagramas • Atribuição simbólica de grandezas físicas • Referenciais e sistemas de coordenadas • Análise conceitual • Estratégias de resolução • Desenvolvimento da resolução • Apresentação e verificação dos resultados
III. Fórum virtual	<ul style="list-style-type: none"> • Tarefas de casa sobre os itens anteriores

Para trabalhar os itens do Quadro 2, foram utilizados materiais relacionados ao conteúdo das aulas do Professor. Ou seja, sincronizamos os assuntos dos MCs com os assuntos que estavam sendo estudados nas aulas de Física I. Essa estratégia fez com que, ao mesmo tempo em que aprendiam a resolver problemas de Física, os alunos estudavam a matéria da disciplina. Nos itens a seguir detalhamos essas estratégias.

Resolução colaborativa de questões conceituais

Como a resolução de questões conceituais é um assunto que os alunos recém-ingressados na universidade não têm familiaridade e/ou não consideram importantes, esforçamo-nos para que a atividade fosse atraente. Essa estratégia foi aplicada no início da aula e tomou cerca de 30% (36 min) do tempo de aula do minicurso.

Para podermos trabalhar com as questões conceituais nos MCs, fizemos uma adaptação da estratégia *peer instruction*, ou instrução pelos pares. Este método de ensino, desenvolvido por Eric Mazur (Araujo & Mazur, 2013; Crouch & Mazur, 2001; Lasry, Mazur, & Watkins, 2008; Mazur,

⁵ Laboratório de Desenvolvimento e Aplicação de Novas Tecnologias no Ensino de Física, coordenado pelo Instrutor e localizado no Centro de Ciências Exatas – UFES.

1997), tem como elemento central a discussão e a resolução de testes conceituais (*ConcepTests*). O método funciona da seguinte maneira. Antes de entrar em sala, os alunos devem ter lido um texto, ou uma referência, indicado na aula anterior. Cada aula é dividida em pequenas seções relacionadas a assuntos bem definidos. Após cada seção é apresentada uma questão conceitual, normalmente de múltipla escolha, cujo enunciado está relacionado ao âmago do assunto. Os alunos devem tentar resolver a questão individualmente durante um ou dois minutos. O professor avalia o resultado imediatamente após esse tempo. No caso de haver divergência acentuada entre as respostas, os alunos devem discutir a solução da questão em grupos de três ou quatro colegas vizinhos. A ideia dessa discussão é que cada um deve tentar convencer seus colegas de que sua resposta é a correta, sempre explicando as razões que suportam sua escolha. A situação ideal ocorre quando todos os alunos chegam a um consenso sobre a resposta da questão. Essa fase dura entre dois a quatro minutos. Em seguida o professor avalia as respostas, explica a solução, caso necessário, e segue para a próxima seção com novo assunto.

A tecnologia usada no MC para gerir a apresentação das questões, as respostas dos alunos e as estatísticas dos resultados, foi um pouco diferente do tradicional. Utilizamos os *smartphones* dos alunos, o *notebook* e o projetor multimídia do Instrutor e a rede sem fio disponível na sala de aula para reproduzir a funcionalidade dos *clickers*⁶. Para fazer tudo funcionar, utilizamos o aplicativo *Socrative* (MasteryConnect, 2017), que é um software projetado para realizar votações via internet. Existem duas versões do *Socrative*: uma para professores e outra para alunos. A versão *Teacher*, foi instalada no notebook onde o Instrutor criou as questões conceituais e configurou o sistema para gerar as estatísticas de acerto/erro desejadas. A versão *Student* foi instalada nos *smartphones* dos alunos, que recebiam as questões liberadas pelo Instrutor.

Nas aulas da Etapa de Preparação os alunos utilizaram o *Socrative* para resolver questões conceituais. Foram preparadas variadas questões de múltipla escolha, no estilo *ConcepTest*. Todas as questões foram preparadas em duplicata, de forma que num primeiro momento os alunos tentavam responder individualmente. Havendo dispersão significativa das respostas, monitoradas à distância pelo professor, a mesma questão era submetida mais uma vez para debate entre os integrantes dos grupos.

A situação ideal seria que as questões conceituais discutidas em ambos MCs fossem iguais. No entanto, o fato de os conteúdos abordados nos MCs dependerem do que os Professores estavam ministrando em suas aulas, fez com que as questões fossem diferentes, embora com o mesmo nível de dificuldade.

A avaliação dos resultados desta estratégia foi realizada com base no número de acertos e erros das respostas das questões conceituais por cada aluno. Esses números são automaticamente computados pelo *Socrative* e disponibilizados na forma de planilhas eletrônicas.

Resolução colaborativa de problemas

Como não poderia deixar de ser, a Resolução Colaborativa de Problemas foi a principal atividade das aulas do MC, para a qual reservamos cerca de 60% do tempo (72 min). Os grupos que

⁶ Dispositivo similar a um controle remoto de TV capaz de enviar a resposta de questões de múltipla escolha para o notebook do professor pressionando-se os botões do controle.

trabalharam nos problemas foram os mesmos das questões conceituais. Optamos por tornar esta estratégia colaborativa com dupla intenção. A primeira é que os alunos poderiam trocar ideias sobre as leis e os conceitos envolvidos em cada problema, pois afinal eles já estavam discutindo soluções das questões conceituais na estratégia anterior. A segunda é que esperávamos calorosas discussões no grupo para tentar achar a melhor solução para cada problema.

Na Etapa de Preparação do MC foram realizadas variadas atividades relacionadas à resolução de problemas, sendo que a primeira foi a interpretação de enunciados. As demais atividades estão listadas no Item II do Quadro 2. Na Etapa de Aplicação, propusemos problemas completos aos grupos para que exercitassem as habilidades adquiridas. Em algumas ocasiões fizemos com que os Participantes fossem ao quadro para resolver problemas e, ao mesmo tempo, narrassem sua estratégia de resolução. Para fins de avaliação, planejamos computar o número de acertos e erros de cada grupo em relação à resolução dos problemas propostos.

Em todas as aulas o Instrutor utilizou apresentações de slides no aplicativo Power Point. Isso permitiu considerável ganho de tempo na proposição e resolução de problemas. A exibição de imagens, vídeos e outros recursos permitiu melhorar a compreensão dos aspectos conceituais e matemáticos das soluções dos problemas.

