

PROCESSO DE VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: DA GRAVITAÇÃO AOS BURACOS NEGROS

Validation process of an investigative teaching sequence for the teaching of modern and contemporary physics: from gravitation to black holes

José Izaías Moreira Scherrer Neto [netoscherrer@hotmail.com]

Secretaria de educação do Espírito Santo (SEDU)

Av. Cezar Hilal, 1111 - Santa Lucia, Vitória - ES, 29056-085

Flávio Gimenes Alvarenga [flavio.alvarenga@ufes.br]

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Geide Rosa Coelho [geidecoelho@gmail.com]

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES, 29075-910

Recebido em: 12/11/2021

Aceito em: 16/05/2022

Resumo

O principal objetivo deste estudo consiste na validação de uma sequência de ensino investigativa para o ensino de gravitação aos buracos negros apresentando, dessa forma, os conteúdos, no campo da Física Clássica e da Física Moderna e Contemporânea. Por assumirmos a abordagem investigativa, as atividades foram desenvolvidas centradas na problematização e na possibilidade de ampliar o engajamento dos estudantes no processo de construção do conhecimento científico escolar. O processo de validação da sequência de ensino por investigação, foi realizado por dois instrumentos: (i) com critérios específicos para avaliação de alunos do ensino médio da rede pública da Educação Básica e (ii) voltado para avaliação de professores com ampla experiência no desenvolvimento de atividades investigativas e no tema da Física em foco. Os instrumentos foram encaminhados para os participantes via formulário digital, cinco professores e quinze alunos encaminharam a devolutiva das respostas. O resultado culminou na reelaboração da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), acarretando na melhoria das situações-problemas, adequação do tempo de cada atividade e aprimoramento dos meios de investigações, aumentando sua potencialidade para o ensino da gravitação aos buracos negros, numa perspectiva investigativa.

Palavras chaves: Ensino por investigação. Física Moderna e Contemporânea. Buraco Negro. Validação.

Abstract

The main objective of this study is to validate an investigative teaching sequence for the teaching of gravitation to black holes, thus presenting the contents in the field of Classical Physics and Modern and Contemporary Physics. Taking the investigative approach, the activities were developed focused on the problematization and the possibility of expanding the involvement of the students in the process of construction of scientific knowledge at school. The process of validation of the teaching sequence through research was carried out using two instruments: (i) with specific criteria for the evaluation of secondary school students from the public Basic Education network and (ii) aimed at evaluating teachers with extensive experience in the development of investigative activities and on the subject of Physics in focus. The instruments were sent to the participants through a digital form, five teachers and fifteen students sent the answers. The result culminated in the re-elaboration of the Investigative Teaching Sequence (SEI), resulting in the improvement of problem situations,

adaptation of the time of each activity and improvement of the research means, increasing its potential to teach gravitation to black holes, in a research perspective.

Keywords: Investigative teaching sequence. Modern and contemporary physics. Black holes. Validation.

INTRODUÇÃO

Diante dos desafios emergentes no decorrer de se estabelecer um processo educacional que proporciona a formação de pessoas mais críticas e condizente com a demandas atuais, professores/pesquisadores questionam e repensam as práticas de ensino de Física desenvolvidas em sala de aula, buscando metodologias e abordagens que ao serem desenvolvidas, possibilitem uma ressignificação do processo de aprendizagem e da mediação pedagógica assumida nas aulas (COELHO e AMBRÓZIO, 2019; SILVA JÚNIOR e COELHO, 2020; BODEVAN, 2020; BARCELOS, 2017). Além disso, destacamos a necessidade da introdução de conteúdo da Física Moderna e Contemporânea (FMC) nas aulas de Física da educação básica, que, por sua vez, têm se mostrado desatualizados para as demandas atuais (SILVA JÚNIOR e COELHO, 2020).

Segundo Moreira (2017), a Física desenvolvida em sala de aula, contrapõe a característica importante da ciência, que é, estar em constante evolução, se ocupando somente de conteúdo do período clássico, deixando de abordar conceitos relevantes do mundo contemporâneo. Segundo Domingui, Maximiano e Cardoso (2012) e Silva Júnior e Coelho (2020), o ensino descontextualizado amplia o distanciamento do aluno da compreensão de ciência como uma construção humana e cultural e dos fenômenos sociais e científicos que os cercam. Além disso, fortalece um ensino memorizante, em que os alunos constroem representações da Física como um conjunto de leis e fórmulas acabadas, incompatibilizando a utilidade e a aplicabilidade desses conceitos relevantes para uma sociedade contemporânea (SILVA JÚNIOR; COELHO, 2020).

Associado à introdução da Física Moderna e Contemporânea, utilizamos pilares do ensino por investigação para construção das atividades que compõem a Sequência de Ensino Investigativo (SEI) para o ensino da gravitação ao buraco negro. O ensino por investigação é uma abordagem que possibilita a inserção dos alunos em práticas sociais típicas da cultura científica para compreensão de conceitos, contrapondo ao ensino diretivo e memorístico que foi problematizado no parágrafo anterior.

As atividades investigativas permitem uma liberdade intelectual, fazendo com que os alunos tenham responsabilidade com o processo de construção de conhecimento, no qual estão inseridos, possibilitando a formação de um cidadão mais crítico. A investigação acontece, por meio de uma situação-problema autêntica, apresentada aos alunos, que, por sua vez, ingressam na busca por uma resolução junto com o professor. Nesse processo, o aluno é convidado a levantar e testar hipóteses, questionar, argumentar, negociar significados e compartilhar ideias, interagindo com a turma e com o professor, que assume uma postura que busca estabelecer a igualdade moderada na sala de aula (ARANTES; BARCELLOS; COELHO, 2021).

Após essa breve contextualização, apresentamos como objetivo da pesquisa relatada neste artigo validar uma sequência de ensino investigativa para o ensino da gravitação aos buracos negros apresentando, dessa forma, os conteúdos, no campo da Física Clássica e da Física Moderna e Contemporânea.

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

No cenário atual, com o grande desenvolvimento tecnológico e as rápidas transformações, a educação básica, especialmente o ensino médio, tem deparado com grandes desafios. Para atender a necessidade da sociedade contemporânea e os grandes avanços da humanidade, é necessário que os alunos do ensino médio tenham contato com teorias estruturantes de teorias científicas e tecnologias atuais, que possibilitem um entendimento da Física em seu processo histórico. Segundo Ostermann e Moreira (2000), o ensino de tópicos da FMC é necessário para a compreensão da ciência, como um empreendimento humano e cultural, e isto, resulta na formação de pessoas capazes de tomar decisões e desempenhar funções sociais, econômicas e políticas condizentes com a época em que vive.

Para uma compreensão mais coerente da ciência e do próprio trabalho científico, é necessário que se traga para o interior da sala de aula uma Física mais atualizada, de maneira que se sintam desafiados e percebam que ainda há muito o que descobrir. Isto ocasionaria o despertar da curiosidade dos estudantes e ajudando-os a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Segundo Braga e Araújo (2017), Jerzewski, (2015) e João (2016), Ostermann e Moreira (2000), não só os alunos se interessam mais pelos tópicos da FMC, mas também, para os professores é mais interessante, isto porque, consideram que o entusiasmo tem uma relação direta com o material didático utilizado e com a mudança do conteúdo. Ostermann e Moreira (2000, p. 3) defendem, também “[...] que a introdução da FMC no currículo das escolas pode proporcionar a superação de certas barreiras epistemológicas fundamentais para o conhecimento do indivíduo sobre a natureza”.

A Física Clássica é importante para a compreensão da Física Moderna e Contemporânea, visto que, historicamente, antecede o conhecimento adquirido atualmente (GUIMARÃES; NABUCO; XIMENES, 2020). Uma das possíveis maneiras de trabalhar a Física Clássica articulada com a Física Moderna e Contemporânea, de forma que tenha aceitação e não contraponha os conteúdos pré-determinados, é explorando o desenvolvimento dos modelos físicos ao longo da história. Sendo assim, argumentar, historicamente, o desenvolvimento dos conceitos, não só reforça a ideia de que, na Física, certos modelos funcionam bem em determinadas situações, e que se faz necessário o desenvolvimento de novas teorias para o entendimento de situações diversas, mas contribui, também, para o entendimento dos novos conceitos.

