

PEER INSTRUCTION EM AULAS REMOTAS NO ENSINO DE FÍSICA NO PERÍODO DA PANDEMIA DA COVID-19

Claudilene Ribeiro Braga

Especialização em Coordenação Pedagógica pela Universidade Luterana do Brasil/ULBRA. Professora coordenadora do Ensino Fundamental dos Anos Finais pela Prefeitura Municipal de Maria da Fé, Minas Gerais. E-mail: claudilene.braga@educacao.mg.gov.br

Rafael Schepper Gonçalves

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Itajubá/UNIFEI. Colaborador no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora e professor de Física da Educação Básica do Estado de Minas Gerais. E-mail: rafa.schepper@gmail.com

Lucas de Paulo Lameu

Doutor em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista/UNESP. Professor da Educação Básica de Física do Centro de Educação Profissional (CEP) Tancredo Neves e da Escola Estadual Nossa Senhora de Lourdes, Minas Gerais. E-mail: lucas.lameu@educacao.mg.gov.br

Resumo: O uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) apresenta desafios para professores/as e estudantes. Essas tecnologias geraram mudanças sociais que diluíram fronteiras entre espaços virtuais e físicos, criando um híbrido de conexões e novas maneiras de expressar pensamentos, sentimentos, crenças e desejos. Com a instauração da pandemia da COVID-19, tais conexões conferiram grandes desafios ao panorama educacional. Com isso, as TDICs passaram a destacar-se na educação básica e superior. Particularmente, em Minas Gerais, a Secretaria de Estado de Educação criou o Regime de Estudos não Presenciais, no qual os Planos de Estudos Tutorados constituem uma das ferramentas desse regime. Eles foram uma alternativa criada para dar continuidade ao processo de ensino e aprendizagem remota em tempos da pandemia supracitada. Nesse contexto, surgiu-nos o questionamento: quais contribuições as metodologias ativas, especificamente o *Peer Instruction (PI)*, podem trazer ao processo de ensino de conceitos físicos nos tempos da pandemia da COVID-19, na modalidade de aulas remotas? Nosso objetivo foi investigar como a metodologia ativa do *PI* contribuiu com o processo de ensino e aprendizagem de conceitos físicos em aulas remotas, especialmente, da associação de resistores. O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa quanti-qualitativa e como um estudo de caso. Ponderamos que o *PI* favoreceu sobremaneira a apreensão de conceitos físicos, em tempos de pandemia da COVID-19. Contudo, consideramos a necessidade de ampliação do repertório de investigações sobre a metodologia do *PI* para verificar-se outras potencialidades e fragilidades no âmbito do Ensino de Física.

Palavras-chave: Aulas Remotas, *Peer Instruction*, Ensino de Física, Associação de Resistores.

THE STRATEGY PEER INSTRUCTION IN REMOTE CLASSES IN PHYSICS TEACHING THROUGHOUT COVID-19 PANDEMIC

Abstract: The use of Digital Information Technologies and Communication (DITCs) presents challenges for teachers and students. These technologies generated social changes that blurred borders between virtual and physical spaces. They created hybrid connections and new ways to express thoughts, feelings, beliefs and desires. The introduction of the COVID-19 pandemic caused challenges in the educational landscape. As a result, DITCs started to stand out in High School and Higher Education. Particularly, in Minas Gerais, the State Department of Education, created the Non-Presential Studies Regime, in which the Tutored Study Plans are one of the tools of this regime. They were an alternative created to continue the process of teaching and remote learning in times of the aforementioned pandemic. In this context, the question arose: what contributions that active methodologies, specifically Peer Instruction (PI), can bring to the process of teaching physical concepts in the COVID-19 pandemic times, in the form of remote classes? Our objective was to investigate how the active methodology of the PI contributed to the process of teaching and learning physical concepts in remote classes, especially the resistors association. The present work is characterized as a quantitative-qualitative research and as a case study. We think that the PI greatly favored the apprehension of physical concepts, in times of the COVID-19 pandemic. However, we consider the need to expand the repertoire of investigations on the PI methodology to verify other strengths and weaknesses in the scope of Physics Teaching.

Keywords: Remote Classes, Peer Instruction, Physics Teaching, Resistor Association.

INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, vários casos com pacientes internados com uma nova doença caracterizada por insuficiência respiratória e por pneumonia, causada pelo denominado coronavírus (SARS-CoV-2), foram notificados na província de Hubei, na China (FERRER, 2020). A Organização Mundial da Saúde (OMS), em fevereiro de 2020, denominou este agente etiológico como COVID-19. No Brasil, em fevereiro do mesmo ano, já surgiram os primeiros casos de pacientes com coronavírus e oito meses depois já se contabilizava mais de 5 milhões de brasileiros infectados e cerca de 150 mil foram a óbito (BRASIL, 2020).¹

¹ No momento em que este artigo estava sendo revisado, cerca de 13 milhões de brasileiros foram infectados e, aproximadamente, 321 mil foram a óbito (BRASIL, 2021).

Diante da pandemia e com o ritmo de contaminação do vírus crescendo no mundo e no país, as escolas tiveram de se adaptar a um novo formato de aulas. No Brasil, pautou-se no ensino à distância ou em aulas remotas, de maneira que professores/as e alunos/as tivessem uma interação de acordo com as normas do distanciamento social. Especificamente, em Minas Gerais, foi desenvolvido pela Secretaria de Estado de Educação, o Regime de Estudos não Presenciais (REANP), no qual os Planos de Estudos Tutorados (PET) constituem uma das diversas ferramentas que o compõe (MINAS GERAIS, 2020).

Como forma de trabalhar no formato das aulas remotas, uma das alternativas foi o uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). Antes mesmo da pandemia da COVID-19, elas já eram utilizadas em aulas de Ensino de Ciências e Matemática, inclusive, sendo discutidos seus impactos e limitações em pesquisas e trabalhos no meio acadêmico. Dentre essas reflexões, Moran (2018) realça que a intensa expansão do uso das TDICs já vinha gerando mudanças sociais que diluem as fronteiras entre espaços virtuais e espaços físicos, criando um espaço híbrido de conexões e novas formas de expressar pensamentos, sentimentos, crenças e desejos. Por outro lado, para Coll e Monereo (2010), a incorporação das TDICs pode modificar e reestruturar as formas de pensar e de aprender. Com isso, a forma de ensinar deve também ser modificada. O tipo de mente virtual que a incorporação das TDICs vai gerar dependerá do modo como se promove o uso pragmático e epistêmico das mesmas. Portanto, com o advento da pandemia da COVID-19, tais conexões passaram a apresentar maiores desafios dentro do âmbito educacional.