Tarefas de casa em fórum virtual

Com a intenção de prolongar as atividades em ambiente extraclasse, criamos fóruns virtuais, um para cada MC. Nesse espaço, variadas questões e problemas puderam ser debatidos em qualquer lugar onde houvesse disponibilidade de internet como, por exemplo, numa biblioteca ou em suas casas. Os fóruns foram hospedados nas comunidades da rede social Google+⁷ e nomeados “MC RPF 2016/2” (Gaudio, 2016) e “MC RPF 2017/1” (Gaudio, 2017). Nesse fórum, o Instrutor postou tanto questões conceituais quanto problemas, e os alunos puderam opinar livremente sobre quaisquer aspectos das postagens. O objetivo que almejávamos era que houvesse colaboração mútua entre os Participantes para resolver os problemas. Caso isso não ocorresse, o Instrutor entraria em cena com dicas de possíveis caminhos para que eles pudessem chegar à solução.

Para avaliar a eficiência desta estratégia, foram considerados os seguintes parâmetros: a natureza da postagem (conceitual ou problema), o número de comentários dos Participantes e do Instrutor e o grau de resolução do problema (resolvido pelos Participantes, resolvido pelo Instrutor e não resolvido).

Notas obtidas na disciplina Física I

Os MCs RPF 2016/2 e RPF 2017/1 iniciaram logo após a primeira prova de Física I (P1) e terminou pouco antes da segunda prova (P2). Aproveitamos essa oportunidade para gerar um parâmetro extra de avaliação da eficiência dos MCs em melhorar o aprendizado de Física, quanto para comparar os resultados obtidos por licenciandos e bacharelados. Esse parâmetro foi criado com base nas notas auferidas na disciplina Física, com seus respectivos Professores.

⁷ <https://plus.google.com/>

As notas obtidas em sala de aula foram separadas em dois blocos. O primeiro corresponde às notas dos Participantes. As notas dos alunos que não participaram dos MCs foram agrupadas no GC. Utilizamos como parâmetro de avaliação a média das diferenças entre as notas P1 e P2 e P2 e P3. O Quadro 3 mostra a interpretação adotada em relação às diferenças entre essas notas para os alunos do MC e para o grupo de controle. A média das diferenças $(P2 - P1)_{méd}$ corresponde ao aprendizado de Física I para ambos os grupos, mas contém o efeito do aprendizado obtido no MC para Participantes. A média das diferenças $(P3 - P2)_{méd}$ é uma medida da persistência do aprendizado obtido na disciplina Física I (todos os alunos), além do aprendizado obtido no MC (alunos Participantes).

Quadro 3. Interpretação atribuída às médias das diferenças entre as notas das provas da disciplina Física I.

	Interpretação	
	$(P2 - P1)_{méd}$	$(P3 - P2)_{méd}$
Grupo de Teste	Aprendizado de Física I Aprendizado no MC	Persistência do aprendizado
Grupo de Controle	Aprendizado de Física I	Persistência do aprendizado

Enquetes

Ao longo dos trabalhos dos dois minicursos foram realizadas duas enquetes cujos sujeitos foram os Participantes. A primeira foi a *Enquete de Avaliação* do MC, que abrangeu a maior parte das atividades do MC e foi dividida em cinco temas, cada uma com perguntas específicas. Os resultados mais importantes desta enquete são comentados ao longo das próximas seções. Os itens abordados são:

- a organização, o horário e a logística do minicurso
- as estratégias utilizadas no minicurso
- a sua participação no minicurso
- o instrutor
- perguntas gerais

A segunda, e mais importante, foi a Enquete sobre os Participantes. Esta procurou traçar um perfil pessoal, familiar e profissional dos licenciandos e os bacharelados que participaram dos MCs. Esperamos que os resultados desta enquete nos auxiliem a responder a questão central desta pesquisa. Os assuntos abordados foram:

- Sobre você no Ensino Médio
- Sobre você no curso de Física
- Sobre você no MC RPF
- Sobre você no dia-a-dia
- Sobre você na sua futura profissão

As duas enquetes foram criadas no ambiente do aplicativo *Google Formulários* (Google, 2018). A maior parte das perguntas foi de múltipla escolha, cujas opções eram baseadas na escala Likert (Likert, 1932). As demais perguntas podiam ter mais de uma resposta possível, apresentadas em caixas de seleção, ou serem perguntas abertas.

Resultados e discussão

Tanto quanto foi possível, procuramos converter em números os resultados das estratégias previstas nos MCs. No entanto, em alguns casos a avaliação qualitativa foi nossa única alternativa.

Resolução colaborativa de questões conceituais

A estratégia de resolução de questões conceituais gerou excelentes resultados, sendo que tanto os licenciandos quanto os bacharelados foram unânimes em elogiar a tecnologia Socrative (MasteryConnect, 2017). Mas infelizmente o uso do *Socrative* em sala de aula apresentou um ponto fraco. No primeiro MC, utilizamos a rede wireless institucional Eduroam (UFES, 2016). Apesar dos testes realizados previamente indicarem a viabilidade dessa rede, a sessão de resolução de questões conceituais das aulas #02 e #03 foram muito prejudicadas pela oscilação do sinal de internet. A partir da quarta aula do primeiro MC e em todas as aulas do segundo, passamos a utilizar salas em que houvesse internet via cabo. Sendo assim, a distribuição do sinal de internet foi realizada com um roteador providenciado pelo Instrutor.

Apesar dos percalços experimentados na operacionalização desta estratégia, esta foi, sem dúvida alguma, a que mais impacto positivo gerou nos Participantes dos dois minicursos. Até onde foi possível avaliar, dois foram os fatores responsáveis por esse sucesso: (a) a possibilidade de usar o telefone celular para receber, analisar e resolver as questões foi diretamente ao encontro do modo de vida desses estudantes, que costumam viver grudados nesses aparelhos; (b) o caráter colaborativo da atividade adequou-se perfeitamente à natureza das discussões sobre os conceitos de Física.

O sucesso da estratégia permitiu aos Participantes um ganho substancial na forma de abordar problemas de Física. Nas conversas informais de início e término de aula, entre Instrutor e Participantes, estes afirmaram que passaram a se preocupar mais com os conceitos e as leis físicas e com a relevância deste tema para a resolução de problemas. Segundo um aluno, “os problemas tornam-se mais fáceis quando conseguimos visualizar o mecanismo de funcionamento do sistema e identificar as leis por detrás desse mecanismo”.

Em termos gerais, ficamos satisfeitos com os resultados obtidos, embora a amostragem tenha sido pequena, tanto em número de alunos como de questões. Para os objetivos deste minicurso interpretamos este resultado como uma clara indicação da potencialidade desta estratégia na resolução de problemas. A Enquete de Avaliação realizada após cada minicurso revelou que 57% dos participantes acharam esta estratégia Excelente e 43% Bom.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos pelos Participantes na atividade colaborativa de resolução de questões conceituais. No total, os licenciandos resolveram, individual e colaborativamente, 14 questões nas aulas # 2 a 5, enquanto que os bacharelados resolveram 12 questões. As médias de acerto dos bacharelados (40% individualmente e 60% em colaboração) foram maiores que as dos licenciandos (30% e 53%), o que significa que estes obtiveram *ganho colaborativo* ligeiramente superior aos bacharelados. Em outras palavras, individualmente os bacharelados responderam corretamente um percentual maior de questões. Mas os licenciandos conseguiram corrigir um percentual maior de erros em trabalho colaborativo.