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O ensino diretivo se constitui como uma marca em aulas de ciências na educação básica e no ensino superior. Nele o professor procura, a seu modo, transmitir os conteúdos aos alunos que devem ouvir atentos às explicações carregadas de teorias, equações e leis, na intenção de que eles se apropriem, de modo quase instantâneo e mágico, do conhecimento compartilhado. Muitos pesquisadores têm trabalhado com o intuito de aproximar o ensino de ciências de práticas, processos, linguagens e modos de pensar da ciência, buscando abordagens que facilitem o ensino de ciência no Brasil (AZEVEDO, 2004; SÁ et al. 2007; CARVALHO, 2013; BARCELOS, 2017; COELHO e AMBRÓZIO, 2019; SILVA JÚNIOR e COELHO, 2020; BODEVAN, 2020; FRANCO e MUNFORD, 2020; SASSERON, 2021).

Neste artigo, apostamos no ensino por investigação como abordagem que se contrapõe ao ensino diretivo, proporcionando uma perspectiva mais democrática e de inserção dos estudantes em práticas típicas da cultura científica escolar. A investigação favorece, na construção de conceitos, o desenvolvimento de atitudes, que aproxima os estudantes com seus professores de práticas e normas da cultura científica (SILVA JÚNIOR; COELHO, 2020; ARANTES; BARCELLOS; COELHO, 2021).

Segundo Carvalho (2013), o ensino por investigação se torna uma possibilidade de um ensino consciente, contrapondo o método mecânico e tecnicista predominante nas aulas de ciências, permitindo que a educação colabore e acompanhe a constante evolução e mudanças da sociedade. O que almejamos com essa abordagem no processo educacional é não somente, oportunizar o acesso às informações, mas viabilizar ao indivíduo, uma aprendizagem que possibilite o desenvolvimento de um cidadão mais crítico, contribuindo para a formação de um sujeito menos propício a aceitar notícias falsas, transvestidas de verdades absoluta (SASSERON, 2019).

O ensino por investigação preza por um ambiente propício ao levantamento de hipóteses, questionamentos, posicionamentos divergentes, diálogos e mudanças de opiniões, pautando suas afirmações em análises de dados e não em conjecturas realizadas por terceiros, que segundo Sasseron (2019), com suporte adequado do professor, possibilita o desenvolvimento em práticas epistêmicas, aproximando o aluno das atividades científicas, e promovendo em sala de aula um ambiente diferente, do qual, o discurso não seja unilateral. Isso significa que tanto o professor como os alunos possuem papéis fundamentais em todo o processo de modo que “entre os membros de uma sala de aula, relativizada por níveis de expertise ou conhecimento, mas não por uma relação vertical de poder entre professor e estudantes, de modo que todos sejam considerados igualmente capazes de contribuir” (NASCIMENTO; SASSERON, 2019, p.7).

Ao assumirmos essa abordagem temos o compromisso com desenvolvimentos de atividades didáticas que assumem esses pressupostos. De acordo com Sá et al. (2007), uma atividade investigativa deve possuir as seguintes características: (I) Iniciar com um problema (problematização) que instigue e oriente o trabalho do estudante e do professor; se existe um problema que seja autêntico, ele desencadeará debates, portanto, é necessário valorizar o debate e a argumentação. (II) Propiciar a obtenção e a avaliação de evidências, por meio de atividades de investigação que conduzem a resultados que precisam ser sustentados por evidências, para que eles sobrevivam às críticas. (III) Aplicar e avaliar teorias científicas, ou seja, criar situações em que esse conhecimento possa ser aplicado e avaliado na solução de situações-problema. (IV) Permitir múltiplas interpretações de um mesmo fenômeno, podendo, assim, sentir a importância da aplicação do conhecimento construído, do ponto de vista social.

Carvalho (2013), Azevedo (2004), Sá et al. (2007), Silva Júnior e Coelho (2020) reconhecem as diferentes possibilidades e a natureza das atividades investigativas que podem ser desenvolvidas no ensino de ciências e, conseqüentemente, no ensino de Física. Pode-se, nesse contexto, desenvolver problemas abertos, atividades experimentais, atividades com simulação computacional, demonstrações investigativas, atividades teóricas, pesquisas, dentre outras possibilidades. O nosso material foco do processo de validação neste estudo, consiste em uma sequência didática de atividades com perspectivas investigativas para o ensino da Gravitação. A SEI em questão, possui atividades de questões abertas, atividade histórica-investigativa e uma demonstração experimental.

A FÍSICA

Albert Einstein estabeleceu com a teoria da Relatividade Restrita, que o tempo e espaço não são mais absolutos, decorrente disso, as teorias criadas para descrever fenômenos que se desenrolam em um tempo absoluto e um espaço absoluto deveriam se adequarem às novas propriedades da Relatividade Restrita e uma delas é a lei da Gravitação Universal de Isaac Newton, que parte do princípio de resposta instantânea a ação (MATSAS e VANZELLA, 2008).

A Lei da Gravitação Universal, define a interação gravitacional como uma força que atua à distância entre os corpos. A força de atração entre qualquer par de partículas é, diretamente, proporcional ao produto das duas massas e, inversamente, proporcional à distância ao quadrado das partículas. As forças gravitacionais, são grandezas vetoriais, atuando sempre ao longo da linha que

um par de corpos esféricos, formando um par de ação e reação que possuem módulo iguais, mesmo com massas diferentes.

$$\vec{F} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}.$$

Acima, m_1 e m_2 são as massas dos corpos e d é a distância entre eles.

A reformulação do conceito da gravidade, ocorreu, dentre outros nomes importantes, por Einstein, que demonstrou, através de um experimento mental, que um corpo em queda livre se comportaria igual a um corpo que se movimenta uniformemente na ausência da gravidade, chegando ao princípio da equivalência. Além disso, sabendo que teria que associar dois tipos de movimento, o de queda e o da trajetória em linha reta, utilizou uma matemática que até então não tinha sido usada na Física. Imaginou que a estrutura do espaço-tempo fosse curva, assim todas as partículas que tendesse a se movimentar em uma trajetória retilínea, seriam obrigadas a acompanhar a curvatura do espaço-tempo, dando origem aos diversos movimentos de queda livre que podemos ter num campo gravitacional, definindo a Gravidade como uma manifestação da curvatura no espaço-tempo, causada por corpos com determinadas massas.

Mesmo antes da comprovação da teoria da Relatividade Geral no ano de 1919 através de um eclipse, com evidências mais precisas e fotografias mais nítidas coletadas nas cidades de Sobral, Fortaleza, Brasil e Ilha do Príncipe, arquipélago de São Tomé e Príncipe, em 1915 a primeira guerra mundial foi o palco de uma grande descoberta, onde o astrofísico Karl Schwarzschild servindo a Alemanha no front russo, estando hospitalizado, dedicou-se a estudar e analisar essa nova teoria e desenvolveu um trabalho que investigava o campo gravitacional na região externa de uma estrela. Os resultados alcançados por ele, sugeriram simplesmente que estrelas compactas o suficiente, estariam envoltos de uma região considerada de não retorno. O que Schwarzschild na verdade tinha conseguido, era uma solução da Relatividade Geral que descreve o buraco negro (HORVATH e CUSTÓDIO, 2003).

Segundo Schutz (2003) Schwarzschild descreve exatamente o campo gravitacional em torno de uma estrela com simetria esférica, com a seguinte equação:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 (dt)^2 + \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)^{-1} (dr)^2 + r^2 [(d\theta)^2 + \text{sen}^2 \theta (d\phi)^2]$$

Observamos que M , que é a massa do buraco negro está em combinação com a constante gravitacional G e a velocidade da luz, c . O parâmetro que define a distância entre a singularidade e superfície denominada de horizonte de evento é o r , conhecido como raio de Schwarzschild.

