

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação – FaE
Centro De Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG
Especialização em Educação em Ciências

David Souza Lage

**A DISTORÇÃO TEMPORAL NO TOPO DA SERRA DO CARAÇA: Um convite ao
fascínio pela relatividade geral**

Belo Horizonte

2022

David Souza Lage

A DISTORÇÃO TEMPORAL NO TOPO DA SERRA DO CARAÇA: Um convite ao fascínio pela relatividade geral

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Educação em Ciências.

Orientador(a): Luis Gustavo D'Carlos Barbosa

Belo Horizonte

2022

L174d
TCC

Lage, David Souza, 1996-
A distorção temporal no topo da Serra do Caraça [manuscrito] : um convite
ao fascínio pela relatividade geral / David Souza Lage. -- Belo Horizonte, 2022.
26 f. : enc, il., color.

Monografia -- (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais,
Faculdade de Educação.

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Educação da
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título
de Especialista em Educação em Ciências.

Orientador: Luis Gustavo D'Carlos Barbosa.

Bibliografia: f. 24-25.

Anexos: f. 25-26.

1. Educação. 2. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio). 3. Física -- Estudo
e ensino (Ensino médio) -- Meios auxiliares. 4. Física -- Estudo e ensino (Ensino
médio) -- Métodos de ensino. 5. Motivação na educação. 6. Relatividade (Física) --
Estudo e ensino (Ensino médio). 7. Caraça, Serra do (MG).

I. Título. II. Barbosa, Luis Gustavo D'Carlos, 1982-. III. Universidade Federal
de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 530.11

Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação
Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - CECI

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: A DISTRORÇÃO TEMPORAL NO TOPO DA SERRA DO CARAÇA: Um convite ao fascínio pela relatividade geral.

Nome do Aluno: David Souza Lage.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências - CECI, como requisito para obtenção do grau de Especialista em Educação em Ciências.

Aprovada em 25 de março de 2023, pela banca constituída pelo membros:

Prof. Luis Gustavo D`Carlos Barbosa - Orientador / UFMG

Prof. Rafael Parreira Silva - Leitor Critico / UFMG

Belo Horizonte, 25 de março de 2023.

Profª. Drª. Nilma Soares da Silva
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação CECI / FAE / UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Nilma Soares da Silva, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 26/04/2023, às 18:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2253177** e o código CRC **737AFEE3**.

"Daqui em diante, o espaço por si só, e o tempo por si só, estão condenados a desvanecer-se como sombras e somente uma espécie de união entre os dois preservará a independência."

(MINKOWSKI, 1908)

Resumo

O presente artigo tem como objetivo analisar como o interesse pode ser desenvolvido nos alunos ao discutir-se assuntos da Física moderna e contemporânea, em particular a relatividade geral, em sala de aula. Como ferramentas paradidáticas, foi utilizado um trecho do filme *Interestelar* (2011) e uma narrativa envolvendo uma versão adaptada do paradoxo dos gêmeos no contexto da Serra do Caraça, com o intuito de criar um ambiente propício ao uso da imaginação e, conseqüentemente, à aprendizagem significativa. A representação do tecido do espaço-tempo por meio do experimento da cama elástica e o cálculo da distorção temporal no alto da Serra proporcionaram contexto e elementos de realidade para os alunos. A análise dos dados, obtidos por meio de questionários, áudios gravados nas aulas e produções artísticas dos alunos, sustenta a hipótese de que é possível despertar o interesse dos alunos por temas de Física.

Palavras-chave: Interesse. Física. Relatividade. Serra do Caraça.

Abstract

This article aims to analyze how interest can be developed in students when discussing issues of modern and contemporary physics, in particular general relativity, in the classroom. As paradidactic tools, an excerpt from the film *Interstellar* (2011) and a narrative involving an adapted version of the twin paradox in the context of Serra do Caraça were used, in order to create an environment inspired by the use of imagination and, consequently, learning. significant. The representation of the fabric of space-time through the trampoline experiment and the calculation of temporal distraction at the top of Serra provide context and elements of reality for students. The analysis of the data, obtained through apprentices, audios recorded in the classes and artistic productions of the students, supports the hypothesis that it is possible to arouse the students' interest in Physics themes.

Keywords: Interest. Physical. Relativity. Serra do Caraça.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	9
2.1 INTERESSE, AUTOEFICÁCIA E AUTORREGULAÇÃO	9
2.2 TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA.....	12
3 METODOLOGIA	13
3.1. O CONTEXTO DA PESQUISA	13
3.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA DESENVOLVIDA.....	15
3.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO COMO METODOLOGIA	17
3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 DISCUSSÕES NAS AULAS	18
4.2 PRODUÇÕES ARTÍSTICAS	21
4.3 QUESTIONÁRIO	25
5 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32
ANEXO A: QUESTIONÁRIO	33

1 INTRODUÇÃO

Há um crescente interesse do público em geral pelos assuntos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), como demonstrado pela sua inclusão em filmes, séries, vídeos e programas de podcasts. Com jovens e adolescentes como principais espectadores, esse tipo de divulgação científica é uma alternativa à abordagem pragmática de ensino abordada nas escolas. No entanto, é importante tomar cuidado com a disseminação de conteúdos pelos meios citados acima que, pela falta de rigor científico, podem levar a interpretações equivocadas e culminar em uma desinformação do público.