Tabela 1. Percentual de acertos obtidos na resolução de questões conceituais. A coluna “Individual” mostra o percentual de acertos obtido individualmente, enquanto que a coluna “Colaborativo”, mostra os acertos obtidos nas mesmas questões quando analisadas em grupo. O “Ganho colaborativo médio” é a diferença entre a média dos acertos colaborativos e a média dos acertos individuais.

Aula #	Questão #	Percentual de acertos			
		Licenciandos		Bacharelandos	
		Individual	Colaborativo	Individual	Colaborativo
2	1	38	0	9	64
	2	13	25	36	63
	3	-	-	36	18
3	1	17	0	45	73
	2	14	100	64	85
	3	43	57	23	15
4	1	71	100	80	91
	2	29	29	55	100
	3	0	71	36	50
	4	71	71	-	-
	5	57	100	-	-
	6	29	43	-	-
5	1	40	60	67	100
	2	0	80	11	33
	3	0	0	22	22
Total de questões resolvidas		14		12	
Média de acertos (%)		30	53	40	60
Ganho colaborativo médio (%)		23		20	

Resolução colaborativa de problemas

A Resolução Colaborativa de Problemas foi planejada para ser a estratégia mais importante do minicurso e sobre a qual depositávamos grandes expectativas. Na Etapa de Preparação dos MCs, foram exercitadas as habilidades pontuais citadas no Item II do Quadro 2. Na Etapa de Aplicação utilizamos todo o tempo do minicurso para a resolução integral de problemas.

Nas aulas da primeira etapa, os Participantes sentiram-se muito interessados por poderem treinar em separado as diversas etapas de uma resolução típica de problemas. Em especial, a construção de esquemas realmente úteis, a atribuição simbólica consistente para grandezas escalares e vetoriais e o uso correto de referenciais e sistemas de coordenadas causaram forte impacto nos alunos. Só que nessa etapa, a resolução da maior parte dos problemas era acompanhada de perto pelo Instrutor. Sendo assim, os Participantes sentiam-se seguros e motivados. Tanto isso era verdade que, na Enquete de Avaliação, os alunos classificaram como “permanente” a mudança na forma de resolver os futuros problemas do curso.

A Etapa de Aplicação deveria ser o ponto alto do minicurso, em que toda a preparação inicial seria colocada em prática na resolução de problemas mais avançados. Também nesta etapa, os

Participantes deveriam trabalhar com mais autonomia e discernimento. Mas o que parecia ser um sucesso garantido, não teve a repercussão que esperávamos. Embora o Instrutor não tenha percebido de imediato, no primeiro MC o trabalho em grupo não era tão colaborativo quanto esperado. Ocasionalmente o Instrutor via integrantes de um ou outro grupo trabalhando sozinhos. Quando questionados sobre esse procedimento, alegavam que estavam “raciocinando em separado, para depois juntar os resultados”. Também foram observados pequenos e constantes atritos entre os membros dos grupos, especialmente no primeiro MC. Alunos mais capazes não queriam compartilhar suas ideias com seus colegas menos preparados. E alunos menos preparados não conseguiam resolver os problemas, mesmo discutindo com colegas do mesmo nível.

Infelizmente, somente após o término do primeiro MC é que a Enquete de Avaliação revelou a real situação. A grande reclamação dos Participantes em relação a esta estratégia foi a do trabalho em grupo. Um desses participantes descreveu bem as dificuldades enfrentadas no trabalho colaborativo com problemas de Física:

“Não que a estratégia de resolução de problemas em grupo seja ruim, porém, trabalhar em grupo sempre exige um esforço a mais. Exige capacidade de discussão e entrosamento e a falta dessas capacidades pode ser confundida com a capacidade de raciocínio do aluno já que este, por estar desconfortável com o grupo, pode se desmotivar de trabalhar no problema.”

Para tentar remediar a situação, no segundo MC deixamos os Participantes decidirem se queriam trabalhar em grupo ou individualmente. Para surpresa do Instrutor, eles preferiram trabalhar em colaboração. Até onde foi possível avaliar, os Participantes pareceram estar confortáveis no trabalho de resolução de problemas em grupo. Mas isso não significa que tenham se saído bem nas resoluções. Muito ao contrário, no início dos trabalhos da Etapa de Aplicação os Participantes não conseguiam sequer fazer um esquema de situação dos problemas. Temendo um fracasso iminente, Supervisor e Instrutor decidiram mudar um pouco a aplicação dessa estratégia. Ao invés dos grupos trabalharem em suas carteiras, foram transferidos para o quadro-de-pincel. Este foi dividido em quatro espaços para que os grupos pudessem resolver os problemas lado-a-lado, sendo permitido consultar os colegas que ficaram sentados. Embora a qualidade das resoluções não tenha melhorado substancialmente, o trabalho em pé diante do quadro, ao lado dos colegas, trouxe maior dinamismo à estratégia. Cerca de metade dos Participantes tentaram esquivar-se de irem ao quadro. Mas a insistência do Instrutor acabou vencendo essa resistência.

A resolução colaborativa de problemas em sala de aula foi a única estratégia em que não conseguimos traduzi-la em números. A grande dificuldade verificada nessa atividade foi justamente a colaboração. O que funcionou muito bem na resolução de questões conceituais, atividade em que os grupos trabalharam harmoniosamente, não funcionou bem com os problemas. Certamente o motivo está relacionado às formas de discussão envolvidas nas duas atividades. Nas questões conceituais tudo era discutido oralmente, sem a necessidade de desenvolvimento de expressões matemáticas. No caso dos problemas, a situação foi diferente. Problemas requerem leitura, interpretação, raciocínio, estratégias e matemática para serem resolvidos. Ou seja, trata-se de uma atividade muito mais introspectiva do que a resolução de questões conceituais.

No resultado final da Enquete de Avaliação, esta estratégia obteve a seguinte avaliação: Excelente 28%, Bom 14%, Regular 29% e Ruim 29%. Esta foi a pior avaliação dentre todas as atividades.