Alunos/as de todas as idades, que outrora não tinham contato com as TDICs ou tinham muito pouco, nos processos de ensino, tiveram de se adaptar. E grande parte dos professores também, por meio de cursos de aperfeiçoamento e capacitação. Sabemos que existem ainda muitas dificuldades de acesso às TDICs por motivos diversos, mas as mudanças pós-pandemia vieram para ficar e tornar-se-ão cada vez mais arraigadas nos processos de interação dos seres humanos em diversas esferas da sociedade, que inclui a educação. Além de vencer as barreiras de seu uso, há outros fatores muito relevantes, como as dificuldades apresentadas pelos alunos e alunas, no processo aprendizagem de alguns conceitos científicos,

que já acompanhavam o Ensino de Ciências e Matemática, em aulas presenciais, e que também passaram a permear as aulas remotas.

Especificamente, um dos tópicos de Física que tem apresentado grande dificuldade de aprendizagem por parte dos alunos, na Educação Básica, é a associação de resistores, quer seja na questão conceitual, quer seja no cálculo matemático e na manipulação de fórmulas físicas. Com o objetivo de sanar tais dificuldades e ter uma aprendizagem mais significativa, há inúmeros trabalhos com foco em metodologias diversas no ensino da associação de resistores: Cardoso (2019), Rocha Filho *et al.* (2003), Vieira (2015), dentre outros.

Outra maneira de abordar o ensino de tais conceitos é por meio das denominadas Metodologias Ativas, já utilizadas em aulas presenciais e discutidas no meio acadêmico. Sobremaneira, diante do contexto da educação, no distanciamento social na pandemia da COVID-19, por meio do uso das TDICs como ferramenta de interação, elas podem ser uma das possibilidades de abordagem na Educação Básica, uma vez que estas apontam uma possibilidade de transformar as aulas remotas em experiências mais significativas.

Para Berbel (2011), elas se baseiam em formas de desenvolvimento relacionadas ao processo de aprendizagem que utilizam experiências reais ou simuladas, tendo como objetivo solucionar, com sucesso, desafios que vêm da prática social em diferentes contextos.

Diante desse panorama, surge o seguinte questionamento, o qual nos propusemos a responder na consecução desta investigação: “quais contribuições as Metodologias Ativas, em específico o *Peer Instruction*, podem trazer para o processo de ensino de conceitos físicos relacionados à associação de resistores, nos tempos da pandemia da COVID-19, na modalidade de aulas remotas?”. A partir daí, nosso objetivo foi investigar como a metodologia ativa do *Peer Instruction (PI)* contribuiu com o processo de ensino e aprendizagem de alguns conceitos físicos em aulas remotas, especificamente, da associação de resistores.

Isso foi feito por meio da análise da aplicação de um módulo didático de duas aulas, que foi elaborado a partir dos Planos de Estudo Tutorados (PET) de Física, volume 4. Ele foi aplicado em dois dias consecutivos, no segundo semestre de 2020, para alunos e alunas do terceiro ano do Ensino Médio, de uma escola pública do Sul de Minas Gerais. As aulas tiveram um formato *online*, respeitando-se as medidas de distanciamento social. Dentre as TDICs usadas como ferramenta de interação, que permitiram a execução proposta pelas

etapas da metodologia do *Peer Instruction*, utilizamos a plataforma *Zoom*, auxiliada pela ferramenta virtual do *Google Forms*.

UM PANORAMA DAS METODOLOGIAS ATIVAS E O *PEER INSTRUCTION*

O modelo atual de ensino baseado em competências plantea a necessidade de uma mudança metodológica nas salas de aula e, como consequência disso, um câmbio dos papéis dos docentes e discentes se faz necessário (RUIZ; SAORÍN, 2011). Nesse sentido, diversos estudos têm demonstrado que as metodologias ativas cumprem esses papéis (BERBEL, 2011; MÜLLER *et al.*, 2012; MAZUR, 2015; PAIVA *et al.*, 2016; ARAUJO *et al.*, 2017; VALENTE; ALMEIDA; GERALDINI, 2017).

Importa-nos destacar que, como afirmam Paiva *et al.* (2016), em estudos realizados no contexto nacional, essas metodologias rompem com o modelo tradicional de ensino e baseiam-se em uma pedagogia problematizadora, na qual o aluno e aluna são estimulados a assumirem uma postura ativa em seu processo de aprender, procurando a autonomia do educando e a aprendizagem significativa.

Compete-nos enfatizar aqui que, como assevera Berbel (2011) em artigo de revisão voltado para o cenário do Brasil, as metodologias ativas colocam o aluno diante de problemas e/ou desafios que mobilizam o seu potencial intelectual, no momento que estuda para compreendê-los e ou superá-los. Os educandos necessitam de informações, porém são especialmente estimulados a trabalhar com elas, elaborá-las e reelaborá-las em função do que precisam responder ou equacionar. Nessa perspectiva, é possível que ocorra, gradativamente, o desenvolvimento do espírito científico, do pensamento crítico, do pensamento reflexivo, de valores éticos, entre outras conquistas dessa natureza, por meio da educação, nos diferentes níveis, contribuindo para o desenvolvimento da autonomia na formação do ser humano e de futuros profissionais.

Convém enfatizar que, nesta seção, não pretendemos realizar um estudo exaustivo sobre a produção brasileira tangente a metodologias ativas. Contudo, é possível conjecturar que essas metodologias fomentam, principalmente, a autonomia dos alunos e das alunas, implicando uma atitude ativa destes no processo de construção do conhecimento. Outro ponto principal dessas metodologias é procurar ultrapassar o ensino tradicional.