Como destacam Giacomelli, Perez e Rosa (2021) a inclusão de tópicos da FMC no currículo do Ensino Médio é uma questão que tem sido amplamente debatida, tendo ganhado maior ênfase no Brasil a partir da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) no final da década de 1990. O documento ressalta a importância de formar cidadãos atualizados e críticos, capazes de interagir de maneira esclarecida com o mundo ao seu redor.

A implementação do Novo Ensino Médio (NEM) trouxe consigo um desenvolvimento de novas diretrizes da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) que incluem o ensino de questões ligadas à exploração do universo e novas tecnologias que estão intimamente ligadas a assuntos da FMC. Porém, como discutido por Brockington e Pietrocola (2005) é compreensível a necessidade de adotar medidas cautelosas ao abordar a Física Moderna e Contemporânea (FMC) no contexto do Ensino Médio. Os desafios enfrentados decorrem não apenas da intrínseca complexidade desses temas, mas também da insegurança inerente a toda tentativa de modificar o ambiente escolar.

Tendo como objetivo geral conhecer de que modos os estudantes se engajam, interessam-se e aprendem sobre FMC, uma sequência didática foi elaborada com o intuito de levar algumas ideias abordadas na Teoria da Relatividade Geral para turmas do primeiro ano do Novo Ensino Médio (NEM). O tema foi abordado tendo como inspiração a teoria da Transposição Didática reformulada em um ambiente escolar por Chevallard (1991) ¹apud Brockington e Pietrocola (2005); Giacomelli, Perez e Rosa (2019) para uma abordagem mais conceitual. Foram empregados diferentes recursos didáticos, incluindo a exibição de um trecho do filme *Interestelar*, uma demonstração

¹ CHEVALLARD, Y. La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991

prática do tecido espaço-tempo usando uma cama elástica, além da utilização de slides e outros espaços da escola, além da sala de aula.

A proposta deste estudo é explorar como uma abordagem conceitual baseada em uma Transposição Didática pode despertar o interesse em temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC) em alunos desmotivados do ensino médio. Especificamente, a sequência didática desenvolvida neste estudo, que se concentra na Relatividade Geral, utiliza a Serra do Caraça como elemento de contextualização para gerar afetividade e, conseqüentemente, aumentar o interesse dos alunos. A análise dos resultados sugere que essa abordagem pode ser eficaz para engajar alunos desmotivados em temas desafiadores da Física.

A coleta de dados foi realizada por meio da utilização de questionários iniciais e finais, produções artísticas elaboradas pelos alunos, gravações de áudio das aulas e um diário do professor-pesquisador. A análise de conteúdo desses materiais seguiu as diretrizes metodológicas propostas por Moraes (1999). Esse processo analítico permitiu a compreensão e interpretação das informações coletadas, subsidiando a construção dos resultados apresentados neste estudo.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 INTERESSE, AUTOEFICÁCIA E AUTORREGULAÇÃO

O método de ensino tradicional tem como base a transmissão do conteúdo pelo professor para os alunos sendo que o papel dos alunos se restringe à produção de respostas corretas, no entanto, conforme apontado por Dewey (2018)² *apud* Moreira (2021), *“se todos os envolvidos na educação se dessem conta que a qualidade do processo mental, não a produção de respostas corretas, é a medida do crescimento educacional, algo como uma revolução no ensino aconteceria”* (op.cit, 2021).

Com frequência, o ensino de disciplinas da física em sala de aula apresenta dificuldades em despertar o interesse nos alunos, sendo esta característica, de acordo com Moreira (2021), tida como essencial para uma aprendizagem significativa. As

² Dewey, John (2018). Democracy and Education. Gorham, ME: Myers Education Press. 386p. First edition 1916.

sequências didáticas excessivamente expositivas, métodos de avaliação que se baseiam no positivismo, o engessamento de todo o processo educacional que perdura por décadas atrelados à modernização dos meios de propagação de informação contribuem para um crescimento no desinteresse por parte dos alunos para com os assuntos abordados em salas de aula.

Diante da modernização das tecnologias e o aumento no uso das redes sociais por adolescentes e crianças o aprendizado vem sendo prejudicado como podemos observar no estudo feito por Guerin, Priotto e Moura ao se referirem ao crescimento no uso de tecnologias pelos jovens e adolescentes: “No que se refere ao desenvolvimento cognitivo, os sujeitos poderão enfrentar vários problemas, como, incapacidade de se concentrar na escrita e na leitura e, falta de memória” (op. cit, 2018).

Conforme o desdobramento do processo educacional, observa-se uma tendência à diminuição do engajamento dos estudantes frente aos conteúdos expostos durante as aulas. Podemos reafirmar essa ideia no estudo feito por Roberto Cardoso e Pedro Lúcio Barboza (2006) ³apud Stofell et al. (2008):

“[...]o aluno geralmente não é interessado em ir às aulas, que suas atenções são voltadas para coisas muito mais atraentes que estão além dos portões das escolas. A escola não é atraente, ela não se assimila com o que há fora dela. Para o jovem, são muito mais interessantes os costumes e os conceitos transmitidos pelos meios de comunicação, absorvendo muito mais facilmente filmes e novelas da televisão do que as informações na sala de aula.” (Stofell et al. 2008, p.3)

Como já mencionado, a disposição cognitiva conhecida como "interesse" é uma qualidade fundamental que impulsiona a aprendizagem significativa. Ao analisarmos a etimologia da palavra "interesse" a partir de sua origem latina, constatamos que ela é composta pela junção dos termos "inter" que significa "entre" e "esse" que significa "ser" ou "estar". Em um ambiente escolar pode-se inferir que o interesse é que está

³ BARBOZA, Pedro Lucio; CARDOSO, Roberto. De quem é a responsabilidade pela falta de interesse dos alunos? [Ponto de vista]. In: Pátio: revista pedagógica. Porto Alegre Vol. 10, n. 39. 2006.

entre os alunos e uma aprendizagem significativa (Moreira, 2021).