Tarefas de casa em fórum virtual

Nas primeiras aulas do primeiro MC houve muita atividade no fórum virtual ou, mais especificamente, no Google+ Comunidades, intitulado “Resolução de Problemas de Física” (Gaudio, 2016). Nesse período, somente foram postadas questões conceituais. A Tabela 2 refere-se ao MC dos licenciandos, que mostra a evolução do número de comentários em função da natureza (conceitual ou problema) e da data da postagem. A inclusão da data é importante por dois motivos. O primeiro é que à medida que o minicurso se aproximava do fim os Participantes ficavam mais cansados e entediados, o que diminuiu a participação na comunidade. O segundo, e mais importante motivo, está relacionado à evasão crescente observada a partir da partir da Aula #05, ministrada em 03/10. Ao que tudo indica, os fóruns virtuais só funcionam bem com quantidade significativa de participantes. Na Tabela 2, podemos ver que a primeira questão recebeu 13 comentários dos Participantes e 20 do Instrutor. No presente contexto, o termo “comentário” refere-se às postagens realizadas pelos Participantes e pelo Instrutor após cada questão/problema ser publicado. É razoável admitir que o número de comentários tenha relação direta com o interesse dos Participantes em tentar resolver as proposições do Instrutor.

Tabela 2. Resultado das tarefas de casa do MC 2016/2 (Licenciatura) no fórum virtual, que mostra a evolução dos comentários dos Participantes e do Instrutor para resolver de forma colaborativa as questões e os problemas postados pelo Instrutor.

Postagem #	Natureza ^(a)	Comentários		Data	Resolvido? ^(b)
		Participantes	Instrutor		
1	C	13	20	20/09	I
2	C	7	3	21/09	I
3	C	4	2	26/09	I
4	C	3	3	29/09	P
5	C	2	1	30/09	P
6	P	10	4	30/09	I
7	P	23	5	30/09	P
8	P	7	2	04/10	P
9	P	4	4	06/10	N
10	C	4	3	08/10	I
11	C	1	1	08/10	N
12	P	0	0	17/10	N
13	P	0	0	20/10	N

^(a) C = Conceitual; P = Problema. ^(b) P = Sim, pelos Participantes; I = Sim, pelo Instrutor após tentativas dos Participantes; N = Não.

Quanto ao desfecho de cada postagem do MC RPF 2016/2, ocorreram três tipos de situações. Nas postagens iniciais, os Participantes vivenciaram muitas dificuldades para responder corretamente, mesmo com ajuda do Instrutor. Como consequência, depois de esgotados os recursos dos Participantes, o Instrutor apresenta a solução (I, na última coluna da Tabela 2). A partir da quarta

postagem, dos seis problemas resolvidos, quatro foram devidos aos esforços dos Participantes (P). Infelizmente, as três últimas postagens, com número de presentes muito reduzido, não houve sequer uma tentativa de resolução (N).

Um fenômeno interessante pode ser observado na Tabela 2. Nas cinco primeiras postagens, em que somente questões conceituais foram discutidas, o número de postagens dos Participantes variou de 13 a 2, de forma quase exponencial. Ao alterarmos a natureza das questões (postagens 6 a 9), o número de participações voltou a subir para reduzir pouco depois. Alterando o tipo de postagem novamente (postagens 10 e 11), o mesmo fenômeno foi observado, porém em escala muito menor. Isso nos levou a concluir que na edição seguinte do minicurso, questões conceituais e problemas deverão ser postados alternadamente e, preferencialmente, que sejam atraentes aos olhos dos estudantes.

Quando chegou a vez dos bacharelados participarem das tarefas de casa no fórum virtual (MC RPF 2017/2), as coisas não foram exatamente como pensamos. Após serem esclarecidos de como funcionaria o fórum, os Participantes solicitaram que fossem postados somente problemas, pois as questões conceituais já estavam sendo trabalhadas no início das aulas. Além disso, eles consideraram muito mais interessante o “trabalho com a matemática” do que terem de escrever “longos textos conceituais”. Colocados nestes termos, Supervisor e Instrutor decidiram aceitar os argumentos dos Participantes e o fórum foi utilizado apenas para postagens problemas.

Essa decisão teria sido compensadora caso a participação e o rendimento dos bacharelados fossem realmente satisfatórios. Mas infelizmente isso não aconteceu. A Tabela 3 mostra os resultados da participação dos bacharelados no fórum virtual. O que mais impressiona é que apenas dois problemas foram integralmente resolvidos. Dentre os outros dez, quatro foram alvo de tentativas mais ou menos consistentes, três receberam postagens de dúvidas sobre como resolvê-los e três nem foram tocados.

A ausência de resoluções do Instrutor na última coluna da Tabela 3 deveu-se a um critério previamente adotado. Este consistiu em somente apresentar a solução do problema se os Participantes estivessem no caminho certo para a resolução, mas por algum motivo não conseguiam concluir.

Tabela 3. Resultado das tarefas de casa do MC 2017/1 (Bacharelado) no fórum virtual. A legenda das abreviações encontra-se na Tabela 2.

Postagem #	Natureza	Comentários		Data	Resolvido?
		Participantes	Instrutor		
1	P	6	4	30/05	N
2	P	6	5	01/06	N
3	P	5	4	01/06	N
4	P	3	2	01/06	N
5	P	5	4	05/06	P
6	P	1	1	08/06	N
7	P	3	2	10/06	P
8	P	1	1	10/06	N
9	P	0	0	16/06	N

10	P	2	2	19/06	N
11	P	0	0	20/06	N
12	P	0	0	20/06	N

A Tabela 4 mostra o resumo dos resultados obtidos na atividade do fórum virtual. Embora a quantidade de postagens tenha sido praticamente a mesma, a participação e o rendimento dos licenciandos foram muito superiores aos seus colegas bacharelados.

Tabela 4. Evolução dos comentários dos Participantes e do Instrutor para resolver de forma colaborativa as questões e os problemas postados pelo Instrutor.

Minicurso	Quantidade	Comentários ^(a)		Resolvido? ^(b)		
		Participantes	Instrutor	P	I	N
Licenciatura	13	78	48	4	5	4
Bacharelado	12	32	25	2	0	10

^(a) O termo *comentário* refere-se a cada uma das tentativas de resolver as questões conceituais e os problemas propostos.

^(b) A questão/problema foi resolvido(a)? P = Sim, pelos Participantes; I = Sim, pelo Instrutor após tentativas dos alunos; N = Não foi resolvido por falta de iniciativa dos Participantes.

Notas obtidas na disciplina Física I

A Tabela 5 mostra as notas obtidas nas provas P1, P2 e P3, as diferenças entre essas notas e as médias dessas diferenças dos alunos da Licenciatura. No parâmetro $(P2 - P1)_{\text{méd}}$, os Participantes conseguiram obter, em média, 1,8 pontos acima do Grupo de Controle. Em relação ao parâmetro $(P3 - P2)_{\text{méd}}$, houve ligeira melhora do Grupo de Controle, enquanto que os alunos do MC mantiveram o nível de aprendizagem anterior.