No que diz respeito ao âmbito internacional, vários autores concordam que, pelo viés das metodologias ativas, a aprendizagem deve ser algo interessante para os alunos e, por esta razão, é preciso aplicar tais metodologias para lograr bons resultados. Nessa perspectiva, é expectante que se cumpram as seguintes características: participação, construção de conhecimentos, apresentar uma estrutura que fomente a inquietude, e esteja contextualizado para gerar interesse por parte dos estudantes. Infortunadamente, nas salas de aula, tem-se trabalhado de forma tradicional e isto tem sido entediante para os estudantes. Para que a educação seja interessante, devem-se utilizar várias estratégias que favoreçam uma boa aprendizagem, de modo que o aluno seja capaz de criar e construir sua aprendizagem de acordo com as suas necessidades e interesses. Há um certo consenso, ainda, no fato de que as metodologias ativas promovem aos alunos o pensamento crítico, o desenvolvimento da autonomia, a criatividade e a capacidade de aprender a aprender (MARCH, 2006; RUIZ; SAORÍN, 2011; MAZUR, 2015).

Por outro lado, em estudos realizados em Valência, Espanha, March (2006) defende que, no desenho das metodologias ativas para favorecer a formação de competências, o desafio encontra-se em ampliar o repertório metodológico, buscando conhecer bem e em profundidade as possibilidades de diferentes estratégias e ir experimentando sua aplicação na prática educativa, conseguindo, deste modo, a apropriação e adaptação à realidade do ambiente escolar na qual os docentes e discentes estão inseridos.

Aqui, acentuamos também que não pretendemos fazer uma apresentação que abranja todas as pesquisas realizadas no âmbito internacional. Entretanto, assim como mostram as pesquisas feitas na realidade brasileira citadas até então, os estudos no âmbito internacional mencionados até aqui concordam que as metodologias ativas perpassam a noção de formarem estudantes que sejam capazes de construir o seu próprio conhecimento, de fomentar a autonomia das alunas e dos alunos, de aprender a aprender, o que entra diretamente em conflito com os pressupostos de um ensino tradicional.

Neste ponto, cabe-nos esclarecer ao leitor que, conforme levantamento bibliográfico feito por Valente, Almeida e Geraldini (2017), o tema “metodologias ativas” suscitou importantes discussões a respeito de dois tópicos: a terminologia mais adequada – metodologia ou aprendizagem ativa - e as diferentes estratégias discutidas na literatura que,

em geral, deixam de lado situações que também poderiam ser caracterizadas como metodologias ativas.

Contudo, a esta altura, é preciso frisar que o nosso entendimento a respeito das metodologias ativas está alinhado com a proposta de Moran (2018), ao afirmar que as metodologias ativas são pontos de partida para avançar para processos mais elaborados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas, e que, para atingir tais objetivos, alguns componentes são essenciais para o sucesso da aprendizagem: a criação de desafios, atividades, jogos que realmente trazem as competências necessárias para cada etapa, que solicitam informações pertinentes, que oferecem recompensas estimulantes, que combinam percursos pessoais com participação significativa em grupos, que se inserem em plataformas adaptativas, que reconhecem cada aluno e a aluna ao mesmo tempo aprendam com a interação, tudo isso utilizando as tecnologias adequadas.

Dentre essas metodologias, há um sem-número de métodos que podem ser utilizados, como aprendizagem por pares (*Peer Instruction*); o *PBL – Project Based Learning* (aprendizagem por meio de projetos ou de problemas); *TBL – Team-based Learning* (aprendizagem por times), *WAC – Writing Across the Curriculum* (escrita por meio das disciplinas) e *Study Case* (estudo de caso); entre outros (MORAN, 2018). Entretanto, por estrangulamento de espaço, não iremos detalhar cada um desses métodos aqui. Sendo assim, nas próximas linhas, daremos maior atenção ao *Peer Instruction*, que, como fora mencionado outrora, será a ferramenta utilizada durante as atividades em caráter remoto no período de pandemia da COVID-19 e que será – o *Peer Instruction* e suas potencialidades para o Ensino de Física - objeto de estudo da presente investigação.

O MÉTODO *PEER INSTRUCTION*

O método *Peer Instruction (PI)* é um método de interação entre alunos e alunas que pode ser traduzido como Instrução por Colegas. Esse método foi desenvolvido pelo professor Eric Mazur, do departamento de Física da Universidade de Harvard (EUA), no ano de 1991, quando ele teve contato com o teste *Force Concept Inventory (FCI)* sobre concepções da Mecânica. De acordo com os resultados, percebeu-se que os estudantes que memorizavam algoritmos de resolução podiam apresentar ótimo desempenho em disciplinas de Física, mas não compreendiam os conceitos subjacentes e ao se depararem com situações em que estes

algoritmos não eram eficazes, eles se sentiam frustrados. Diante desses resultados contraditórios com o *FCI* e decidido a mudar esse cenário, Mazur passou a buscar alternativas para as suas aulas. O resultado foi a criação do *PI*.

O *PI* é um método simples em que sua abordagem envolve os alunos e potencializa suas relações em classe. Mazur (2015) relata que achava que as aulas expositivas eram suficientes e que seus alunos/as compreendiam bem o que lhes era apresentado. Ele acreditava que os estudantes aprendiam de forma eficiente, pois tinham bons desempenhos nos testes e avaliações. Contudo, em 1990, Mazur começou a ler artigos que abordavam os problemas de compreensão que os alunos e as alunas de Física apresentavam. Esses artigos, em sua essência, concluíam que os/as alunos/as aprendem muito pouco daquilo que lhes é ensinado. Mazur, então, passou a se questionar sobre o que realmente seus alunos e alunas compreendiam daquilo que lhes era apresentado, se era possível a implementação de outras estratégias de ensino e se os alunos e alunas se sentiam engajados em suas aulas.

Consequentemente, Mazur passou a busca por potencializar sua prática de ensino e aumentou as relações interpessoais em sala de aula. Para isso, passou a implementar o método que nomeou de *Peer Instruction*.

Segundo Araujo e Mazur (2013), o *PI* “[...] busca promover a aprendizagem com foco no questionamento para que os alunos passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor” (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 364). Para isso, os estudantes discutem em pares as respostas dadas por eles aos testes conceituais aplicados pelo professor. Assim, promove-se um ambiente favorável ao diálogo no qual aqueles que chegaram a respostas corretas, através de argumentação, possam auxiliar os que erraram.

No método *PI*, o professor ou a professora organiza materiais de leitura, vídeo-aulas e outros e proporciona aos alunos e às alunas a oportunidade de acessarem esses materiais em casa, ou em qualquer outro local e os estudem previamente.