Buraco negro é uma região do espaço onde a gravitação é tão grande, devido ao acúmulo excessivo de matéria e energia, que nada pode escapar de seu interior, nem mesmo a luz. A superfície que delimita a região de não retorno é conhecida como horizonte de eventos, toda matéria que ultrapassa esse limite não consegue retornar, e o observador que esteja fora dessa região não consegue ver o que tem dentro (HORVATH e CUSTÓDIO, 2003).

Toda a energia de um buraco negro está concentrada em uma região chamada de singularidade, que podemos expressar como um ponto matemático, onde toda a matéria é compensada até virar parte dela, e se encontra em uma região onde a curvatura espaço-tempo é infinitamente grande, provocando graves efeitos na matéria que se aproxima dela.

Os buracos negros existem desde o início dos tempos, porém só com o avanço e desenvolvimento das técnicas de observação do Universo, que conseguimos conhecê-los melhor. Não conseguimos vê-los devido a sua própria característica peculiar, mas o seu grande poder gravitacional tem grande influência em seu entorno, fazendo com que a sua vizinhança seja tragicamente alterada, permitindo que consigamos estudá-los e compreendê-los melhor.

METODOLOGIA

A SEI (UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: DAS TEORIAS DE GRAVITAÇÃO AOS BURACOS NEGROS) é composta por onze aulas, sendo, uma atividade introdutória para acessar as concepções iniciais dos alunos, quatro atividades investigativas de questões abertas, uma atividade histórica-investigativa e uma demonstração experimental investigativa.

A física estruturante da SEI é a teoria da Gravitação, perpassando pelos seguintes conteúdos: modelos geocêntrico e heliocêntrico, primeira lei de Kepler, segunda lei de Kepler, terceira lei de Kepler, lei da gravitação universal, movimento dos satélites, velocidade de escape, relatividade geral, buraco negro, espaguetificação, raio de Schwarzschild.

As atividades que compõem a SEI foram pensadas e construídas com o propósito de estabelecer um ambiente de aprendizagem colaborativo e democrático, que para Solino e Sasseron (2018) significa aulas que possibilitam e colaboram para as interações e trocas de pensamentos, ideias, informações e opiniões entre os sujeitos envolvidos, tendo os alunos maior liberdade de exporem suas opiniões e de forma colaborativa resolverem o problema a eles apresentados.

A SEI que foi submetida ao processo de análise, avaliação e validação era constituída das seguintes atividades:

Quadro 1: Sequência de ensino por investigação antes da validação - UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: DAS TEORIAS DE GRAVITAÇÃO AOS BURACOS NEGROS.

Sequência de ensino investigativo antes da validação			
1ª atividade	Atividade investigativa	Modelo planetário	2 aulas
Esta atividade será dividida em duas etapas, a primeira etapa (confeção) será realizada na primeira aula, na qual os alunos deverão construir um modelo do sistema solar. A segunda etapa (debate e sistematização) será na segunda aula, momento em que todos os alunos e o professor através de um debate sistematizam o conteúdo. Situação-problema: <i>Dentro desse imenso Universo que é composto por galáxias, estrelas, nebulosas, planetas, cometas e asteroides estamos nós. Não precisa de muito tempo de observação do céu, para percebermos o movimento dos astros ao redor da Terra, o Sol nasce ao leste e se põe a oeste, proporcionando a sensação de que tudo gira em torno da Terra. Afinal quem ocupa o centro do nosso sistema? Usando os materiais disponíveis, construa uma maquete representando à disposição de todos os corpos celestes existente em nosso sistema.</i>			
2ª atividade	Atividade investigativa	A órbita dos satélites	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <i>Por que os satélites como a lua, os artificiais e outros não caem sobre a superfície da Terra?</i> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			

3ª atividade	Atividade investigativa	Velocidade de escape	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <u>Você, provavelmente, já jogou algo para cima e observou que, após um determinado tempo, ele retornou. Seria possível lançar um objeto de forma que ele não retorne para a Terra?</u> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
4ª atividade	Aula Expositiva	História da Gravidade	1 aulas
Essa aula expositiva dialogada, utilizará recurso de projeção e uma arte em Power point, onde o professor e os alunos estarão responsáveis pela produção de conhecimento na sala de aula. O professor deverá apresentar o conteúdo permitindo e valorizando os momentos de diálogo, questionamentos, levantamento de ideias e discussão.			
5ª atividade	Demonstração investigativa	Cama elástica	1 aulas
A cama Elástica já estará montada, e o professor assumirá o manuseio do experimento, porém para que todos participem, deverá continuar com uma postura problematizadora, levantando questões para incluir os alunos no processo de construção do conhecimento.			
6ª atividade	Atividade investigativa	Buraco negro	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <u>Sabe-se que para um objeto sair da atmosfera de um corpo celeste, ele precisa atingir uma velocidade de escape mínima, capaz de vencer a força gravitacional do mesmo. Existe no universo algo capaz de aprisionar tudo?</u> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
7ª atividade	Atividade investigativa	Raio de Schwarzschild	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <u>Se o Sol se tornar um buraco negro, o que aconteceria com a órbita e a vida do planeta Terra?</u> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
8ª atividade	Atividade investigativa	Espaguetificação da astronauta"	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <u>Imagine que, observada por seus colegas na espaçonave, uma astronauta começa uma jornada, rumo ao encontro de um buraco negro. A espaçonave está a uma distância segura, fora da última órbita estável. Cientes de que o espaço e tempo, supostamente, são afetados pelos buracos negros, os integrantes monitoram o relógio de pulso da corajosa astronauta e também observam a luz que vem dela. Nos primeiros minutos da viagem rumo ao buraco negro, nada parece fora do normal, seu relógio de pulso – que os membros da espaçonave veem, através de um telescópio – continua a marcar o tempo igual ao do relógio, no painel de controle. Nesse momento ela começa a se aproximar do horizonte de evento do buraco negro. O que acontecerá com a astronauta quando ela ultrapassar esse limite?</u> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a coleta de dados foi construído dois instrumentos de análise: (i) com critérios específicos para avaliação de alunos do ensino médio da rede pública da Educação Básica e (ii) voltado para avaliação de professores com ampla experiência no desenvolvimento de atividades investigativas e no tema da Física em foco. Esse segundo instrumento foi inspirado na proposição de avaliação e validação de Guimarães e Giordan (2011) e Roldi (2015).

Para atender as especificidades do ensino por investigação, mudanças foram realizadas, adaptando o instrumento de análise, avaliação e validação da SEI, a fim de, potencializar o processo de avaliação por pares. Devido às mudanças estabelecidas nas rotinas das escolas, motivadas pelo momento pandêmico causado pela COVID-19, o processo de validação foi comprometido, por ser inviável a aplicação em sala de aula. O instrumento foi a ferramenta que utilizamos para a avaliação dos parâmetros que caracteriza a potencialidade de se estabelecer um ambiente investigativo em sala de aula, tornando possível a validação da SEI.

Os parâmetros que compõe o instrumento de análise, avaliação, e validação, avaliados e analisados pelos professores foram:

A – ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO

Este grupo de análise está dividido em quatro itens de avaliação. Tem como função avaliar aspectos de apresentação das SEI e sua organização, desta forma faz-se necessário a observância dos elementos organizacionais de relação, clareza linguística, componente temporal e articulação entre o texto de física e as atividades propostas.

Quadro 2: Parâmetros que avaliam a estrutura e organização

A1. Qualidade e originalidade da SD: Neste item avaliativo deve-se observar a originalidade da sequência didática e se existem outras propostas muito parecidas e se a SEI é inovadora. <i>Essa SEI é original e inovadora?</i>
A2. Clareza e inteligibilidade da proposta: A SEI precisa possuir uma redação clara e direta, contendo todas as explicações necessárias para seu desenvolvimento. Deve-se considerar se, conforme redigida, as explicações são suficientes para um entendimento do que é proposto e como esta deve ser aplicada em sala de aula. <i>Essa SEI é clara e inteligível?</i>
A3. Adequação do tempo segundo as atividades propostas e sua executabilidade: O tempo é sempre uma variável importante nas atividades educacionais e também um fator limitante nas situações de sala de aula. <i>O tempo designado é condizente com as atividades e com a abordagem do EnCi?</i>
A4. Coerência Interna da SEI: Não é interessante que as situações-problema se restrinjam apenas a uma apresentação inicial de questionamentos a serem elucidados mediante a conceituação apresentada nas aulas, e sim, que se construa por meio de uma estrutura a articulação entre diversos elementos de ensino. <i>Existe coerência em relação a articulação da abordagem do EnCi, as atividades propostas e a avaliação?</i>

Fonte: Elaborado pelos autores.