Tabela 5. Notas das provas P1, P2 e P3, as médias dessas notas, as diferenças entre as notas ($P2 - P1$ e $P3 - P2$) e as médias dessas diferenças, relativas ao Grupo de Controle e aos Participantes do MC-RPF 2016/2.

Licenciatura - Grupo de Controle						
Aluno #	P1	P2	P3	P2-P1	P3-P2	
1	4,7	6,7	5,7	2,0	-1,0	
2	0,5	8,5	7,3	8,0	-1,2	
3	4,7	7,6	8,9	2,9	1,3	
4	1,9	2,3	5,5	0,4	3,2	
5	7,5	7,8	-	0,3	-	
6	2,7	5,0	5,4	2,3	0,4	
7	5,6	7,5	6,0	1,9	-1,5	
8	6,0	7,0	6,0	1,0	-1,0	
9	3,6	4,8	5,7	1,2	0,9	
10	2,1	4,7	4,2	2,6	-0,5	
11	2,7	4,2	-	1,5	-	
12	6,7	1,2	-	-5,5	-	
13	8,5	8,1	8,2	-0,4	0,1	
14	2,3	5,6	4,8	3,3	-0,8	
15	7,2	6,5	8,3	-0,7	1,8	

16	5,6	4,8	7,0	-0,9	2,3
17	3,5	8,2	8,5	4,7	0,3
18	3,8	8,3	7,5	4,5	-0,8
19	8,4	6,2	9,5	-2,2	3,3
20	9,6	6,0	7,6	-3,6	1,6
Média	4,9	6,0	6,8	1,2	0,5

Licenciatura - Participantes					
Aluno #	P1	P2	P3	P2-P1	P3-P2
1	3,3	7,5	7,2	4,2	-0,3
2	0,7	5,1	5,2	4,4	0,1
3	6,5	5,5	6,5	-1,0	1,0
4	2,4	8,7	8,0	6,3	-0,7
5	2,6	3,8	3,9	1,2	0,1
Média	3,1	6,1	6,2	3,0	0,0

Os resultados das notas dos alunos do Bacharelado foram bem diferentes dos alunos da Licenciatura (Tabela 6). O parâmetro de aprendizado $(P2 - P1)_{méd}$ foi ligeiramente melhor para o Grupo de Controle (0,5), comparado aos Participantes (0,3). Por outro lado, o parâmetro de persistência do aprendizado $(P3 - P2)_{méd}$ do Grupo de Controle aumentou de 0,4, enquanto que os Participantes experimentaram decréscimo sensível nesse quesito (-1,4).

Tabela 6. Notas das provas P1, P2 e P3, as médias dessas notas, as diferenças entre as notas ($P2 - P1$ e $P3 - P2$) e as médias dessas diferenças, relativas ao Grupo de Controle e aos Participantes do MC-RPF 2017/1.

Bacharelado – Grupo de Controle					
Aluno #	P1	P2	P3	P2-P1	P3-P2
1	1,2	4,0	3,5	2,8	-0,5
2	4,2	3,5	6,0	-0,7	2,5
3	3,0	1,8	1,0	-1,2	-0,8
4	2,4	3,0	1,0	0,6	-2,0
5	6,0	2,8	1,0	-3,2	-1,8
6	6,5	3,5	6,0	-3,0	2,5
7	5,5	6,5	8,5	1,0	2,0
8	7,9	9,5	8,0	1,6	-1,5
9	7,5	7,5	10,0	0,0	2,5
10	7,0	10,0	9,5	3,0	-0,5
11	3,9	4,5	8,0	0,6	3,5
12	1,7	8,0	8,5	6,3	0,5
13	6,5	8,0	10,0	1,5	2,0
14	1,5	0,5	0,0	-1,0	-0,5
15	3,5	6,5	9,0	3,0	2,5
16	4,5	0,5	1,5	-4,0	1,0
17	4,0	3,0	1,0	-1,0	-2,0
18	2,0	1,0	0,0	-1,0	-1,0
19	4,8	0,0	8,0	-4,8	8,0

20	1,2	0,0	0,6	-1,2	0,6
21	2,5	6,0	7,0	3,5	1,0
22	6,0	2,0	3,0	-4,0	1,0
23	3,7	10,0	4,5	6,3	-5,5
24	5,5	4,5	2,8	-1,0	-1,7
25	1,5	3,0	7,0	1,5	4,0
26	1,0	2,0	0,0	1,0	-2,0
27	8,8	10,0	9,5	1,2	-0,5
28	1,5	7,0	7,8	5,5	0,8
29	1,0	2,3	0,0	1,3	-2,3
Média	4,0	4,5	4,9	0,5	0,4

Bacharelado - Participantes					
Aluno #	P1	P2	P3	P2-P1	P3-P2
1	3,7	6,0	2,5	2,3	-3,5
2	1,7	3,3	6,0	1,6	2,7
3	2,0	1,0	0,0	-1,0	-1,0
4	2,0	4,5	1,0	2,5	-3,5
5	2,2	1,5	0,0	-0,7	-1,5
6	1,5	4,0	0,0	2,5	-4,0
7	1,0	0,5	0,0	-0,5	-0,5
8	5,3	3,3	7,0	-2,0	3,7
9	1,0	1,5	0,0	0,5	-1,5
10	6,0	8,0	1,0	2,0	-7,0
11	4,0	0,0	0,5	-4,0	0,5
Média	2,8	3,1	1,6	0,3	-1,4

A comparação entre as duas tabelas mostra que, em média, os licenciandos obtiveram performance muito superiores aos seus colegas bacharelandos, em relação aos respectivos Grupos de Controle. E isso diz respeito tanto no quesito aprendizado quanto na persistência do aprendizado. No caso dos bacharelandos, foi como se a participação no MC piorasse o rendimento em Física I.

Enquete sobre os Participantes

Esta enquete teve como objetivo conhecer o histórico escolar pré-universitário, o momento acadêmico em que vive, a passagem pelo MC, os aspectos pessoais, e as perspectivas profissionais dos Participantes. Trata-se de um complemento para tentar responder à nossa questão de pesquisa. Responderam à enquete 4 licenciandos (L) e 9 bacharelandos (B). Os números entre parênteses correspondem ao número de escolhas de cada item da enquete.

Tema 1: Sobre você no Ensino Médio

1.1. Em que tipo de escola você cursou a maior parte do Ensino Médio?

L: Todos cursaram o Ensino Médio em escolas públicas estaduais.

B: Parte em escolas públicas (5) e parte em escolas privadas (4).