Em sala de aula, o professor faz uma breve explanação do conteúdo expondo conhecimentos estruturantes (em até 15 minutos) e aplica um teste conceitual de múltipla escolha. Inicialmente, esses testes eram realizados por meio de cartões impressos com alternativas, mas, atualmente, já é possível responder por meio de recursos digitais. Diante das respostas, o professor avalia o que os alunos e as alunas compreenderam ou não sobre o

conteúdo. Se a maioria dos estudantes responde corretamente, o professor pode avançar. Se o professor verificar, através das respostas ao teste, que a maioria dos estudantes não compreendeu, o professor divide a turma em grupos mistos, entre quem compreendeu e quem não compreendeu. Assim, todos podem debater novamente suas respostas e chegar a novas ideias. Depois disso, o/a professor/a aplica novamente uma série de testes para que o grupo todo responda. São usadas neste ponto questões isomórficas que não são idênticas em sua redação, porém abordam os mesmos conceitos e exigem o mesmo raciocínio para serem respondidas. São elas que permitirão ao professor compreender se houve aprendizagem dentro das discussões referentes ao conceito apresentado aos alunos (PORTER *et al.*, 2011). Se mesmo depois desse procedimento os estudantes ainda apresentarem dúvidas, o/a professor/a apresenta novas explicações ou solicita que os estudantes pesquisem em diferentes fontes.

Müller *et al.* (2017), acerca da implementação da metodologia interativa de ensino *Peer Instruction*, entre 1991 e 2015, afirmam que há uma notória concentração de trabalhos na América do Norte, mas que o desenvolvimento da metodologia também ocorre nos demais continentes.

Apesar dessa grande diferença no número de publicações, verifica-se que há um movimento de pesquisadores a busca de resultados da implementação do *PI* em contextos diferentes daqueles em que foi criado, ou seja, em universidades americanas (MÜLLER *et al.*, 2017, p. 5).

Percebemos, portanto, que, entre as metodologias ativas de aprendizagem, o *PI* tem um reconhecimento importante e relevante para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem e vem ganhando destaque por sua capacidade de promover habilidades sociais e cognitivas e engajamento do estudante.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nosso trabalho se enquadra dentro do método monográfico ou estudo de caso, uma vez que permitiu o entendimento de determinados fatos, para responder ao nosso problema de pesquisa, mediante o caso isolado ou de pequenos grupos (ARAGÃO; NETA, 2017). Também caracteriza-se como uma pesquisa quanti-qualitativa. Como destacam Pereira *et al.*

(2018), nos métodos qualitativos, a interpretação por parte do pesquisador é importante a partir de suas opiniões sobre o fenômeno em estudo. Enquanto que no método quantitativo, os dados podem ser interpretados por meio das técnicas matemáticas (porcentagens, estatísticas e gráficos). Especificamente, apresentamos uma análise descritiva e elaboramos gráficos. As técnicas utilizadas para a coleta de dados foram a gravação em vídeo das aulas e formulários feitos no *Google Forms*. A aplicação da pesquisa foi feita em uma escola pública de uma cidade do Sul de Minas Gerais, em alunos e alunas do terceiro ano do Ensino Médio.

Inicialmente, construímos um módulo didático (MD), constituído por duas aulas, com a temática associação de resistores. Também utilizamos o Plano de Estudos Tutorados (PET)², volume 4, referente ao tema físico proposto, uma vez que o mesmo foi uma das ferramentas utilizadas pelos alunos e alunas no sistema das aulas remotas. Especificamente, utilizamos apenas o resumo proposto pelo PET. Usamos como método de construção e aplicação do MD, de modo generalizado, uma adaptação do *Peer Instruction (PI)*, de Mazur (2015), para aulas remotas, como é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Proposta de um Módulo Didático a partir do *PI* adaptado para o formato de aula remota

Etapa	Descrição	Tempo
Pré-aplicação do <i>PI</i>	O professor deve fornecer aos alunos e alunas, um material para que eles leiam e vídeos complementares ao conteúdo, para que eles possam assistir em casa. Em nosso trabalho, como forma de adaptação dessa primeira etapa para aulas remotas, pedimos que lessem previamente o material de Física do PET volume 4 do terceiro ano do Ensino Médio. Como testes de leitura, utilizamos algumas das atividades do referido material, cujas respostas dadas pelos alunos e alunas conduziram os tópicos conceituais a serem apresentados na etapa 1.	Anterior às aulas
1	Os conceitos sobre o tema são apresentados sem interrupção pelo professor, por meio de slides.	Até 10 minutos

² O Plano de Estudos Tutorados (PET) é uma das ferramentas do Regime de Estudo Não Presencial (REANP), desenvolvido pela Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. Ele foi ofertado aos alunos da rede pública como alternativa para a continuidade no processo de ensino e aprendizagem, no período em que as aulas estiveram suspensas, como medida de prevenção da disseminação da COVID-19 em Minas Gerais. O PET do Ensino Médio consiste num material didático virtual, dividido em volumes (1 a 7) e em séries (1º, 2º 3º ano), assim como temas do currículo de Física. Ele tem o formato de apostila, que é dividido em quatro semanas. Cada semana possui um resumo do conteúdo a ser estudado, seguido de atividades a serem feitas pelos alunos.

2	Proposta de uma questão conceitual de múltipla escolha sobre o tema, a ser apresentada e lida pelo professor por meio de um slide.	1 minuto
3	Tempo para os alunos e alunas pensarem e anotarem suas respostas individuais no formulário do <i>Google Forms</i> .	2 minutos
4	Se mais de 70% dos alunos escolheram a resposta certa, o professor confirma e passa para a próxima questão ou tópico.	Sem mensuração
5	Caso ocorra grande divergência nas respostas (entre 30% e 70%), os estudantes são divididos em salas, em duplas ou trios, por meio da plataforma <i>Zoom</i> , para que eles discutam suas respostas e tentem convencer um ao outro. É importante colocar um aluno ou aluna que acertou a resposta com aquele ou aquela que errou.	3 minutos
6	Os estudantes respondem novamente a mesma questão por meio de um novo formulário no <i>Google Forms</i> .	1 minuto
7	O professor analisa novamente as respostas por meio dos gráficos elaborados automaticamente pelo formulário do <i>Google Forms</i> e informa aos alunos e alunas, a nova distribuição geral das respostas.	Até 2 minutos
8	Se caso as novas respostas atingiram mais de 70% da correta, os alunos e alunas discutem com o professor sobre tais respostas.	2 minutos
9	O professor apresenta e explica a resposta correta.	1 minuto
Observação	Se caso nas etapas 4 ou 8, as respostas corretas atingirem menos que 30%, o professor retorna a etapa 1, explicando novamente o conteúdo, com uma estratégia diferente, e apresenta novas questões conceituais diferentes da que usou inicialmente.	Sem mensuração

Fonte: Adaptado de Mazur (2015).