Moreira (2021) apresenta os resultados de um estudo conduzido por Renninger, Nieswandt e Hidi (2015)⁴, no qual foram identificadas cinco características do interesse que são amplamente reconhecidas por pesquisadores que o investigam como uma variável pedagógica distinta:

“interesse sempre refere-se à interação com algum conteúdo particular (e.g., matemática, ciências, letras); interesse existe em uma relação particular entre o aprendiz e seu entorno; interesse tem tanto componentes afetivos como cognitivos; a influência de cada um varia dependendo do estágio de desenvolvimento do interesse; o aprendiz pode, ou não, estar consciente de que seu interesse foi despertado; interesse funciona como uma recompensa que leva o aprendiz a procurar novos recursos e desafios.”(Moreira, 2021, p.3)

Estas características serão discutidas mais a fundo com base nos dados coletados e na interpretação do professor pesquisador.

A autorregulação, como destacado por Moreira (2021), descreve o processo pelo qual os alunos direcionam sua atenção, emoções e comportamentos para atingir objetivos de aprendizagem. Este processo compreende três etapas: auto-observação, autoavaliação e autorregulação. A auto-observação implica em prestar atenção ao próprio comportamento. A autoavaliação envolve a comparação do desempenho atual com as metas individuais. Por fim, a autorregulação implica em responder cognitiva, afetiva e comportamentalmente ao próprio autojulgamento.

Dentro da teoria social cognitiva, existem pensamentos que afetam o funcionamento humano, e um dos mais importantes é a crença de autoeficácia. A autoeficácia se refere às crenças das pessoas sobre suas próprias capacidades para planejar e executar ações necessárias para alcançar um determinado desempenho. Em outras palavras, a autoeficácia é a percepção que um indivíduo tem de sua própria competência. Essas crenças são fundamentais para a motivação humana, o bem-

⁴ Renninger, K.A., Nieswandt, M., and Hidi, S. (Eds.) (2015). Interest in mathematics and science learning.

estar e o sucesso pessoal como elaborado por Bandura et al. (2008)⁵ apud Moreira (2021).

2.2 TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

É importante destacar que ao abordarmos assuntos da FMC para alunos do ensino médio não é viável apresentar todos os aspectos teóricos e técnicos de como a teoria foi fundamentada pelos cientistas e pesquisadores. Para isso foi usada a Transposição Didática (TD) que como destaca Giacomelli:

“O aspecto central da teoria da TD parte da identificação de que a forma como os conteúdos são abordados em sala de aula, no geral, diferencia-se da forma como eles se apresentam em sua formulação original pelos cientistas” (Giacomelli et al. 2021, p.3)

Dado o contexto escolar, a realidade dos alunos a sequência didática foi elaborada com base na teoria da transposição didática, como enunciado por Giacomelli durante o processo de TD do conhecimento entre o professor (conhecimento sábio) e o aluno (conhecimento a ensinar), ocorre uma reestruturação cognitiva que resulta na transformação do conhecimento original em uma nova estrutura ordenada e logicamente sequenciada, com uma nova perspectiva epistemológica, desvinculada do contexto original em que foi concebido (Giacomelli, 2021).

No processo de reestruturação do conhecimento o professor é o principal ator. Este deve desempenhar a tarefa de transposição didática de acordo com as particularidades e circunstâncias da instituição de ensino em que está inserido. (Giacomelli, 2021)

Nas regras para a TD destacadas por Giacomelli consta que o que é ensinado nas escolas (conhecimento a ensinar) deve sempre se aproximar dos avanços científicos (conhecimento sábio) e tecnológicos da contemporaneidade, mas isso deve ser feito de forma que os novos conhecimentos estejam articulados com os antigos.

⁵ Bandura, A., Azzi, R.G, Polydoro, S. (2008). Teoria Social Cognitiva: conceitos básicos. Porto Alegre: Artmed. 176p.

Além disso, o processo de adequação do conhecimento científico para a sala de aula deve almejar a sua compreensibilidade pelos alunos.

3 METODOLOGIA

3.1. O CONTEXTO DA PESQUISA

Foi aplicada uma sequência didática acerca de tópicos da relatividade geral para turmas do primeiro ano do novo ensino médio na cidade de Catas Altas, situada a cerca de 100 km de Belo Horizonte e com uma população com pouco mais de 5 mil habitantes. A cidade está localizada aos pés da Serra do Caraça, sendo parte do trajeto da estrada real, e apresenta um conjunto paisagístico composto por serras, nascentes, cachoeiras e lagoas, que impressionam qualquer um à primeira vista ou, como descrito por Burton (1976)⁶ *apud* Salgado (2017):

É um espetáculo espantoso, aquele “Carão”, uma enorme massa de ferro, elevando-se a vários milhares de metros acima das altas chapadas. Suas feições grotescamente riscadas e marcadas com faixas de quartzo largas e estreitas, traçadas sobre o escuro itacolomito, e, em certos lugares há traços verticais da jacutinga negra-azulada, marcando a penetrante crosta de ardósia micácea. Burton (1976, p. 263)

A região da Serra do Caraça conta também com uma fauna diversificada que inclui animais como o lobo guará e onça parda. Ademais, Catas Altas já foi considerada a capital nacional dos esportes de montanha, com atividades turísticas como trilhas ecológicas, escaladas e mountain bike. Fundada no final do século XVII, a cidade também possui um notável patrimônio cultural e arquitetônico, com várias igrejas barrocas, casarões coloniais, ruas de paralelepípedos preservados e sítios arqueológicos.