- 1.2. Durante o Ensino Médio, como foi sua “relação” com a Física?
- L: Boa (2), regular (1) e ruim (1).
- B: Excelente (3), boa (3), regular (1) e ruim (2).
- 1.3. Durante o Ensino Médio, seus professores de Física faziam demonstrações de experimentos em sala de aula, no laboratório e/ou ao ar livre?
- L: Raramente (1) e nunca (3).
- B: Raramente (5) e nunca (4).
- 1.4. Quando você tinha conhecimento de algum avanço científico ou tecnológico recente, pedia ao professor de Física para comentar isso em sala de aula?
- L: Sempre que tinha conhecimento (1), uma vez ou outra (2) e nunca (1).
- B: Sempre procurava novidades (1), sempre que tinha conhecimento (2), uma vez ou outra (3), não, mas tinha vontade (1) e nunca (2).
- 1.5. Durante o Ensino Médio seus pais tinham o hábito de lhe ajudar nas tarefas de casa?
- L: Raramente (1) e nunca (3).
- B: Sempre (1), esporadicamente (1) e nunca (7).
- 1.6. Como você avalia sua performance geral no Ensino Médio?
- L: Boa (3) e regular (1).
- B: Excelente (2), boa (5) e regular (2).
- 1.7. Assinale até três opções: “Durante o Ensino Médio, as matérias que mais gostei foram...”
- L: Matemática (3), Física (3), Português (1), Geografia (1), Inglês (1) e Sociologia (1).
- B: Matemática (8), Física (8), Química (5), Biologia (2), História (2), Geografia (1), e Filosofia (1).
- 1.8. Assinale até três opções: “Durante o Ensino Médio, os professores de quem mais gostei foram os de...”
- L: Física (2), Geografia (2), Matemática (1), Português (1), Biologia (1), Inglês (1) e Sociologia (1).
- B: História (6), Geografia (5), Matemática (4), Física (3), Química (2), Português (2), Filosofia (2), Biologia (1) e Inglês (1).
- 1.9. Assinale até três opções: “Durante o Ensino Médio, as matérias que tive mais dificuldades foram...”

L: Química (2), Matemática (1), Português (1), História (1), Filosofia (1), Sociologia (1), Espanhol (1) e Educação Física (1).

B: Português (5), Química (2), Geografia (2), História (2), Biologia (2), Matemática (1), Sociologia (1) e Espanhol (1).

1.10. “Durante o Ensino Médio, as matérias em que fui reprovado foram...”

L: Nenhuma (4)

B: Nenhuma (9)

Comentário sobre o Tema 1:

Salta aos olhos a natureza da escola de Ensino Médio dos Participantes: todos os licenciandos estudaram em escolas públicas estaduais onde obtiveram, em média, performance “boa”. No caso dos bacharelados, metade estudou em escolas privadas. Talvez por isso a maioria desses Participantes tenha obtido, em média, performance “boa” ou “excelente”.

Embora saibamos que a ajuda dos pais seja importante na vida escolar do estudante, apenas um licenciando obteve auxílio das tarefas escolares em casa e, mesmo assim, “raramente”. Dentre os bacharelados, apenas um usufruiu de auxílio constante e outro de ajuda esporádica. Ou seja, em termos gerais, todos os participantes concluíram o Ensino Médio sem que a família tenha prestado qualquer auxílio pedagógico.

Nas escolas dos licenciandos, praticamente nunca os professores de Física faziam demonstrações em sala de aula. Nas escolas privadas, as demonstrações nas aulas de Física também eram raríssimas. Apesar disso, ambos os grupos tinham como disciplinas favoritas a Física e a Matemática, mas apenas os licenciandos tinham como favoritos os professores dessas disciplinas. No caso dos bacharelados, os professores preferidos eram os de História e Geografia. Aparentemente nenhum dos participantes sentiu dificuldades nas disciplinas de Física e, felizmente, nenhum deles reprovado ao longo do Ensino Médio.

Tema 2: Sobre você no curso de Física

2.1. Assinale um ou mais fatores que influenciaram você na escolha do Curso de Física:

L: Por admiração a um professor (2), pretendo ser professor (1), pretendo ser pesquisador (1), por gostar de Física e Matemática (1), o curso de Física era fácil entrar (1) e para mudar para a engenharia (1).

B: Pretendo ser pesquisador (5), por gostar de Física e Matemática (3), para mudar para a engenharia (2), foi o que sempre sonhei (2), pretendo ser professor (1), aconselhamento de pai e/ou mãe (1), mais chances de conseguir emprego (1), fui aconselhado por um professor e/ou colega do ensino médio (1) e por admiração a um professor (1).

2.2. Agora que você conseguiu entrar no Curso de Física, como você se sente?

L: Radiante (3) e arrependido (1).

B: Radiante (2), satisfeito (6), e infeliz (1).

2.3. Qual a principal fonte que você utiliza para estudar os conteúdos do Curso de Física?

L: Livro-texto indicado pelo professor (3) e sites da internet (1).

B: Livro-texto indicado pelo professor (7) e o livro que estiver disponível (2).

2.4. Assinale um ou mais FATORES INSTITUCIONAIS que EFETIVAMENTE prejudicam sua vida escolar na UFES:

L: Nenhum fator me prejudica no momento (3) e condições dos banheiros (1), consumo de drogas próximo onde estudo (1), laboratório de computação deficiente (1) e insegurança no campus (1).

B: Insegurança no campus (7), condições dos laboratórios (3), barulho próximo à sala de aula (3), nenhum fator me prejudica no momento (3), condições dos banheiros (2) e consumo de drogas próximo onde estudo (2).

2.5. Assinale um ou mais FATORES PESSOAIS que EFETIVAMENTE prejudicam sua vida escolar na UFES:

L: Sou desorganizado (2), tenho problemas de concentração (2), tenho dificuldade de ler textos um pouco maiores (2), tenho dificuldade de interpretar o enunciado dos problemas (2), me considero imaturo (1), não consigo fazer parte de grupo algum em minha sala (1), acordo tarde (1), uso muito as redes sociais (1), convivo com colegas que me desviam do estudo (1), nenhum fator me prejudica no momento (1).

B: Sou desorganizado (4), sou tímido (3), tenho problemas de concentração (2), tenho dificuldade de ler textos um pouco maiores (2), tenho dificuldade de interpretar o enunciado dos problemas (2), me considero imaturo (2), acordo tarde (2), não consigo fazer parte de grupo algum em minha sala (1), frequento muitas festas (1), namoro demais (1).

2.6. Assinale até três opções: Dentre os termos a seguir, quais os que melhor traduzem seu “estado de espírito” durante a maior parte das aulas no Curso de Física.

L: Excitação (2), satisfação (2), vontade de estudar (2), vontade de resolver problemas (1), vontade de ir para casa (1), raiva (1) e vontade de “sumir” (1).