O MD consistiu em duas aulas de 60 minutos, aplicadas em dois dias distintos, no segundo semestre de 2020, utilizando a estrutura apresentada pelo Quadro 1. Especificamente, as duas aulas tiveram, *a priori*, a seguinte formatação:

a) Aula 1: apresentação da associação em série de resistores e proposta de aplicação de quatro questões conceituais de múltipla escolha; apresentação da associação em paralelo de resistores e proposta de aplicação de cinco questões de múltipla escolha.

b) Aula 2: apresentação da associação mista de resistores e proposta de aplicação de dez questões conceituais de múltipla escolha.

É importante destacar que o MD teve uma estruturação inicial formatada de maneira a prever cada etapa do *PI*. No entanto, em sua aplicação, nem todas as questões conceituais de

múltipla escolha deveriam ser aplicadas. O critério utilizado pelo professor seguiu o andamento das aulas, a partir das respostas dos alunos, baseando-se nas etapas do *PI*.

Como essa investigação tem como objetivo de análise o mundo empírico em seu ambiente escolar fora do comum, num ambiente virtual, o contato direto do pesquisador com os sujeitos da pesquisa, se deu exclusivamente por meio TDICs, tais como aplicativos e programas de computador. Os alunos e as alunas foram convidados a participar da pesquisa, especificamente por meio de um grupo do *WhatsApp*. Após serem apresentados o objetivo da pesquisa aos alunos e alunas e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foi criado um novo grupo na mesma rede social.

Para a aplicação das aulas, foi utilizado o aplicativo *Zoom Video Communications*, na sua forma gratuita. É um aplicativo de conferência remota, que combina videoconferência, reuniões online, bate-papo e colaboração móvel. O mesmo permite aplicar uma das etapas do *PI* que é a discussão entre os estudantes, em duplas ou trios, de formas separadas, em salas simultâneas. Isso pode ser feito dividindo os alunos e as alunas participantes da reunião, em salas separadas. O professor tem a autonomia de realocar os estudantes da maneira mais conveniente, de forma a atender ao *PI*. Portanto, a sua escolha adveio do fato de que era necessário utilizarmos uma ferramenta que fosse gratuita, de fácil acesso e com a qual fosse possível executar cada etapa do *PI*, sobremaneira, a discussão por pares.

Também foi utilizado o aplicativo de gerência de pesquisas *Google Forms*, em sua versão gratuita, para composição dos formulários com questões conceituais que foram respondidos pelos/as alunos/as instantaneamente no desenvolvimento da aula.

Dessa maneira, a análise da discussão nos grupos foi feita a partir da gravação da aula no *Zoom*. A observação e andamento das respostas dos testes conceituais do MD foram feitos por meio dos formulários eletrônicos do *Google Forms*. Após o término da aula, foi pedido para os alunos e alunas responderem a um questionário de 10 questões sobre a avaliação da aula, também por meio dessa mesma ferramenta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a exposição do conteúdo sobre a associação em série de resistores, foi aplicada a primeira questão conceitual:

Quadro 2 – Questão conceitual 1 da associação em série de resistores

Considere dois resistores idênticos conectados em série (um atrás do outro). Se houver corrente elétrica circulando através da combinação, a corrente no segundo resistor será:

1. igual à;
2. metade da;
3. menor (mas não necessariamente metade) do que a corrente no primeiro resistor.

Fonte: Mazur (2015).

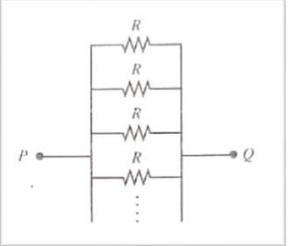
Nessa questão, o intuito foi trabalhar o conceito de que a corrente elétrica percorrida no circuito em série é a mesma, uma vez que há conservação de carga elétrica quando a corrente passa através do primeiro e do segundo resistor. Logo, a resposta correta seria a opção 1. Dos 12 alunos que acessaram o *Google Forms*, 90% responderam corretamente à questão. Essa porcentagem dentro do método do *PI* permitiu ao professor continuar com a próxima questão sem precisar fazer a discussão em pares.

Com o intuito de continuar aplicando o método do *PI*, foram aplicadas mais duas questões com o mesmo contexto conceitual das propriedades da associação em série. No entanto, todos os alunos e alunas responderam corretamente à segunda questão, totalizando 100%, e 83,3% responderam corretamente à terceira questão. Tais porcentagens, novamente, permitiram ao professor continuar com a apresentação do segundo tópico da aula, que foi a associação em paralelo.

Após 10 minutos de apresentação do conteúdo, foi disponibilizada a primeira questão conceitual sobre o tema, apresentada abaixo:

Quadro 3: Questão conceitual 1 da associação em paralelo

No circuito paralelo mostrado abaixo, quatro resistores idênticos R são acrescentados, a resistência total entre os pontos P e Q



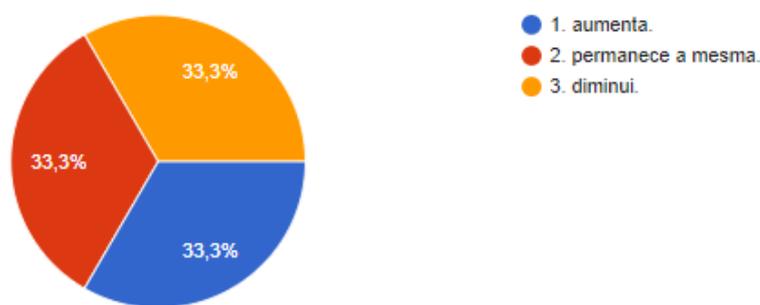
1. aumenta.
2. permanece a mesma.
3. diminui.

Fonte: Mazur (2015).

O intuito dessa questão foi discutir o conceito de corrente elétrica total. Esta aumenta à medida que os resistores são acrescentados de maneira que a resistência equivalente diminui. Dessa forma, a resposta correta era a opção 3.