A cidade de Catas Altas, tal como muitas outras cidades em Minas Gerais, tem

⁶ BURTON, Richard. Viagem do Rio de Janeiro a Morro Velho. São Paulo: ed. Itatiaia, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1976.

sua história e progresso intimamente ligados à descoberta e exploração do ouro, que teve início nos primeiros anos do século XVIII. O nome da antiga povoação, Catas Altas do Mato Dentro, está diretamente associado à mineração, uma vez que a região onde se localiza a cidade era conhecida por ter ouro em profundas escavações no alto do morro. (IEPHA/MG, 1989c)⁷ *apud* Salgado (2017).

Atualmente existem algumas mineradoras que atuam na região onde ocorre uma luta entre os interesses de preservar as riquezas naturais e culturais e os interesses corporativos das mineradoras. Vale destacar que a área onde se localiza o Santuário da Caraça é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). No entanto, a parte da serra que se encontra no município de Catas Altas não está em uma zona de proteção, o que a torna vulnerável às investidas constantes das mineradoras em busca da extração de recursos naturais.

Em uma pesquisa realizada por Marina Salgado em 2015 com os moradores de Catas Altas com o objetivo de analisar o que consideram importante preservar na cidade foi contatado um número significativo de respostas voltadas para a preservação dos recursos naturais:

Primeiramente existe uma predominância dos elementos da natureza - representando 40% das citações - tais como cachoeiras, jardins, Serra, árvores, água, nascentes, meio ambiente, natureza em si e a própria questão ambiental foi citada como aspectos importantes a serem preservados. (Salgado, 2017, p. 233)

Na pesquisa, em segundo lugar, 27% responderam que acham importante preservar o patrimônio cultural da cidade. Pode-se inferir que a população de Catas Altas possui um certo apreço com a Serra do Caraça. A questão paisagística foi utilizada para discutir um elemento da teoria da relatividade.

⁷ IEPHA/MG, Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais. Santa Bárbara / Distrito de Catas Altas do mato Dentro: Centro Histórico - Processo de avaliação para tombamento, 1989c. (PT056)

3.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA DESENVOLVIDA

Dado o contexto de atuação foi elaborada uma transposição didática de tópicos da teoria da relatividade geral trazendo elementos da própria realidade dos alunos. A sequência de ensino foi elaborada considerando o nível de entendimento de temas da física dos alunos e tendo como base teorias de interesse, autoeficácia e autorregulação já debatidos neste trabalho. O assunto foi introduzido através de um recorte de uma hora e vinte minutos do filme *Interestelar* (2014) como uma ferramenta paradidática em que a dilatação temporal é abordada. Após o filme houve um momento para tirar algumas dúvidas e delimitar o que é ciência e o que é liberdade artística no trecho do filme assistido. Em seguida a esse momento inicial uma revisão a respeito dos conceitos de espaço e tempo constantes foi elaborada considerando o que os alunos já haviam visto em sala de aula (mecânica de Newton). A ideia de que a matéria está entrelaçada com o tempo foi inserida para os alunos entenderem o conceito do tecido espaço-tempo. A concepção de que objetos supermassivos conseguem distorcer o que chamamos de tecido espaço-tempo foi apresentada e uma breve discussão foi feita com os alunos sobre o quadro *A Persistência da Memória* (Salvador Dalí, 1931) em torno dos conceitos da relatividade geral.

A aula introdutória foi gravada e a gravação foi utilizada para a complementação da aula seguinte. Inicialmente os alunos demonstraram dúvida a respeito do conceito de teoria, mostrando uma certa dificuldade em aceitar a distorção do espaço tempo. Este conceito foi revisado e parte dos cálculos foram apresentados para dar confiabilidade para os conceitos da teoria da relatividade geral. O experimento da Cama Elástica (um tecido de nylon esticado como uma cama elástica em que esferas são colocadas em sua superfície) foi demonstrado para visualização da distorção espacial causada por objetos supermassivos em um tecido que simula o espaço tempo em duas dimensões. A partir daí, efeitos como a translação dos planetas causada pela deformação no espaço foram demonstrados para os alunos. Além disso a distorção temporal foi debatida com os alunos deixando claro que quanto mais próximo se estiver do objeto que causa a distorção, maior será a dilatação temporal. Essa atividade se mostrou eficaz para a compreensão do tema por parte

dos alunos, porém ela não consegue demonstrar como a distorção do tecido espaço-tempo seria em três dimensões espaciais. Para isso uma animação foi apresentada para os alunos demonstrando a deformação no espaço tridimensional.