B: Medo (4), excitação (3), satisfação (3), vontade de estudar (3), vontade de “sumir” (3), vontade de resolver problemas (2), vontade de debater com os colegas (1), vontade de ir para casa (1), alegria (1), tédio (1) e tristeza (1).

2.7. Como você avalia sua performance no Curso de Física até o momento?

L: Boa (1), regular (2) e péssima (1).

B: Boa (2), regular (4), ruim (1) e péssima (2).

Comentário sobre o Tema 2:

É possível notar alguma coerência na motivação que levou licenciandos e bacharelados ao curso de Física. Os licenciandos identificam-se com a área pedagógica e sentem-se atraídos por ela. Identificam-se com os professores e querem seguir a carreira docente. Os bacharelados, por sua vez, desejam ser pesquisadores na área de Física e gostam muito de Física e Matemática. No entanto, ao longo do MC, as habilidades nessas disciplinas deixaram muito a desejar. Os licenciandos mostraram-se muito mais motivados, ou “radiantes”, do que os bacharelados que, em média, estão apenas satisfeitos por terem entrado no curso de Física. Em relação ao “estado de espírito” dos Participantes durante as aulas normais, nota-se claramente a insegurança dos bacharelados e a motivação dos licenciandos. Essa motivação faz com que as condições do ambiente escolar não tenham muito impacto sobre o aluno. Tanto isso é verdade que três dentre os quatro licenciandos, estudantes do turno noturno, que estudam sob ataques de mosquitos e risco de assaltos, aparentemente não estão incomodados com coisa alguma. Enquanto isso, os bacharelados inseguros, que estudam durante o dia, sentem-se muitíssimos incomodados.

Mas há fatores pessoais negativos que são comuns a todos os Participantes. A desorganização parece ser o maior de todos. Mas não menos importantes estão a falta de capacidade de concentração, que resulta em dificuldades de ler textos maiores, e de interpretar corretamente os enunciados dos problemas.

Tema 3: Sobre você no MC “Resolução de Problemas de Física” (MC RPF)

3.1. Você acha que aproveitou bem a oportunidade oferecida pelo minicurso?

L: Aproveitei pouco, mas gostaria de ter aproveitado mais (3) e não, não aproveitei (1).

B: Aproveitei muito (1), aproveitei o que pude (5), aproveitei pouco, mas gostaria de ter aproveitado mais (2), aproveitei muito pouco (1).

3.2. Assinale até três opções: Dentre os termos a seguir, quais os que melhor traduzem seu “estado de espírito” durante a maior parte das aulas do MC RPF.

L: Vontade de resolver problemas (2), excitação (1), satisfação (1), vontade de estudar (1), vontade de debater com os colegas (1), vontade de ir para casa (1), vontade de “sumir” (1).

B: vontade de resolver problemas (6), satisfação (6), vontade de debater com os colegas (3), vontade de estudar (2), vontade de “sumir” (2), alegria (1), vontade de ir para casa (1).

3.3. Após participar do minicurso, mesmo que não tenha concluído, a sua capacidade de resolver problemas de Física...

L: Melhorou muito (2), melhorou, mas não muito (1) e não melhorou nem piorou (1).

B: Melhorou muito (1), melhorou, mas não muito (4) e não melhorou nem piorou (4).

Comentário sobre o Tema 3:

A maioria dos participantes mostrou-se motivada durante as aulas do minicurso, em que este despertou grande “vontade de resolver problemas”. Em relação ao aproveitamento, parece haver uma contradição: em média, os licenciandos afirmam que aproveitaram pouco o MC, mas obtiveram excelente rendimento nas provas P1, P2 e P3, como mostra a Tabela 5. No caso dos bacharelados, aparentemente ocorreu exatamente o oposto (Tabela 6).

Tema 4: Sobre você no dia-a-dia

4.1. Dentre as opções a seguir, qual a que melhor descreve sua principal característica pessoal?

L: Tranquilo (2), extrovertido (1) e ansioso (1).

B: Prestativo (3), extrovertido (2), tranquilo (1), ansioso (1), nervoso (1), tímido (1).

4.2. Assinale até três opções: Dentre os itens a seguir, quais são as suas atividades favoritas fora da universidade?

L: Dormir (3), ler um bom livro (2), viajar com a família (1), atualizar os posts de suas redes sociais (1), ir ao cinema (1), praticar esportes (1).

B: Ler um bom livro (6), ir ao cinema (5), dormir (5), praticar esportes (2), viajar com a família (2), assistir TV (2), viajar com os amigos (1), atualizar os posts de suas redes sociais (1).

4.3. Como é sua rotina de estudos semanal?

L: Estudo o tempo todo (1), estudo frequentemente (2) e estudo esporadicamente (1).

B: Estudo o tempo todo (2), estudo frequentemente (2), estudo esporadicamente (4) e estudo raramente (1).

4.4. Como você gosta mais de estudar?

L: Sozinho (4).

B: Sozinho (5), em dupla (2) e em grupos com 3 a 5 colegas (2).

4.5. Em qual período do dia que você costuma estudar mais frequentemente?

L: A partir do início da manhã (2), a partir da metade da tarde (2).

B: A partir do início da manhã (2), a partir da metade da manhã (1), a partir do início da tarde (1), a partir da metade da tarde (1), a partir do início da noite (2), a partir da metade da noite (1) e após a meia noite (1).

4.6. Com que frequência você lê textos científicos em jornais, portais da internet, sites especializados, etc.

L: Frequentemente (1), regularmente (1) e raramente (2).

B: Frequentemente (1), regularmente (1), esporadicamente (5) e raramente (2).

Comentário sobre o Tema 4:

Neste item, todas as perguntas tiveram respostas aproximadamente equivalentes: são estudiosos, gostam de ler e são relativamente tranquilos. A única pequena divergência é que todos os licenciandos preferem estudar sozinhos, enquanto que os bacharelados ficaram divididos entre solidão e colaboração.

Tema 5: Sobre você na sua futura profissão

5.1. Agora que você iniciou o Curso de Física, você acha que acertou na escolha?

L: Sim, acertei em cheio (2), sim, estou gostando do curso (1), não, deveria ter escolhido outro curso (1).

B: Sim, estou gostando do curso (4), sim, está de acordo com meus planos (4), não, deveria ter escolhido outro curso (1).

5.2. Como você se sente ante à perspectiva de exercer sua futura profissão na área de Física?

L: Não vejo a hora de trabalhar na minha profissão (2), preocupado (1), aterrorizado (1).

B: Tranquilo (2), preocupado (5), temeroso (1) e aterrorizado (1).

Comentário sobre o Tema 5:

A motivação dos licenciandos em relação à futura vida profissional parece ser muito maior do que a dos bacharelados. Enquanto aqueles “acertaram em cheio” na escolha de seus cursos e “não veem a hora de trabalhar em suas profissões”, estes estão apenas “gostando do curso” e “preocupados” com o futuro profissional.