B- SITUAÇÃO-PROBLEMA

O problema em uma atividade investigativa é um elemento importante, que conduz o aluno ao processo de solução, resultando na produção de conhecimento científico. Sendo o ponto de partida, precisa estar bem articulado, organizado, ser intrigante e desafiador, para que possibilite a sua

resolução, permitindo aos alunos uma diversificação de suas ações (Carvalho, 2013; Solino e Sasserom, 2018).

Quadro 3: Parâmetros que avaliam as situações-problemas

<p>1. O Problema: É necessário observar se a escolha do problema e sua formulação foram construídas segundo a temática proposta, se é atual e principalmente se é suscetível à investigação. A situação-problema precisa promover um engajamento dos alunos. Devem ser potencialmente interessantes e permitir uma diversificação de ações para a sua resolução. <i>A situação-problema se constitui como um problema autêntico de investigação?</i></p>
<p>B2. Articulação entre os conceitos e a situação-problema: Deve existir estreita relação entre a situação-problema das atividades e os conceitos chaves, pois tais conceitos precisam ser capazes de contribuir para a solução do problema apresentado, para que se alcancem os objetivos que tal atividade se propõe. <i>Existe uma coerência entre os conceitos a serem mobilizados na atividade por meio das situações-problemas propostas?</i></p>
<p>B3. Contextualização de Problema: Com este critério pretende-se avaliar se a situação-problema é acompanhada de uma contextualização que permite um melhor entendimento e compreensão do problema a ser resolvido. <i>A situação-problema é contextualizada, permitindo uma melhor compreensão sobre o fenômeno a ser investigado?</i></p>
<p>B4. O problema e sua resolução: Espera-se que se chegue à sua resolução no decorrer do desenvolvimento das atividades. Dessa forma se faz necessário avaliar a possibilidade de resolução sem que o professor os direcione, e se cansem. <i>Há possibilidade de resolução por parte dos alunos?</i></p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

C – CONTEÚDOS E CONCEITOS

A aprendizagem em Física não se limita apenas a compreensão de conceitos, mas articula-se aos domínios processuais e atitudinais da ciência, para que se alcancem os objetivos educacionais propostos, englobando inúmeras competências atribuídas aos alunos.

Quadro 4: Parâmetros que avaliam os conteúdos e conceitos.

<p>C1. Objetivos: Os objetivos estabelecem as intenções educativas a qual certa proposta de ensino se determina. <i>Os objetivos são claramente informados e se vinculam com as situações-problema?</i></p>
<p>C2. Conhecimentos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais: Diferenciar conceitos de aprendizagem segundo uma determinada tipologia contribui para identificar com maior precisão as intenções educativas, pois essa intenção se reflete na relação de importância que se atribui a cada um dos conteúdos. <i>As atividades e conteúdos propostos possibilitam que conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais sejam desenvolvidos ao longo da SEI?</i></p>
<p>C3. Tema, Fenômeno, Conceitos: Pretende-se avaliar aqui se os conceitos desenvolvidos pela SEI fornecem elementos para a discussão do fenômeno proposto segundo o tema de ensino. <i>Os conceitos que perpassam as atividades da SEI são pertinentes para o estudo do tema central da intervenção?</i></p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

D – CARACTERÍSTICA DA ABORDAGEM DE ENSINO

O ensino por investigação é uma abordagem que está atrelada a uma concepção de educação democrática e de ciência como empreendimento público que busca aproximar a aprendizagem em ciências das práticas, normas e linguagem da ciência por meio de atividades problematizadoras que buscam o desenvolvimento da autonomia discente e os insere em outro modo de pensar: que é o modo de pensar da ciência (Silva Junior; Coelho, 2020)

Quadro 5: Parâmetros que avaliam as características da abordagem.

<p>D1. Ambiente democrático: Pretende-se avaliar aqui se as atividades desenvolvidas no decorrer da SEI, promovem um ambiente de diálogo (Aluno/aluno e aluno/professor), valorizando a autonomia e a participação ativa dos estudantes, permitindo múltiplas interpretações que desencadear debates. <i>As atividades propostas são potencialmente promotoras de um ambiente democrático?</i></p>
<p>D2. Envolvimento intelectual do aluno: O processo de aprendizagem não pode ter como centralidade o professor e seu discurso unilateral, é necessário que em todo o processo valorize a autonomia e participação do aluno e que a autoridade epistêmica seja compartilhada na sala de aula. <i>As atividades possuem potencial para viabilizar uma atitude questionadora e reflexiva, permitindo que os alunos sejam protagonistas em seu processo de aprendizagem?</i></p>
<p>D3. Interação social: As atividades devem promover interações e diálogos que permitam uma aprendizagem baseada na troca de experiências e no debate. <i>As atividades propostas potencialmente podem estabelecer o diálogo e argumentação na sala de aula?</i></p>
<p>D4. Aplicar e avaliar teorias científicas: A apropriação dessa teoria científica se viabiliza quando esse conhecimento é utilizado na resolução de um problema estabelecidos em um processo investigativo. <i>As situações-problema permitem aplicar e avaliar teorias científicas?</i></p>
<p>D5. Sistematização: É o momento em que se promove um diálogo permitindo aos alunos exporem o que fizeram para chegarem à resolução do problema. Nessa etapa com a mediação do professor se faz a sistematização dos conceitos trabalhados durante a atividade. <i>As atividades propostas preveem o momento de sistematização?</i></p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

E – AVALIAÇÃO

Quando se trabalha em sala de aula uma abordagem que foge do modelo tradicional de ensino, a forma de avaliar precisa estar de acordo com o processo de ensino-aprendizagem em que os alunos são inseridos. Dessa forma é necessário avaliar o método de avaliação utilizado na SEI.

Quadro 6: Parâmetros que avaliam o processo de avaliação.

<p>E1. Métodos de avaliação: Os métodos de avaliação devem ser condizentes com os objetivos e conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais) propostos. Então o que se avalia deve se relacionar diretamente com o que se pretende ensinar. <i>O(s) instrumento(s) de avaliação são adequados e suficientes às metodologias e objetivos apresentados?</i></p>

E2. Avaliação integradora: Deve-se verificar também se a avaliação é integrada ao longo da SEI ou apresentada no final. ***A SEI apresenta uma perspectiva de avaliação processual?***

E3. Feedback de Avaliação: Quando a avaliação possui objetivo formativo os resultados desta avaliação servem de informação para compreender os avanços alcançados, as dificuldades enfrentadas pelos alunos e estabelecer as atitudes a serem tomadas. ***Existem instrumentos ou estratégias de feedback para que os alunos compreendam o seu percurso formativo ao longo da SEI?***

Fonte: Elaborado pelos autores.

Treze professores receberam através de e-mail no dia doze de outubro de dois mil e vinte, o formulário contendo o instrumento de avaliação, análise e validação da SEI juntamente com o produto educacional contendo as atividades da SEI e tiveram trinta dias para entregarem a devolutiva. Após responderem ao instrumento, foi realizado um encontro após a análise das respostas do instrumento, no dia dois de dezembro de dois mil e vinte e um, para que de forma colaborativa debatemos os parâmetros avaliados e coletarmos mais sugestões de mudanças e melhorias. Cinco professores responderam o instrumento e os mesmos participaram do encontro, produzindo os dados que subsidiaram a análise de dados.

Os professores participantes da pesquisa, são profissionais que atuam na rede básica de ensino e que desenvolvem como pratica em sala de aula atividades investigativas diversificadas, possuindo experiencia teórica e pratica no desenvolvimento de sequências e atividades com características no ensino por investigação.

Os parâmetros que compõe o instrumento de análise, avaliação e validação, avaliados e analisados pelos alunos foram:

Quadro 7: Parâmetros avaliados pelos alunos.