Por fim, uma breve revisão do conteúdo da sequência didática foi feita com um aprofundamento em como a distorção temporal é calculada para distâncias menores que as distâncias estelares. Para isso foi apresentada uma versão adaptada do paradoxo dos gêmeos considerando apenas efeitos da distorção temporal causada por objetos supermassivos. A partir daí, um experimento mental foi proposto em que o professor e os alunos elaboraram uma história juntando elementos da teoria da relatividade geral com a Serra do Caraça. Uma pergunta inicial foi proposta indagando se, caso uma pessoa suba até o topo da serra (2080 metros) com um relógio super preciso, ao retornar para a base da serra ela iria perceber, através do relógio, alguma diferença no intervalo de tempo medido. Através da apresentação da solução de Schwarzschild das equações gerais da gravitação de Einstein, retiradas do livro *Gravitation and Spacetime* (Ohanian, 2013), foi demonstrado para os alunos a distorção temporal experimentada em altitudes elevadas. A variação temporal estimada para o topo da serra apresentou uma dilatação temporal em uma escala de grandeza de nanossegundos para um intervalo de cem anos decorrente de efeitos relativísticos. Embora não seja perceptível aos sentidos humanos, a mera existência dessa distorção temporal é de grande impacto e relevância científica e tecnológica. Para finalizar a sequência o professor apresentou como que satélites de geolocalização fazem a correção relativística para um cálculo mais preciso da localização e, que em altitudes como a da Serra, a distorção temporal causada pelo distanciamento do centro do planeta Terra deve ser levada em consideração para uma medição mais precisa, neste momento foi dado o exemplo dos escaladores que utilizam o sistema de geolocalização para se orientarem na Serra. Ao final foi proposta uma atividade em que os alunos deveriam fazer uma representação artística (desenhos, poemas, aldravias⁸, etc) a respeito do tema trabalhado na sequência

⁸ Poema composto de até seis versos univoculares, com sintaxe paratática (por coordenação), livre de amarras que venham a implicar na limitação de interpretações.

didática.

Em toda a sequência didática os alunos foram levados para outros locais, que não a sala de aula, para proporcionar um ambiente que favoreça um diálogo entre os próprios alunos e entre os alunos e o professor. A sala de vídeo, bem como a biblioteca se mostraram ambientes propícios para a proposta didática.

3.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO COMO METODOLOGIA

A análise de conteúdo realizada nesta pesquisa qualitativa foi embasada nas concepções de Moraes (1999), segundo as quais os dados coletados são submetidos a uma sequência de procedimentos metodológicos, tais como preparação, unitarização, categorização, descrição e interpretação, visando à sua utilização no trabalho em questão.

Vale ressaltar que de certa forma, a análise de conteúdo implica em uma interpretação subjetiva por parte do pesquisador acerca da sua percepção dos dados, não sendo possível uma leitura totalmente objetiva e neutra. E, além disso, como destacado por Moraes:

“Esta questão de múltiplos significados de uma mensagem e das múltiplas possibilidades de análise que possibilita está muito intimamente relacionada ao contexto em que a comunicação se verifica.” (Moraes, 1999, p. 10)

Sendo assim, mais uma vez, o contexto se mostra de suma importância para uma pesquisa como esta.

Com as teorias de interesse, autoeficácia e autorregulação no horizonte, foi feita uma análise indutiva-constructiva em que os dados são o ponto de partida e as categorias e teorias emergem dos mesmos ou, como destacado por Moraes: “Nesta abordagem as categorias são construídas ao longo do processo da análise. As categorias são resultantes de um processo de sistematização progressivo e analógico.” (MORAES, 1999, p.10)

3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Questionários inicial e final foram passados para turma para medir o nível de interesse, e aprendizado dos alunos. Os áudios das aulas foram gravados para uma análise de conteúdo posterior. Diários de aula feitos pelo professor também fazem parte dos dados colhidos. Ao todo foram um total de cinco aulas dentro das disciplinas de Física e Ciência da Natureza e suas Tecnologias ministradas pelo professor pesquisador.

O questionário que foi aplicado antes e depois da sequência didática é composto por onze questões elaboradas com o objetivo de medir o nível de conhecimento a respeito do tema e também o nível de interesse dos alunos. O professor pesquisador deixou claro para os alunos que os questionários não seriam avaliados. Esta atitude foi tomada para evitar qualquer resposta enviesada pelo interesse na pontuação e não pelo conteúdo proposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DISCUSSÕES NAS AULAS

Na primeira aula após o trecho do filme a turma se mostrou bastante agitada e, inicialmente o professor achou que seriam conversas paralelas ao tema da aula, demonstrando um desinteresse pelo tema, mas, após ouvir a gravação da aula inicial, o professor percebeu que na verdade os alunos debatiam o tema da própria aula como no exemplo retirado do diário de aula do professor pesquisador: “Apesar de uma aula com o início conturbado, em um dado momento (começo da realização do experimento da cama elástica) os alunos ficaram muito engajados com a aula, gerando muitas conversas a respeito do tema estudado”.

Os alunos demonstraram uma resistência inicial para com os conceitos de espaço e tempo relativos como demonstrado em uma fala de um aluno transcrita da gravação da aula: “Professor, mas e se a gente pensar que ao invés de o espaço for

algo maleável como você está falando, fosse algo rígido”. Este ponto é importante pois demonstra que os alunos não aceitaram os conceitos que estavam sendo ensinados, mas que realmente estavam fazendo um exercício mental de se convencerem de que a teoria estava certa com base em uma construção intelectual da mesma. O que vai ao encontro dos conceitos de interesse, autorregulação e autoeficácia (Moreira, 2021), no sentido de que os alunos vão estar mais confiantes do que estão fazendo caso exerçam o processo mental do pensamento e não se restringem a aceitar teorias e replicar conceitos e operações. “Interesse significa que quem está aprendendo se identifica com os objetos de estudo que definem a atividade e fornecem meios e obstáculos a sua realização” (DEWEY, 1916 apud MOREIRA, 2021).