Conclusões e considerações

A participação no MC foi claramente mais proveitosa para os alunos da Licenciatura do que para os do Bacharelado. Algumas observações comparativas nos ajudam a compreender esses resultados.

- A evasão escolar ao fim do primeiro semestre é visivelmente superior entre os licenciandos, quando comparados aos bacharelados. Outra coisa importante é que a disciplina Física I da Licenciatura é ofertada no segundo período letivo, enquanto que a Física I do Bacharelado ocorre no primeiro período. Portanto, os participantes da Licenciatura já haviam “sobrevivido” à evasão inicial do primeiro período, enquanto que os do Bacharelado estavam em pleno processo de evasão. Embora o MC tenha grande potencial para auxiliar os alunos de Física, ficou clara a necessidade de evitar sua aplicação no primeiro período do curso.
- Os alunos da Licenciatura possuem um horizonte profissional bem definido, que é a docência em escola de nível médio. Por outro lado, os alunos do Bacharelado são educados não só para a pesquisa científica, mas também para outras atividades, tais como a docência no ensino superior, no desenvolvimento de técnicas e equipamentos médicos na área de Física Nuclear, no desenvolvimento tecnológico em indústrias, na criação e aperfeiçoamento de padrões

físicos, etc. Essa variedade de possibilidades pode gerar incertezas na escolha profissional do aluno.

- Enquanto as escolas de ensino médio assimilam a maior parte dos licenciandos recém-graduados, apenas os bacharéis de mais alto nível conseguem emprego. Esta realidade pode gerar insegurança sobre o futuro desses alunos nos primeiros semestres do curso de Física.
- O curso de Licenciatura ocorre no turno noturno. Os calouros deste curso em média não trabalham durante o dia, mas almejam fazê-lo assim que for possível. O curso de Bacharelado é diurno, sendo que raramente os alunos querem, ou conseguem, trabalhar nos primeiros semestres.
- Os alunos da Licenciatura são de nível socioeconômico inferior aos do Bacharelado e com média de idade ligeiramente superior a estes. No entanto, o que poderia ser desvantagem para os licenciandos, na verdade os favorecem. O nível socioeconômico inferior, combinado à idade superior, gera uma combinação de responsabilidade e maturidade, típico de quem realmente precisa trabalhar. A convivência do Instrutor com esses alunos nos dois MCs confirma essa conclusão.

As principais conclusões em relação ao uso das estratégias de resolução de problemas são mostradas no Quadro 4.

Quadro 4. Interpretação atribuída às médias das diferenças entre as notas das provas da disciplina Física I.

Estratégia	Licenciandos	Bacharelados
Resolução colaborativa de questões conceituais	Atividade favorita e que muito auxiliou na resolução de problemas.	Atividade bem aceita, mas de pouco impacto na resolução de problemas.
Resolução colaborativa de problemas	Não funcionou exatamente como esperado devido a problemas interpessoais.	Funcionou bem, mas os alunos não conseguiam resolver os problemas, mesmo os mais simples.
Discussões no fórum virtual	Iniciaram bem, mas perderam ímpeto com o tempo. Mas bastava mudar de “problema” para “questão conceitual”, e vice-e-versa, que o ímpeto era retomado.	Uso do fórum quase nulo. Somente três alunos participaram e, mesmo assim, com pouco ou nenhum resultado útil.

Conclusão final

Em resposta à questão central da pesquisa:

Será que essa visão diferenciada (entre bacharelados e licenciandos) encontra sustentação quando esses alunos forem analisados em plena atividade estudantil de forma controlada e com mais proximidade do professor?

No âmbito desta pesquisa, não há argumentos que justifiquem associar os licenciandos a alunos de “segunda categoria”, quando comparados aos bacharelados, nos primeiros dois semestres letivos.

REFERÊNCIAS

- Araujo, I. S., & Mazur, E. (2013). Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 362-384.
- Bing, T. J., & Redish, E. F. (2009). Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5(2).
- Clement, J. (1981). Solving problems with formulas - Some limitations. *Engineering Education*, 72(2), 158-162.
- Costa, S. S. C., & Moreira, M. A. (1997). Resolução de problemas II: Propostas de metodologias didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2(1), 5-26.
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.
- Einstein, A. (1950). *Out of my later years*. New York: Philosophical Library.
- Gaudio, A. C. (2016). Google+ Comunidades: MC-RPF 2016/2. Retrieved 01/08/2017, from <https://plus.google.com/communities/100357679116719551145>
- Gaudio, A. C. (2017). Google+ Comunidades: MC-RPF 2017/1. Retrieved 01/08/2017, from <https://plus.google.com/communities/111979949601092730965>
- Google, I. (2018). Formulários Google. from <https://www.google.com/forms/about/>
- Ingimundardottir, H. (2017). How to Solve It (G. Polya). Retrieved 09/02/2017, from <https://notendur.hi.is/~hei2/teaching.php>
- Lasry, N., Mazur, E., & Watkins, J. (2008). Peer instruction: From Harvard to the two-year college. *American Journal of Physics*, 76(11), 1066-1069.
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 5-55.

- MasteryConnect. (2017). Socrative. Retrieved 31/10/2016, from <https://www.socrative.com/>
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction : a user's manual*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Peduzzi, L. O. Q. (1997). Sobre a resolução de problemas no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(3), 229-253.
- Pólya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton-NJ: Princeton University Press.
- Pólya, G. (1995). *A arte de resolver problemas*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching Physics. *American Journal of Physics*, 62(9), 796-803.
- Reif, F. (1981). Teaching Problem Solving - A scientific approach. *The Physics Teacher*, 19(5), 310-316.
- Reif, F., Larkin, J. H., & Brackett, G. C. (1976). Teaching General Learning and Problem-Solving Skills. *American Journal of Physics*, 44(3), 212-217.
- Sewell, W., Jr. (2005). *Logics of History: Social theory and social transformation*. Chicago: University Of Chicago Press.
- Spira, M. (2017). G. Polya: A arte de resolver problemas. Retrieved 08/02/2017, from <http://www.mat.ufmg.br/~michel/>
- Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2004). Understanding students' poor performance on mathematical problem solving in physics. In J. Marx, S. Franklin & K. Cummings (Eds.), *2003 Physics Education Research Conference* (Vol. 720, pp. 113-116).
- Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(2).
- UFES. (2016). Eduroam - Education roaming (RNP - Rede Nacional de Ensino e Pesquisa). Retrieved 19/09/2016, from <http://www.bc.ufes.br/eduroam>
- Uhden, O., Karam, R., Pietrocola, M., & Pospiech, G. (2012). Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education. *Science & Education*, 21(4), 485-506.