01. Tema: Neste tópico deve-se avaliar o tema a ser abordado nas aulas, sua originalidade e se o mesmo desperta o interesse. ***O tema desenvolvido na sequência desperta o interesse em participar das aulas?***

02. Clareza e compreensão: As atividades precisam possuir uma redação clara e direta, contendo todas as explicações necessárias para seu desenvolvimento. Deve-se considerar se, conforme redigida, as explicações são suficientes para um entendimento do que é para realizar. ***As atividades são claras e compreensíveis?***

03. Método de avaliação: O método de avaliação deve ser condizente com os objetivos e conteúdos propostos, e informado com clareza antes do início das atividades. ***O método de avaliação está explicado com clareza e é satisfatório?***

Fonte: Elaborado pelos autores.

O instrumento avaliação, análise e validação de SEI dos alunos contém somente três parâmetros a ser avaliado, e foi encaminhado para vinte alunos da primeira, segunda e terceira série do ensino médio, no dia três de novembro de dois mil e vinte, via e-mail juntamente com as atividades constituintes da SEI, e tiveram trinta dias para responderem o questionário. Quatorze alunos responderam encaminharam a devolutiva com as respostas do instrumento.

Os alunos participantes são estudantes da rede publica estadual, e de diferentes etapas, sendo da primeira, segunda e terceira série do ensino médio, e possuindo diferentes níveis de contato com Física dentro da divisão curricular estabelecida pela rede.

ANÁLISE DE DADOS

Para a validação da SEI interpretamos as respostas dos estudantes do ensino médio e dos professores. Esse processo foi fundamental para reestruturar as atividades em termos do conteúdo, estrutura e estratégias, no sentido de manter coerência com a abordagem didática assumida na sequência (que, no caso, é o ensino por investigação) e o nível educacional dos estudantes (ensino médio).

Análise por parte dos professores

Apoiados nas respostas obtidas através do formulário e gravação do encontro de debate dos professores participantes, que a análise dos dados foi realizada. Para preservar a identidade dos professores colaboradores usamos nomes fictícios para cada professor, sendo eles, Ana, João, Marcos, Paula e Pedro

O instrumento de validação da SEI possui cinco grandes categorias que foram analisadas, sendo elas: (i) Estrutura e organização; (ii) – Situação-problema; (iii) – Conteúdos e conceitos; (iv) – Características da abordagem de ensino; (v) – Avaliação. Para cada parâmetro deveriam atribuir um valor de suficiência, sendo: (Discordo totalmente): No caso onde o parâmetro analisado, o material não alcance na visão do avaliador um valor de suficiência; (Discordo): No caso onde o parâmetro analisado, o material alcance na visão do avaliador um valor de suficiência baixo; (Indiferente): No caso onde o avaliador do material não alcance na visão do avaliador nenhum valor de suficiência nos parâmetros analisados; (Concordo): No caso onde o parâmetro analisado, o material alcance na visão do avaliador um valor de suficiência alto; (Concordo totalmente): No caso onde o parâmetro analisado, o material alcance na visão do avaliador um valor de suficiência máximo.

Segundo Guimarães e Giordan (2013) a validação de sequência didática permite a reelaboração, com intuito de fazer melhorias, utilizando as experiências vivenciadas e relatadas durante o processo. Isso permite ao professor modificar e corrigir, a fim de alcançar o objetivo da construção de um material de apoio para que outros professores utilizem.

A primeira categoria buscou contribuir para a qualidade e originalidade da SEI (A1); clareza e inteligibilidade da proposta (A2); adequação do tempo (A3) e coerência interna da SEI (A4).

Quadro 8: Análise dos dados que avaliam a estrutura e organização.

Estrutura e organização		
Parâmetro	Análise	Evidência
A1	Os professores participantes concordam que a sequência é original e inovadora.	<i>Vejo a proposta como sendo original, inovadora e ousada por abordar um tema complexo. (João-comentário no instrumento)</i>
A2	Os professores participantes concordam que a SEI dispõe de uma escrita clara, possuindo todas as informações necessárias para sua aplicação em sala de aula.	Todos os professores assinalaram concordo ou concordo totalmente ao avaliarem esse parâmetro.

A3	Alguns professores participantes apontaram para uma possível falta de tempo no desenvolvimento e executabilidade de algumas atividades.	<i>Pela minha experiência, eu repensava o tempo de algumas das atividades como a dos satélites (atividade 2) e a espaguetificação do astronauta (atividade 9), pois são atividades, que acho, que poderiam ser melhor aproveitadas com um pouco mais de tempo. (Ana-comentário no instrumento)</i>
A4	Começam a surgir alguns sinais de fragilidade, em relação às situações-problema de algumas atividades e seu potencial para engajar estudantes, no processo de investigação.	<i>O professor precisa prover meios para que os alunos investiguem e não apenas discutam, com base no conhecimento prévio. Algumas situações-problema são abstratas e se aproximam mais de perguntas do que de problemas a serem solucionados. Há um excesso de conteúdos de física nas aulas (João-roda de conversa)</i>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A inserção de tópicos da FMC segundo Santos Batista e Siqueira (2017), colabora para diminuir a defasagem de conteúdo existente no ensino de Física, quanto para inserção de práticas de atividades inovadoras, em sala de aula. A articulação entre a FMC e a abordagem ensino por investigação potencializa o envolvimento dos alunos com problemas que envolvem temas da contemporaneidade de modo a contribuir para a apropriação conceitual, neste campo, e desenvolver o pensar crítico e científico, contrapondo o ensino tradicionalista.

Para que a aplicabilidade por outros professores seja possível o texto precisa ser claro e possuir todas as informações necessárias para o desenvolvimento das atividades em sala de aula. Quanto mais informações e instruções possuírem a sequência, mais viável se torna a sua aplicação por terceiros.

A gestão do tempo de cada atividade realizada é de responsabilidade do professor. Para que, realmente, ocorra um aproveitamento da atividade, é necessário estar atento às necessidades e ao ritmo de cada turma, para ser capaz de disponibilizar o tempo adequado para que não haja prejuízos na resolução dos problemas e no processo de construção de conhecimento.

A segunda categoria buscou analisar os problemas de cada atividade com cunho investigativo, por meio de quatro parâmetros, sendo eles o problema (B1); a articulação entre os conceitos e a situação-problema (B2); a contextualização dos problemas (B3) e o problema e sua resolução (B4).

Quadro 9: Análise dos dados que avaliam as situações-problemas

Situação-problema		
Parâmetro	Análise	Evidência
B1	Algumas fragilidades foram apontadas e encontradas nos problemas.	<i>...Eu acho que o exercício legal, Izaías, é realmente olhar de novo para suas situações-problema e pensar como os alunos te responderiam. Aí eu peguei a primeira situação-problema aqui, e diz assim. Por que os satélites como a lua, os artificiais e outros não caem sobre a superfície da Terra? Então se eu fosse aluno eu poderia responder, não sei... tentar transformar a sua pergunta, de forma que o aluno não traga uma resposta tão vaga...(Paula- roda de conversa)</i>
B2	Os professores participantes concordam que existe uma articulação entre os conceitos e os problemas.	Todos os professores assinalaram concordo ou concordo totalmente ao avaliarem esse parâmetro.
B3	Segundo os professores participantes, a contextualização poderia melhorar.	<i>No caso da atividade dos satélites, acredito que poderia haver uma contextualização melhor, por meio de um texto sobre o assunto para melhor familiarizar o aluno com o problema. (João-roda de conversa)</i>
B4	Os professores apontaram para a necessidade de materiais de apoio como meios que viabilizem o processo de investigação, devido ao grau de abstração elevada de alguns temas trabalhados.	<i>Sempre parto do princípio que alguma possibilidade existe, afinal, não podemos subestimar os alunos. Mas acho pouco provável, dado a falta de meios para investigar o problema... e o grau de abstração elevado. (Paula - roda de conversa)</i>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Carvalho (2013) e Solino e Sasseron (2018) o problema é fundamental para estabelecer um processo de investigação em sala de aula. Elas defendem também, que o problema funciona como um mecanismo de motivação, por isso, precisam ser desafiadores, intrigantes e muito bem organizados e articulados com a proposta.