Em dado momento, após a turma aceitar os conceitos da relatividade espaço-temporal desenvolvidos por Einstein, os alunos começam a fantasiar a respeito da teoria trazendo as ideias apresentadas para a própria realidade como podemos ver exemplificado em um recorte das gravações de áudios das aulas:

Aluno A – No caso o que envelhece a gente dentro da terra é a gravidade? Porque se a gente ficar fora a gente consegue sobreviver mais tempo.

Professor – Um pouco mais de tempo.

Aluno A – A gente envelhece, só que demora um pouco mais de tempo.

Professor – Exatamente, então um astronauta vive mais.

Aluno A – Vou morar no espaço.

Professor – Eu vou mostrar pra vocês qual é essa diferença, não é uma diferença tão grande não. Mas só de ter essa diferença já é interessante.

(Áudio gravado em aula, 8:40, 19/10/2022)

Este é um dos exemplos que mostram que os alunos estavam trazendo os conceitos da aula para a própria realidade, mesmo que de uma forma fantasiosa isso demonstra algumas características do interesse apresentadas por Moreira (2021) tais quais: “interesse existe em uma relação particular entre o aprendiz e seu entorno; interesse tem tanto componentes afetivos como cognitivos”. (op cit.).

Um outro fato interessante que ocorreu durante a sequência didática e inédito para as aulas de Física foi que um aluno procurou o professor por mensagem de Whatsapp para comentar a respeito de outro conteúdo que, a princípio, se relacionaria com o tema da sequência. Segue a mensagem do aluno (o nome do mesmo foi alterado para preservar a identidade):

“Boa tarde professor! Aqui é o Marques do 1° - 01 e eu queria recomendar para o senhor falar um pouco na próxima semana sobre o entrelaçamento quântico, estudo ganhador do Prêmio Nobel da Física em 2022, pois é interessante destaca-lo já que faz uma crítica a relatividade de Einstein tema que está sendo trabalhado, que taxava a luz como a maior velocidade possível, mostrando que nada na ciência realmente é uma verdade absoluta. Agradeço a atenção e bom final de semana”

(Mensagem de Whatsapp de um aluno, 16:00, 21/10/2022)

Embora a existência do fenômeno de entrelaçamento quântico não contradiga a teoria da relatividade geral, a relação entre esses dois conceitos levanta uma questão relevante. Essa mensagem evidencia a compreensão parcial do aluno sobre o conceito de localidade no espaço-tempo e, a princípio, o entrelaçamento quântico realmente parece violar a ideia de localidade na relatividade, já que aparentemente a "informação" é transmitida instantaneamente entre átomos sem percorrer o espaço-tempo. No entanto, isso não é o que de fato ocorre. Ainda assim a mensagem mostra que o aluno buscou relacionar o tema da aula com outro tema visto fora de sala o que é uma característica do interesse como podemos ver em uma citação à Moreira: “interesse funciona como uma recompensa que leva o aprendiz a procurar novos recursos e desafios” (Moreira, 2021).

Cerca de quatro meses após a implementação da sequência didática, o professor-pesquisador continuou a lecionar para as mesmas turmas. Um aspecto notável foi a observação de alguns comentários dos próprios alunos em relação ao tema da relatividade quando discutidos tópicos que apresentam alguma conexão com a temática. Por exemplo, ao discutir a força gravitacional, alguns alunos corrigiram o professor quanto ao uso do termo "distorção" no tecido do espaço-tempo. Em outra

ocasião, durante uma aula sobre a preservação da Serra do Caraça, um grupo de alunos comentou que a preservação da Serra era importante para que pudessem contemplá-la e imaginar como seria a distorção temporal no topo da mesma.

4.2 PRODUÇÕES ARTÍSTICAS

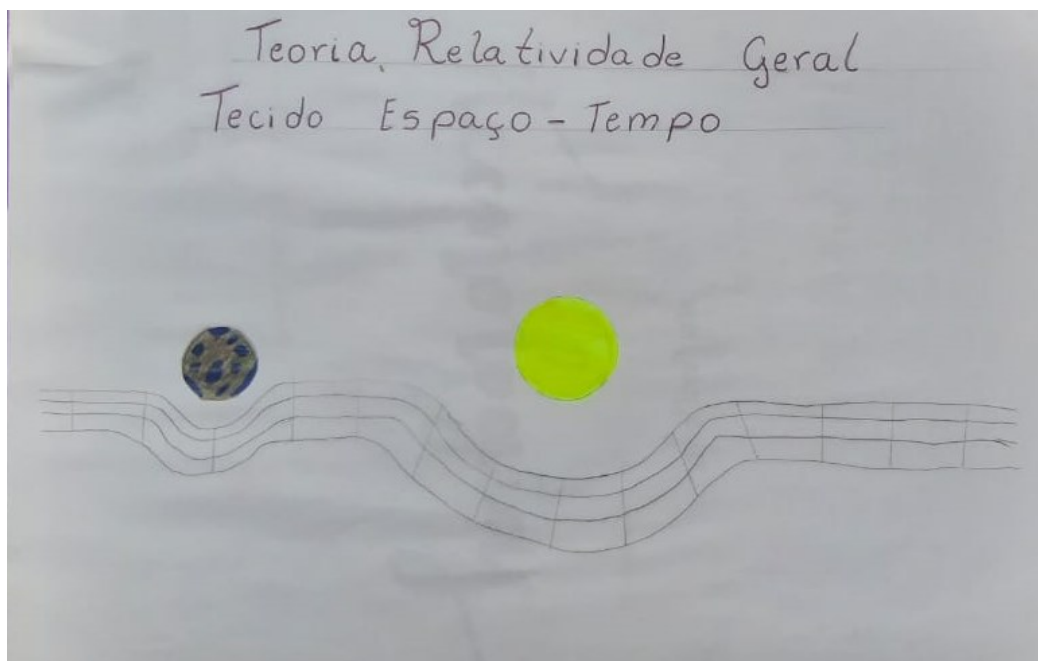
Ao término da sequência didática, foi requerido que os estudantes criassem uma obra artística relacionada à Relatividade Geral. Dentre as formas de expressão sugeridas, destacam-se desenhos, poemas e aldravias. Algumas amostras dos desenhos produzidos pelos alunos são apresentadas a seguir.