Para essa questão, tivemos um resultado interessante, como é mostrado no Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1: Respostas à questão conceitual 1 da associação em paralelo



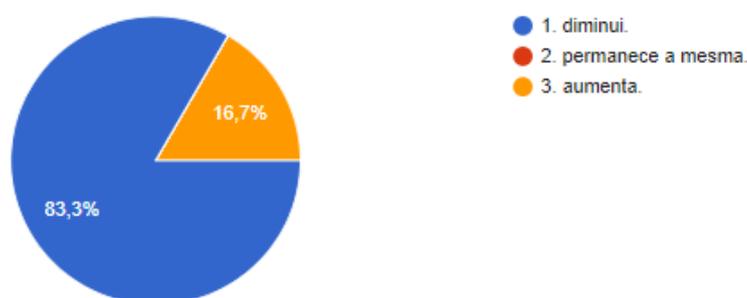
Fonte: Os autores.

Assim, como a resposta correta atingiu a porcentagem de 33,3%, i.e., levemente acima de 30%, o professor optou por aplicar o *PI* através das discussões em pares. Os alunos e as alunas foram divididos em duplas, por meio das salas do *Zoom*, para discutirem suas respostas. Quando retornaram, eles responderam novamente à questão. Observou-se que a porcentagem da resposta correta diminuiu de 33,3% para 28,6%. Aclaramos que isso ocorreu devido ao fato de que as respostas dadas dependeram das interações entre os pares de alunos e de alunas que, após consenso, deliberaram e se posicionaram diante da situação-problema da questão conceitual 1. A variação negativa entre o primeiro posicionamento (33,3%) e o segundo (28,6%) sugere que as interações entre alguns pares não foram favoráveis, levando estes a responderem de maneira equivocada ao questionamento. Em suma, interações favoráveis dão origem a um percentual maior de acerto; e interações desfavoráveis levam a um percentual menor de respostas certas. Entende-se, aqui, que uma discussão entre os pares que pode ser caracterizada como uma interação favorável esteja pautada em pressupostos e

conceitos científicos, dando origem a uma resposta certa do ponto de vista físico (ARAÚJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015).

Nesse viés e compreendendo a importância de os estudantes apreenderem as ideias trabalhadas na questão conceitual, o professor retomou novamente a explicação dos principais pontos do conceito, de forma a sanar as dúvidas dos alunos e alunas, e uma nova questão isomórfica foi realizada. Isso havia sido realizado na segunda aula, devido a problemas de conectividade com a rede de *Internet* não previstos na primeira aula. Dessa maneira, o novo resultado apresentou 83,3% de respostas corretas, como mostra o gráfico 2 a seguir:

Gráfico 2: Novas respostas à questão conceitual sobre associação em paralelo

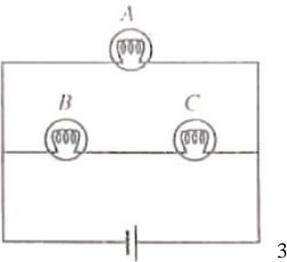


Fonte: Os autores.

Em seguida, o professor deu continuidade e passou para a próxima etapa, que foi apresentar os principais tópicos de uma associação mista de resistores, destacando também a noção de curto-circuito. Após uma breve explanação, foi realizada a primeira questão conceitual:

Quadro 4: Questão conceitual 1 da associação mista de resistores

Todas as três lâmpadas de filamento do circuito têm a mesma resistência. Sabendo que o brilho é proporcional à potência dissipada, o brilho das lâmpadas B e C juntas, em comparação com o brilho da lâmpada A, é:

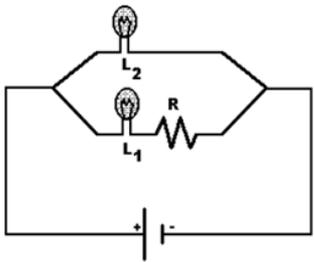
	<ol style="list-style-type: none"> 1. o dobro. 2. o mesmo. 3. a metade.
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Mazur (2015).

O intuito da questão foi destacar que partindo da noção de potência dissipada nas lâmpadas em série, o brilho das lâmpadas B e C seriam a metade do brilho da lâmpada A, ou seja, a resposta correta seria a opção 3. Após os alunos e alunas responderem, 36,4% deram a resposta correta. No entanto, estava bem próximo do limiar de 30%, assim o professor decidiu colocar os/as alunos/as para discutirem em pares.

A partir da discussão por meio das salas virtuais do *Zoom*, os alunos e alunas voltaram ao grupo como um todo e responderam novamente a questão. A nova porcentagem subiu para 42,9%. Embora tenha aumentado muito pouco a quantidade de respostas corretas, o professor explicou a solução da questão e apresentou a próxima questão que tinha o mesmo intuito e objetivo da primeira:

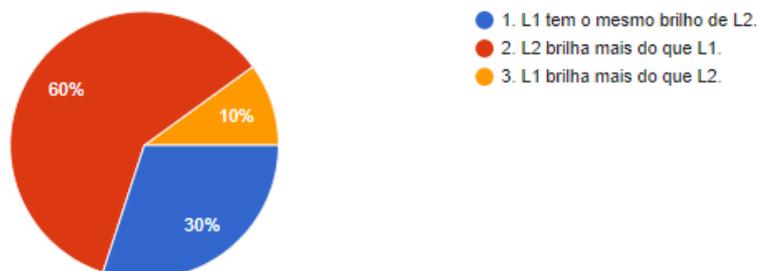
Quadro 5: Questão conceitual 2 da associação mista de resistores

<p>No circuito da figura 3, R é um resistor. Neste circuito:</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. $L1$ tem o mesmo brilho de $L2$ 2. $L2$ brilha mais do que $L1$. 3. $L1$ brilha mais do que $L2$.

Fonte: Silveira (2011).

Depois de os/as alunos/as responderem (ver gráfico 2), o resultado ao formulário foi o seguinte:

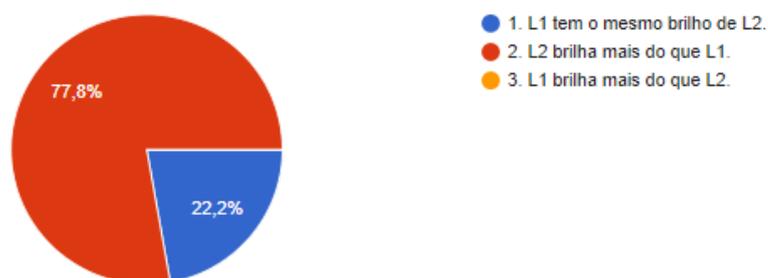
Gráfico 3: Respostas à questão conceitual 2 da associação mista de resistores



Fonte: Os autores.