Para promover a aplicabilidade dos conceitos trabalhados nas aulas de Física, é necessário a contextualização dos conhecimentos a serem desenvolvidos, fazendo com que os alunos consigam fazer uma leitura mais ampliada da realidade, nas diversas situações sociocientíficas, tecnológicas e históricas (SOLINO, SASSERON, 2018; CARVALHO, 2013). Segundo Carvalho (2013, p 13),

[...] as contextualizações em atividades podem ser feitas por perguntas muito simples, como “No seu dia a dia, onde vocês podem verificar esse fenômeno?”, levando aos alunos a imaginarem o fenômeno estudado em sala de aula em suas realidades.

Segundo a mesma autora, quando se trata de problemas mais complexos, se faz necessário a utilização de materiais complementares, por exemplo, textos, para a contextualização dos problemas. Como na sequência existem níveis de complexidade e abstração diferentes, utilizamos de matérias complementares, a fim de deixá-las mais contextualizadas.

O problema em uma atividade investigativa segundo Carvalho (2013), deverá ser, de fácil manuseio e a sua resolução deve ocorrer sem que haja uma exaustão, por parte dos alunos, seja devido à complexidade da pergunta ou por falta de meios para investigar.

Levando em consideração o resultado do formulário de análise, avaliação, validação de SEI e a discussão das características fundamentais de uma situação-problema, para se construir uma atividade de cunho investigativo, foram feitas alterações nos problemas, visando a uma melhoria significativa da sequência de ensino investigativo.

Quadro 10: Mudanças realizadas nas situações-problemas

Quadro comparativo das mudanças realizadas nas situações-problemas		
Atividade	<i>Situação-problema, antes do processo de análise, avaliação e validação de SEI</i>	<i>Situação-problema depois do processo de análise, avaliação e validação da SEI</i>
Atividade das órbitas dos satélites	Por que os satélites como a lua, os artificiais e outros não caem sobre a superfície da Terra?	Os satélites são corpos que orbitam um planeta ou outros corpos maiores e podem ser naturais, como, por exemplo, a Lua ou artificiais, construídos pelo homem e colocados em órbita para determinadas utilidades. Você já parou para pensar, como isso é possível? Qual a importância dos satélites para a humanidade? Como os satélites conseguem se manter em órbita? Por que eles não caem? Por que eles não vão para o espaço?
Atividade de velocidade de escape	Você, provavelmente, já jogou algo para cima e observou que, após um determinado tempo, ele retornou. Seria possível lançar um objeto de forma que ele não retorne para a Terra?	Você, provavelmente, já jogou algo para cima e observou que, após um determinado tempo, ele retornou. Será que tudo que é lançado para cima retorna à superfície da Terra? O que poderia ser feito para que um objeto não retorne, após ser lançado? Caso

		seja possível qual a sua aplicabilidade?
Atividade dos buracos negros	Sabe-se que para um objeto sair da atmosfera de um corpo celeste, ele precisa atingir uma velocidade de escape mínima, capaz de vencer a força gravitacional do mesmo. Existe no universo algo capaz de aprisionar tudo?	Sabe-se que para um objeto sair da atmosfera de um corpo celeste, ele precisa atingir uma velocidade de escape mínima, capaz de vencer a força gravitacional do mesmo. Será que existe algum corpo celeste cuja velocidade de escape seja maior que a velocidade limite existente, a velocidade da luz? Caso exista, o que acontece com toda a matéria existente nesses corpos? Pode-se estabelecer algum tipo de contato com a matéria existente dentro dele? O que aconteceria se o homem se aproximasse desses objetos?
Atividade de raio de Schwarzschild	Se o Sol se tornar um buraco negro, o que aconteceria com a órbita e a vida do planeta Terra?	Se o Sol se tornar um buraco negro, o que aconteceria com a órbita e a vida do planeta Terra?

Atividade da espaguetificação	Imagine que, observada por seus colegas na espaçonave, uma astronauta começa uma jornada, rumo ao encontro de um buraco negro. A espaçonave está a uma distância segura, fora da última órbita estável. Cientes de que o espaço e tempo, supostamente, são afetados pelos buracos negros, os integrantes monitoram o relógio de pulso da corajosa astronauta e também observam a luz que vem dela. Nos primeiros minutos da viagem rumo ao buraco negro, nada parece fora do normal, seu relógio de pulso – que os membros da espaçonave veem, através de um telescópio – continua a marcar o tempo igual ao do relógio, no painel de controle. Nesse momento ela começa a se aproximar do horizonte de evento do buraco negro. O que acontecerá com a astronauta quando ela ultrapassar esse limite?	Imagine que, observada por seus colegas na espaçonave, uma astronauta começa uma jornada, rumo ao encontro de um buraco negro. O que acontecerá com a astronauta quando ela ultrapassar o horizonte do evento? Será que há possibilidade de existir vida dentro de um buraco negro?
-------------------------------	---	---

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com as modificações dos problemas embasadas nas reflexões e sugestões dos participantes, potencializamos a característica investigativas das atividades, visto que, é a parti do problema apresentado aos estudantes que pode se estabelecer um ambiente investigativo, motivando-os a embarcarmos na resolução da problemática apresentada.

A terceira categoria avaliou os conteúdos e conceitos, analisando se os objetivos estabelecem as intenções educativas as quais são propostas pelo ensino (C1), se há a diferenciação de cada conceito de aprendizagem que permite identificar, com maior precisão, as intenções educativas (C2) e se o tema, fenômenos e conceitos fornecem elementos para a discussão do fenômeno proposto, segundo o tema de ensino (C3).

Quadro 11: Análise dos dados que avaliam os conteúdos e conceitos.

Conteúdos e conceitos		
Parâmetro	Análise	Evidência
C1	A grande maioria concorda, totalmente, que os objetivos são claros e informados, possuindo vínculo com as situações-problema.	Todos os professores assinalaram concordo ou concordo totalmente ao avaliarem esse parâmetro.

C2	As atividades e conceitos viabilizam o desenvolvimento dos conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais, ao longo da sequência.
C3	Os professores participantes concordam que os conceitos são pertinentes para o estudo do tema.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A quarta categoria analisou as características da abordagem de ensino em cinco parâmetros: o ambiente democrático (D1), envolvimento intelectual do aluno (D2), interação social (D3), aplicação e avaliação de teoria (D4) e sistematização (D5), que segundo de Sá (2007); Coelho (2020); Silva Júnior e Coelho (2020); Carvalho (2018) são características importantes para viabilizar o processo de investigação.

Quadro 12: Análise dos dados que avaliam as características da abordagem de ensino.

Características da abordagem de ensino		
Parâmetro	Análise	Evidência
D1	Os professores participantes apontaram a complexidade do tema.	<i>...acho que o ambiente democrático depende da mediação do professor, é claro né, se ele permite que o ambiente seja democrático, valorizando as falas e promovendo aquele ambiente adequado né, para os alunos discutirem e participarem. Mas também, depende do tema que está sendo discutido. Às vezes o tema é tão complexo que mesmo que os alunos se sintam à vontade para participarem, às vezes eles não sabem nem fazer alguma pergunta sobre o que está sendo feito, de tão complexo é o tema.. (João-roda de conversa).</i>

D2	Os professores participantes consideram que as atividades atendem essa característica, porém articulado ao parâmetro do ambiente democrático, as interações discursivas são potencializadas quando os alunos participantes se sentem à vontade para argumentar, questionar e se posicionarem. Para que isso aconteça, os meios de investigação serão uma ferramenta importantíssima.	Todos os professores assinalaram concordo ou concordo totalmente ao avaliarem esse parâmetro.
D3	Houve uma concordância entre os professores, afirmando que as atividades visam a um ambiente de interação social, mas foi identificado que uma melhoria na contextualização seria necessária para que essa interação fosse potencializada	
D4	No parâmetro em que se analisa a aplicação e avaliação de teorias científicas não houve discordâncias, em relação a essa característica fundamental do processo de apropriação de teorias científicas, no processo de aprendizagem no ensino por investigação.	
D5	Os professores participantes estão de acordo que as atividades foram pensadas e construídas com o intuito de viabilizar a etapa de sistematização.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para se estabelecer um ambiente democrático, é necessário que os alunos sejam encorajados a assumirem uma postura mais ativa em sala de aula. A dificuldade e complexidade do tema proposto e trabalhado, pode comprometer esse cenário, já que os alunos, não terão bagagem de conhecimento para engajarem em um debate e levantaram questões pertinentes aos tópicos trabalhados. Uma maneira de viabilizar esse ambiente seriam os meios de investigação. Compartilhados com os alunos que teriam condições de assumir uma postura mais ativa e questionadora, possibilitando a ampliação da autonomia intelectual dos estudantes almejados na abordagem.