Figura 1: Distorção Espacial



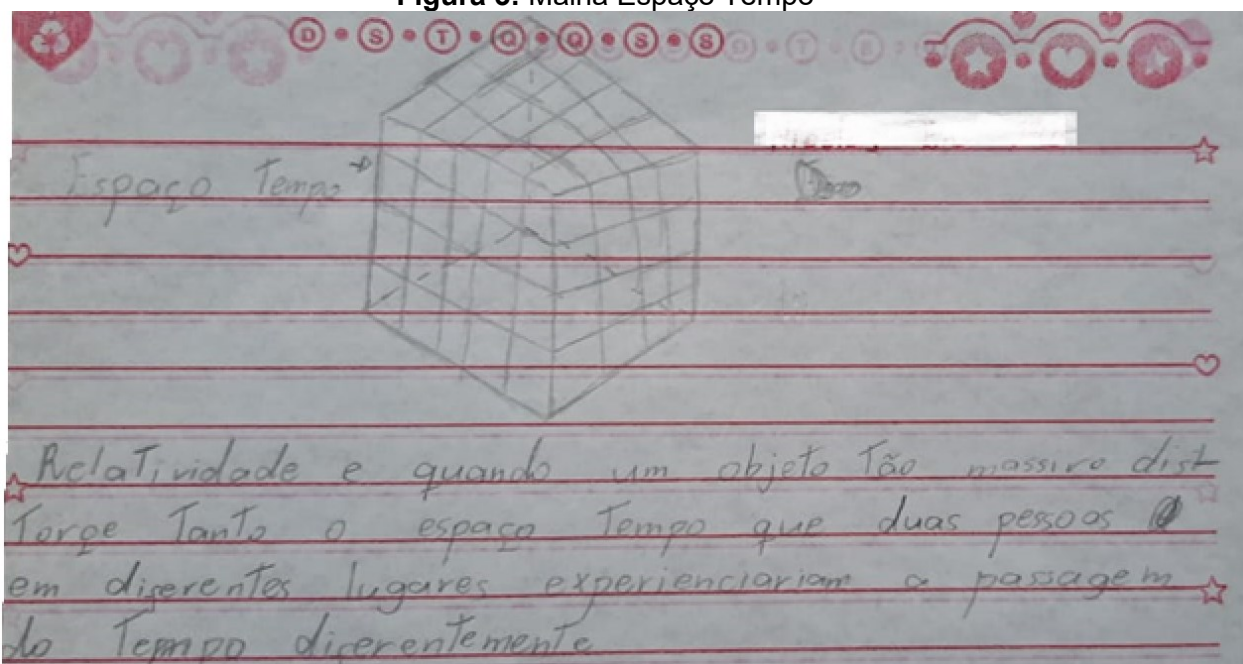
Fonte: Desenho de um aluno.

Figura 2: Relatividade Geral



Fonte: Desenho de um aluno.

Figura 3: Malha Espaço Tempo



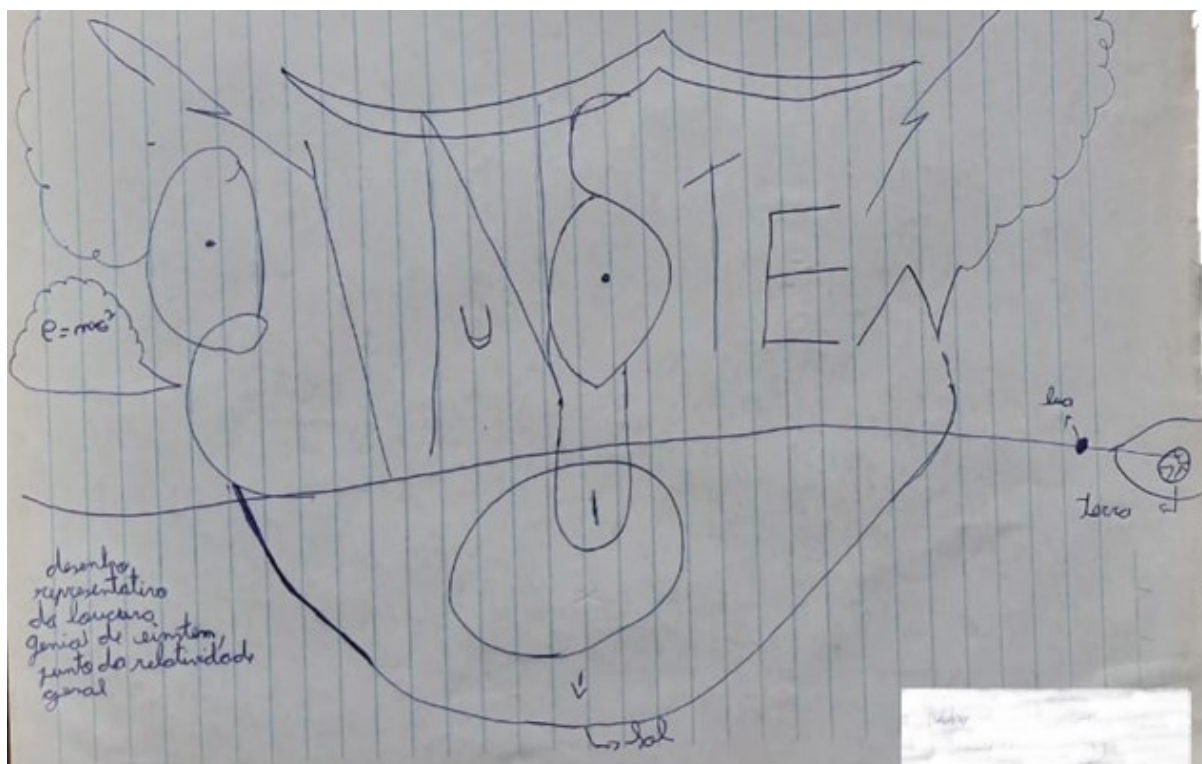
Fonte: Desenho de um aluno.