Das respostas obtidas, 60% responderam corretamente, ou seja, a lâmpada L2 brilha mais do que L1. Nessa porcentagem, optou-se por colocar os estudantes para discutirem entre si. Após o tempo estipulado, eles responderam novamente às questões. O gráfico 4 que se tem em seguida apresenta o novo resultado:

Gráfico 4: Novas respostas à questão conceitual 2 sobre associação mista de resistores



Fonte: Os autores.

Dessa maneira, a resposta correta passou de 60% para 77,6%, apresentando uma melhora na compreensão dos alunos e alunas sobre o tema proposto. O professor pediu para os/as alunos/as apresentarem as justificativas de suas respostas, explicou-a corretamente e tirou as últimas dúvidas.

A partir daí, foram apresentadas mais duas questões conceituais sobre curto-circuito, sendo que na terceira, a porcentagem foi de 80% das respostas corretas e, a segunda foi de

50%, sendo necessário a discussão em pares. A aula finalizou com a explicação da resposta correta.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

As três questões conceituais, referentes à associação em série de resistores, demonstraram que a primeira etapa do *PI*, que consiste na apresentação ininterrupta dos conceitos pelo professor, pode ser relevante para tirar todas as dúvidas relacionadas à leitura prévia do material a ser fornecido pelo mesmo. Nesse caso, o PET 4 apresentava uma explicação sobre o conteúdo, os alunos/as tiveram de ler em casa, fazer as atividades do próprio PET, que em nosso trabalho, como forma de adaptação da primeira etapa do *PI*, para aulas remotas, funcionou como forma de teste de leitura, e com a explicação dada pelo professor na sala virtual, eles/as puderam complementar o que foi pedido para estudar. Como o resultado das respostas certas foram de 90%, 100% e 83,3%, pudemos inferir que os alunos e as alunas compreenderam bem as principais características e propriedades físicas da associação em série, em específico, que a corrente percorrida no circuito é a mesma para cada resistor. Conforme Mazur (2015), o *PI* bem-sucedido exige papéis distintos para o livro e para as aulas expositivas, diferentes das aulas convencionais. Nesse caso, o PET foi importante para introduzir o material e essa primeira parte da aula pôde esclarecer as dificuldades potenciais, aprofundando a compreensão do tópico em questão, e, conseqüentemente, permitindo a aprendizagem do mesmo, por grande parte dos alunos.

Na segunda parte da aula, foi explorada a associação em paralelo de resistores. A única questão aplicada na primeira aula, levou à discussão por pares, de acordo com a etapa 6, na qual os alunos foram divididos por sala. Inicialmente, a porcentagem foi de 33,3% das respostas certas. Após a discussão, diminuiu para 28,6%.

Nesse caso, o professor teve que retomar a etapa 1, na qual explicou de forma diferenciada o conteúdo. Os alunos e as alunas responderam novamente a uma nova questão e o resultado aumentou para 83,3%. Dessa forma, podemos destacar que o papel do professor como mediador foi importante no processo de aprendizagem relacionado ao conceito de que numa associação em paralelo, na medida em que acrescentamos resistores, a corrente aumenta e a resistência total diminui. Assim, essa etapa do *PI* também demonstrou ser essencial no

processo de aprendizagem dos respectivos conceitos físicos, uma vez que, com a discussão das respostas, os alunos e as alunas foram forçados a pensar com base nos argumentos que estão sendo desenvolvidos e deu-lhes um modo de avaliar a sua compreensão do conceito (MAZUR, 2015), reforçando a relevância dos testes conceituais no processo de aprendizagem do assunto em questão.

Na segunda aula foi explorada a associação mista de resistores e a noção de curto-circuito. Na primeira questão conceitual explorada, foi trabalhada a relação da potência dissipada com o brilho de uma lâmpada, em específico, numa associação mista. Dessa maneira, 36,4% responderam corretamente, de forma que os/as alunos/as foram colocados novamente para discutir em pares. Após isso, as respostas corretas subiram para 42,9%. Não obstante nesta etapa tivéssemos percebido uma melhora na compreensão, foi necessário o professor explicar corretamente a questão e continuar explorando novamente outra questão isomórfica, com a mesma essência conceitual, para verificar se houve melhora na aprendizagem. O novo resultado subiu para 60%. Assim, os estudantes foram colocados novamente para discutirem em pares, de acordo com a etapa 6, de forma que pudessem convencer um ao outro com suas respostas. Após isso, o novo resultado subiu para 77,6%. Portanto, podemos inferir que essa etapa do *PI* foi precípua para que houvesse uma melhora na aprendizagem do conceito destacado.

Esses resultados corroboram a importância que Araujo e Mazur (2013) dão ao processo de discussão entre os alunos no *PI*, uma vez que ela promove a aprendizagem com foco no questionamento de forma que os alunos e as alunas pensam e discutam as ideias sobre o conteúdo, em vez de ficarem assistindo passivamente as exposições orais do professor. Além disso, como destaca Mazur (2015), no *PI*, um ambiente favorável ao diálogo é proporcionado, no qual aqueles alunos/as que chegaram a respostas corretas, através de argumentação, possam auxiliar os que erraram.

Ponderamos que a aprendizagem de propriedades físicas foi fortalecida pela discussão em pares, e, assim, corroboramos com a concepção de que “as discussões para convencer o colega quebram a inevitável monotonia das aulas expositivas passivas e, mais importante, os estudantes não se limitam a simplesmente assimilar o material que lhes é apresentado [...]” (MAZUR, 2015, p. 14).