Esses meios mediacionais possibilitam e auxiliam a contextualização e contribuem no processo de resolução de problemas, como um material mediacional da investigação estabelecida. O uso desses materiais é extremamente importante, segundo Barcellos e Coelho (2019), principalmente, quando se trata de um tema com um grau alto de abstração.

Na quinta categoria, procurou-se analisar o processo de avaliação das atividades da SEI, em três parâmetros: os métodos de avaliação (E1), se há avaliação integradora (E2) e o retorno de avaliação (E3).

Quadro 13: Análise dos dados que avaliam o processo de avaliação.

Avaliação		
Parâmetro	Análise	Evidência
E1	Os professores participantes concordam que o método de avaliação está de acordo com a abordagem de ensino.	<i>Como dito no texto, a avaliação precisa ser adequada à perspectiva proposta nas atividades. Portanto, o envolvimento com a solução, as hipóteses, a apropriação do discurso, as produções textuais e a socialização das ideias nas discussões são características do processo de aprendizagem. Repensar as formas de avaliar essas interações é parte fundamental da perspectiva. Pelo que compreendi da sua proposta, me parece que tudo isso está sendo levado em consideração, o que é muito bacana. (Ana-roda de conversa)</i>
E2	Os professores participantes concordam que há avaliação integradora.	
E3	Os professores participantes concordam que existe retorno das avaliações.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao se pensar e construir uma SEI, o professor precisa assumir uma nova postura. Com a introdução de novas práticas de ensino em sala de aula reverbera, também, é necessário repassar o processo de avaliação. Segundo Carvalho (2013), essa avaliação deve ser de caráter formativo, visando avaliar se, realmente, houve a aprendizagem dos alunos.

Análise por parte dos alunos

Os critérios analisados, foram se o tema é original e interessante, se as atividades são claras e compreensivas, possuindo todas as informações necessárias para realizá-las e se o método de avaliação é informado antes das atividades e está de acordo com a abordagem trabalhada. Para cada parâmetro deveriam atribuir um valor de suficiência, sendo: (Discordo totalmente): No caso onde o parâmetro analisado, o material não alcance na visão do avaliador um valor de suficiência; (Discordo): No caso onde o parâmetro analisado, o material alcance na visão do avaliador um valor de suficiência baixo; (Indiferente): No caso onde o avaliador do material não alcance na visão do avaliador nenhum valor de suficiência nos parâmetros analisados; (Concordo): No caso onde o parâmetro analisado, o material alcance na visão do avaliador um valor de suficiência alto; (Concordo totalmente): No caso onde o parâmetro analisado, o material alcance na visão do avaliador um valor de suficiência máximo. Para preservar a identidade dos alunos colaboradores, para cada comentário utilizado, usamos nomes fictícios, sendo eles, Danilo, Gabriel e Manuela.

Quadro 14: Análise dos dados da avaliação realizadas pelos alunos.

Análise por parte dos alunos		
Parâmetro	Análise	Evidência
Tema	Os alunos participantes concordam que os temas trabalhados nas atividades são originais e interessantes	<i>O tema em si é bem interessante e acaba despertando curiosidade em todos, até mesmo naqueles que não se identificam muito, pois podem acabar por aprender, através desse tema com o envolvimento certo a ser realizado. (Danilo – Comentário no instrumento)</i>
Clareza e compreensão	Os alunos participantes avaliaram que atividades possuem redações claras e compreensivas	<i>Sim. As explicações sempre são claras, dá para resolver os exercícios tranquilamente. (Gabriel – Comentário no instrumento)</i>
Método de avaliação	Os alunos participantes concordam que o processo de avaliação atende a essas características.	<i>Concordo totalmente. Sendo assim, os alunos se preparam com mais facilidade, já sabem como vai ser o método de avaliação, e se programam melhor. (Manuela – Comentário no instrumento)</i>

Fonte: Elaborado pelos autores.

No parâmetro que analisa o tema, os alunos concordam que o mesmo é interessante e que despertaram neles a curiosidade, como mostra o comentário do aluno Danilo.

Segundo Osterman e Moreira (2000), o interesse pelo tema desenvolvido nas atividades, pode ser um aliado para a motivação da turma, possibilitando o professor estabelecer um ambiente de diálogo e participação ativa dos alunos, no processo de aprendizagem, com uma postura questionadora, fomentando a argumentação e contra argumentação, a fim de engajá-los em práticas típicas do processo de construção do conhecimento científico escolar.

Outro ponto importante para a realização e engajamento da atividade proposta é o entendimento do que é para ser realizado, para isso é necessário informações claras e compreensivas, possibilitando ao aluno compreensão plena das etapas a serem executadas. Segundo o aluno Gabriel, as atividades propostas na sequência possuem clareza e promovem a compreensão para a sua realização.

A avaliação faz parte do cotidiano da escola, gerando muita preocupação, por parte dos alunos. Informar o método de avaliação, no início da atividade, é conscientizar os alunos do processo avaliativo ao qual estão inseridos, oportunizando-os a se prepararem para os mesmos. O comentário da aluna Manuela, traz essa reflexão e expressa de forma clara, o como é importante os alunos antes da realização da atividade, se apropriarem do método de avaliação que serão submetidos.

Como resultado do processo de análise, avaliação e validação, aprimoramos e modificamos a sequência embasados nos resultados obtidos pela participação dos professores e alunos e chegamos na estrutura apresentada a seguir.

Quadro 15: Sequência de ensino por investigação - UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: DAS TEORIAS DE GRAVITAÇÃO AOS BURACOS NEGROS.

Sequência de ensino investigativo			
1ª atividade	Levantamento de conhecimento prévio	Modelo planetário	2 aulas
Resumo: Essa atividade introdutória é para que o conhecimento prévio dos alunos seja acessado, podendo-se introduzir, dessa forma, conceitos iniciais sobre a movimentação dos planetas e suas órbitas. A atividade foi dividida em dois momentos, o primeiro momento realizado, na primeira aula, em que os alunos deverão construir um modelo planetário e o segundo momento (debate e sistematização) será, na segunda aula, em que todos os alunos e o professor, através de um debate, sistematizam o conteúdo.			
2ª atividade	Atividade investigativa	A órbita dos satélites	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <i>Os satélites são corpos que orbitam um planeta ou outros corpos maiores e podem ser naturais, como, por exemplo, a Lua ou artificiais, construídos pelo homem e colocados em órbita para determinadas utilidades. Você já parou para pensar, como isso é possível? Qual a importância dos satélites para a humanidade? Como os satélites conseguem se manter em órbita? Por que eles não caem? Por que eles não vão para o espaço?</i> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
3ª atividade	Atividade investigativa	Velocidade de escape	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <i>Você, provavelmente, já jogou algo para cima e observou que, após um determinado tempo, ele retornou. Será que tudo que é lançado para cima retorna à superfície da Terra? O que poderia ser feito para que um objeto não retorne, após ser lançado? Caso seja possível qual a sua aplicabilidade?</i> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
4ª atividade	Atividade Histórica-investigativa	Linha do tempo	3 aulas
Esta atividade histórica-investigativa será dividida em dois momentos, o primeiro momento é a construção de uma linha do tempo do desenvolvimento do conceito da Gravidade e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
5ª atividade	Demonstração experimental	Cama elástica	2 aulas
A atividade de demonstração experimental investigativa será desenvolvida em dois momentos, a demonstração e desenvolvimento do experimento e a sistematização dos conceitos			
6ª atividade	Atividade investigativa	Buraco negro	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <i>Sabe-se que para um objeto sair da atmosfera de um corpo celeste, ele precisa atingir uma velocidade de escape mínima, capaz de vencer a força gravitacional do mesmo. Será que existe algum corpo celeste cuja velocidade de escape seja maior que a velocidade limite existente, a velocidade da luz? Caso exista, o que acontece com toda a matéria existente nesses corpos? Pode-se estabelecer algum tipo de contato com a matéria existente dentro dele? O que aconteceria se o</i>			

<i>homem se aproximasse desses objetos?</i> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
7ª atividade	Atividade investigativa	Raio de Schwarzschild	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <i>Se o Sol se tornar um buraco negro, o que aconteceria com a órbita e a vida do planeta Terra?</i> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			
8ª atividade	Atividade investigativa	Espaguetificação da astronauta"	1 aula
Esta atividade investigativa, com questão aberta, será dividida em dois momentos. O primeiro momento é a realização da atividade, que consiste na resolução da situação problema: <i>Imagine que, observada por seus colegas na espaçonave, uma astronauta começa uma jornada, rumo ao encontro de um buraco negro. O que acontecerá com a astronauta quando ela ultrapassar o horizonte do evento? Será que há possibilidade de existir vida dentro de um buraco negro?</i> e o segundo momento é a sistematização dos conceitos.			

Fonte: Elaborado pelos autores.

As principais modificações foram realizadas nas situações-problemas, onde buscamos através das reflexões e diálogo estabelecidos nos momentos de avaliação, potencializar as problemáticas para o estabelecimento de uma situação sujeita à investigação. A primeira atividade passou a ser uma atividade de concepções iniciais, sem característica investigativa, mas que promove a participação, diálogo e um trabalho colaborativo entre os alunos. A quarta atividade, deixou de ser uma aula expositiva e ser tornou uma atividade histórica-investigativa, possibilitando uma maior participação do aluno no processo de construção do conhecimento e a quinta atividade concluiu-se que seria somente uma demonstração experimental, mas que favorece o diálogo e a participação de forma ativa dos alunos.

Ao modificar e melhorar a sequência anteriormente submetida, potencializamos a característica investigativa das atividades que compõem a sequência, viabilizando sua aplicação em sala de aula e aproximando mais da abordagem de ensino por investigação, dando condições ao professor de estabelecer um ambiente de investigação em sua alua, contribuindo para uma melhor aprendizagem do conteúdo abordado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta sequência de ensino investigativa tem como foco o ensino da gravitação perpassando pelos modelos explicativo, construídos, durante a Física Clássica e a Física Moderna e Contemporânea, ancora-se, nos referenciais que defendem a importância da introdução da FMC, no ensino básico e na mudança da didática no ensino de ciência. Todas as atividades da sequência foram elaboradas para que no processo de ensino e na construção do conhecimento haja uma valorização da participação do aluno, possibilitando uma liberdade intelectual, permitindo-os desenvolver habilidades importantes para sua formação como cidadão contemporâneo.

Durante o processo de análise da avaliação dos professores e estudantes, as atividades foram sendo ressignificadas, apoiadas as experiências vivenciadas pelos professores participantes, que ao analisarem e avaliarem as atividades, contribuíram com seus apontamentos e sugestões de aprimoramento, mudanças e correções. Essas experiências compartilhadas possibilitaram a reelaboração da sequência com uma maior potencialidade de estabelecer um processo de investigação

nas aulas. Fundamentado na análise dos dados coletados que processo de validação possibilitou, reelaboração das situações-problemas, adaptação do tempo de cada atividade e a inserção dos materiais de apoio à investigação.

Os alunos tiveram um papel muito importante, principalmente, para que se compreendesse a relevância do tema proposto. Sabemos que ao trabalhar um tema que desperta o interesse dos alunos, resulta diretamente na motivação em participar do processo de aprendizagem, tornando o momento da realização das atividades mais agradável e proveitoso.

A atividade preparada para uma determinada turma, talvez não será aplicável para outra, sendo sempre necessária a adaptação e reelaboração das atividades. Uma sequência de ensino, certamente, precisará se adaptar e passar por modificações diariamente segundo o contexto e realidade da turma a ser trabalhada.

Esse processo de elaboração, validação e reelaboração da SEI, permitiu potencializar, através do conhecimento compartilhado, o material construindo, a fim de atender o que nele se objetiva. O processo de validação de uma SEI permite ao professor elaborador das atividades, minimizar as variáveis, podendo, dessa forma, minimizar os fatores que contribuem para que o planejamento não aconteça da forma esperada.

Devido a pandemia causada pela COVID-19, a aplicação da sequência didática se tornou inviável, fazendo com repensarmos a forma de validação utilizada sendo possível somente a análise do material pelos professores e alunos, aprimorando o material para uma futura aplicação da SEI em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo, M.C.P.S. (2006) Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo. Thomson.

Barcellos, L. S.; Coelho, G. R. (2017). Elaboração de uma sequência didática investigativa para abordagem do tema interação radiação-corpo humano nas séries finais do ensino fundamental. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos. Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física.

Barcellos, L. S.; Coelho, G. R. (2019). Uma Análise das Interações Discursivas em uma Sala de Aula Investigativa de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental sobre Medidas Protetivas contra a Exposição ao Sol. Investigações em Ensino de Ciências (Online). Acesso em 10 jun. ,2021, <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1235/pdf>.

Bodevan, J.A.S. (2020). O processo de construção de conceitos e o desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas em uma sequência, Mestrado Profissional em Ensino de Física. Universidade Federal do Espírito Santo - Vitória, E.S., 2021. Disponível em: <https://ensinodefisica.ufes.br>. Acesso em 31 de março de 2020.

Braga, A. S.; Killner, G. I.; Araújo, F. G. (2017). As aulas de física: o uso de simuladores computacionais como recurso didático antes ou depois?. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos. Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física.

Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A.M.P. Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. (pp. 1-20). São Paulo: Cengage Learning.

Coelho, G. R.; Ambròzio, R.M. (2019). O Ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: Uma experiência da Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. Caderno brasileiro de ensino de física. Acesso em 15 Ago. ,2021 <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2019v36n2p490/40738>

Guimarães, Y.; Giordan, M. (2013). Elementos para Validação de Sequências Didáticas. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013, Águas de Lindóia. Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. São Paulo: ABRAPEC.

Horvath, J. E.; Custódio, P. (2013). Os buracos negros na ciência atual: um brevíssimo manual introdutório. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física.

Jerzewski, V. B. (2015). Partículas elementares e interações: uma proposta de mergulho no ensino e aprendizagem através de uma sequência didática interativa. Dissertação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande, R.S., 2015. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/8563>. Acesso em 29 de março de 2020.

João, H. A. (2016). Proposta de uma oficina integradora entre o uso de tic e demonstração experimental aos professores de ensino médio de física. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física. Universidade Federal de São Carlos, SP, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br>. Acesso em 09 de abril de 2019.

Matsas, G. E. A.; Vanzella, D. A. T. (2008). Buracos Negros. Rio de Janeiro: Vieira e Lent.

Ostermann, F.; Moreira, M. A. (2021) . Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Investigações em Ensino de Ciências (Online), Porto Alegre. Acesso em 15 Ago. ,2021, <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>.

Roldi, K. O. (2019). Potencial pedagógico do espaço de educação não formal parque da manteigueira (vila velha-es): uma proposta de sequência didática com abordagem sociocultural. Dissertação de Mestrado, Ciências Exatas e da Terra, IFES, Vila Velha- ES, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br>. Acesso em 31 de março de 2019.

Sá, E. F.; Paula, H. F.; Lima, M. E. C. C. ; Aguiar, O. G. (2017). As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. In: VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. Atas do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

Silva, J.M.; Coelho, G. R. (2020). O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Caderno brasileiro de ensino de física. Acesso em 15 Jul. ,2021, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n1p51/42890>

Solino, A. P.; Sasseron, L. H. (2018). Investigando a significação de problemas em Sequências de Ensino Investigativa. Investigações em ensino de ciências (online). Acesso em 01 Mai. ,2021, <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/995/pdf>.

Terrazzan, E. A. (1922). A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de segundo grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, SC, Brasil. Acesso em 05 Mai. ,202, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7392/6785>.