Portanto, em nosso trabalho, consideramos que o *Peer Instruction*, como uma metodologia ativa, pôde promover uma melhoria na aprendizagem de conceitos físicos, em específico sobre a associação de resistores. Por meio de cada etapa desse método, em especial a discussão em pares, o *PI* também proporcionou ambiente de diálogo, reflexão e uma interação maior entre os alunos e alunas, além das explicações dadas pelo professor vinculadas às questões conceituais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propusemo-nos nesta pesquisa abarcar como uma das mais usadas metodologias ativas, o *Peer Instruction*, poderia contribuir para o processo de ensino de conceitos físicos nos tempos de pandemia da COVID-19, no formato de aulas remotas. Isso foi feito a partir da aplicação de um módulo didático de duas aulas. Após a aplicação, observamos que esse método, a partir da discussão e interação entre os alunos/as pôde promover uma grande melhora na aprendizagem de conceitos físicos, além de propiciar uma participação mais ativa do aluno/a.

Especificamente, cada etapa do *PI*, em especial a etapa 1, que consiste na apresentação dos conceitos sem interrupção pelo professor, a etapa 2, que é a proposta das questões conceituais de múltipla escolha e a etapa 5 que consiste na discussão em pares, foram essenciais para que os alunos e alunas aprendessem efetivamente os seguintes conceitos: (i) a corrente elétrica percorrida no circuito em série é a mesma, uma vez que não há perda nem ganho de carga quando a corrente passa através do primeiro resistor; (ii) numa associação em paralelo, na medida que acrescentamos resistores, a corrente aumenta e a resistência total diminui; e (iii) há uma relação entre a potência dissipada com o brilho de uma lâmpada na associação mista de resistores.

Embora existam limitações e algumas desvantagens no uso das TDICs nas aulas remotas, como o fato de nem todos/as os/as alunos/as possuírem *Internet* e celulares ou computadores para participarem das aulas, fato que ocorreu em nossa pesquisa, é possível utilizá-las com um complemento e instrumento no processo de ensino pelo professor ou professora.

As plataformas utilizadas neste trabalho, como o *Zoom* e *Google Forms*, também apresentaram suas limitações; no entanto, conseguiram atender às exigências do método do *PI*.

Ressaltamos que o/a professor/a também pode utilizar e buscar outras ferramentas e possibilidades de uso em suas aulas. Apresentamos apenas uma ideia e modelo de aplicação.

Ainda que haja limitações e algumas desvantagens no uso do *PI*, corroboramos com a ideia de que esse método de Mazur (2015), apresenta grandes vantagens e potencialidades para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos, não somente da Física, mas no ensino de Ciências no geral, na Matemática, e, inclusive, em Ciências Humanas, sendo possível utilizá-lo em aulas remotas, por meio de uma aprendizagem significativa.

Por fim, julgamos ser necessária a ampliação do repertório de pesquisas sobre a metodologia do *Peer Instruction* para verificar-se outras potencialidades e fragilidades no âmbito do Ensino de Física.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às alunas e aos alunos voluntários, seus pais e responsáveis, pela confiança; aos árbitros deste artigo pelas sugestões e questionamentos que contribuíram para a melhoria da comunicação de nossos resultados de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, J. W. M.; NETA, M. A. H. **Metodologia científica**. Salvador: UFBA, Faculdade de Educação, Superintendência de Educação a Distância, 2017, 51 p. Disponível em: <<http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/30900>>. Acesso em: 05 de abril de 2020.

ARAUJO, A. V. R.; SILVA, E. S.; JESUS, V. L. B.; OLIVEIRA, A. L. Uma associação do método *Peer Instruction* com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 39, nº 2, p. 1-6, 2017.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. 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**, Florianópolis, v. 30, n. 2: p. 362-384, 2013.

BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes.** Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011. (artigo 8)

BRASIL. Ministério da Saúde. **Painel de casos de doença pelo coronavírus 2019 (COVID-19) no Brasil pelo Ministério da Saúde.** Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 14 out 2020.

CARDOSO, R. K. **Atividades experimentais aliadas à construção e aplicação de softwares no Ensino de Física: um estudo sobre associação de resistores.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2019.

COLL, C.; MONEREO, C. Educação e aprendizagem no século XXI. COLL, C.; MONEREO, C. In: **Psicologia da Educação Virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação.** Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 97-154.

FERRER, R. Pandemia por COVID-19: el mayor reto de la historia del intensivismo. **Medicina Intensiva**, v. 44, p. 323-324, 2020.

MARCH, A. F. Metodologías Activas para la Formación de Competencias. **Educatio siglo XXI**, v. 24, p. 35-56, 2006.

MAZUR, E. **Peer Instruction a Revolução da Aprendizagem ativa.** Porto Alegre: Penso, 2015.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. Resolução n. 4310, Dispõe sobre as normas para a oferta de Regime Especial de Atividades Não Presenciais, de 17 de abril de 2020. Institui o Regime Especial de Teletrabalho nas Escolas Estaduais da Rede Pública de Educação Básica e de Educação Profissional, em decorrência da pandemia Coronavírus (COVID-19), para cumprimento da carga horária mínima exigida. **Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 2020.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** Porto Alegre: Penso, 2018

MÜLLER, M. G.; BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Implementação do Método de Ensino Peer Instruction com o Auxílio dos Computadores o Projeto “UCA” em Aulas de Física do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 491-524, 2012.

MÜLLER, M. G.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; SCHELL, J. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 1-20, 2017.

PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R.; QUEIROZ, A. H. Metodologias Ativas de Ensino-Aprendizagem: Revisão Integrativa. **SANARE**, Sobral, v. 15, n. 2, p. 145-153, 2016.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M.; PEREIRA, F. J.; SHITSUKA, R. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Santa Maria: UFSM, NTE, 2018.

PORTER, L.; CYNTHIA, L. B.; SIMON, B.; ZINGARO, D. Peer Instruction: Do Students Really Learn from Peer Discussion in Computing? In: International Workshop on Computing Education Research, 7, 2011, New York, Anais [...]. Nova York, 2011.

RUIZ, M. V.; SAORÍN, J. M. Análisis de las metodologías activas en el grado de maestro en educación infantil: la perspectiva del alumnado. **REIFOP**, Zaragoza, v. 14, n. 36, p. 207-217, 2011.

SILVEIRA, F. L. Um teste para verificar se o respondente possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. In: ROCHA FILHO, J. B. (org.). **Física no ensino médio: falhas e soluções**. Porto Alegre: Edipucrs, 2011. p. 61-67.

VALENTE, V. A.; ALMEIDA, M. E. B.; GERALDINI, A. F. S. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 17, n. 52, p. 455-478, 2017.

VIEIRA, L. D. O uso do simulado PhET para o Ensino de Associação de Resistores. 2015. 70 p. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2015.