Figura 4: Observações Astronômicas



Fonte: Desenho de um aluno.

Figura 5: Einstein Espaço Tempo



Fonte: Desenho de um aluno.

Ao final da sequência didática, foi solicitado que as produções fossem entregues ao término da aula, mas alguns alunos pediram para terminá-las em casa. Foi possível identificar a expressão de alguns dos conceitos trabalhados na sequência didática nas produções dos alunos. Embora essas produções não tenham sido avaliadas dentro da disciplina, o comprometimento artístico de alguns e o entendimento conceitual de outros em relação à sequência didática sustentam a hipótese de que assuntos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) podem gerar interesse entre os estudantes.

Na figura 5 o aluno expressa uma aldravia no canto inferior esquerdo. Essa forma textual surge no Brasil a aproximadamente dez anos atrás no município de Mariana, próximo a Catas Altas, e foi estudada nas aulas de português pelos alunos. Essa forma de expressão permite a identificação de múltiplas interpretações, repletas de informações latentes que em conjunto com a análise de dados adicionais e do contexto do aluno em questão, é possível ver sinais de interesse e autoeficácia no seu comportamento. Além disso podemos perceber o estereótipo do cientista em questão

que é disseminado pelos meios de comunicação em massa propondo uma imagem errônea de “cientista maluco”.

4.3 QUESTIONÁRIO

O questionário (Anexo A) que foi aplicado antes e depois da sequência didática é composto por onze questões elaboradas com o objetivo de medir o nível de conhecimento a respeito do tema e também o nível de interesse dos alunos. Perguntas de caráter qualitativo foram priorizadas visando uma maior possibilidade de expressão dos alunos. O professor pesquisador deixou claro para os alunos que os questionários não seriam avaliados. Esta atitude foi tomada para evitar qualquer resposta enviesada pelo interesse na pontuação e não pelo conteúdo proposto.

Foram um total de vinte e quatro questionários colhidos das turmas dos dois primeiros anos do ensino médio. Nem todos os alunos estavam presentes nos dois dias em que foram aplicados os questionários sendo assim foram analisados somente os que estavam presentes nos dias inicial e final da sequência didática.

Na questão um os alunos tiveram que responder, em uma escala de 0 a 5, sobre o nível de interesse em assuntos relacionados à disciplina Física, a distribuição ficou assim:

Tabela 1: Respostas questão 1

Aumentaram o interesse	Mantiveram o Interesse	Diminuíram o Interesse
10	14	0

Fonte: Acervo do autor

Levando em consideração os dados quantitativos referentes à questão em análise, verificou-se que houve um aumento no interesse de 41% dos alunos que foram ao primeiro e último dia da sequência didática. Dentre o total das respostas constatou-se que houveram cinco ocorrências de baixo interesse, definido como valores entre um e dois na escala adotada, quatorze ocorrências de alto interesse, definido como valores entre quatro e cinco na escala, e três ocorrências de aumento expressivo, definido como variações de duas unidades na escala, após a aplicação

do teste. Os resultados obtidos sustentam a hipótese de que a transposição didática adotada foi efetiva em aumentar o interesse dos alunos pelo tema em questão.

No item dois do questionário, foi requerido que os alunos mencionassem uma temática da Física ou Ciências que lhes despertasse interesse ou curiosidade. Os resultados obtidos foram organizados em uma tabela, que contempla os seguintes grupos:

Tabela 2: Respostas da questão 2

Não citaram antes nem depois	Não citaram antes e citaram Relatividade depois	Citaram algum tema antes e mudaram para Relatividade depois	Citaram algum tema antes e continuaram com este tema depois
1	5	12	5

Fonte: Acervo do autor

Houve apenas um aluno que citou o tema da relatividade antes e depois da sequência didática. Pelos dados podemos perceber que aproximadamente 70% dos alunos que participaram da sequência didática mudaram de opinião e citaram a relatividade como assunto da Física ou Ciências que desperta interesse ou curiosidade. Isso demonstra uma das características do interesse ao passo que os alunos se identificaram com o conteúdo específico da relatividade após a sequência didática, ou, como demonstrado por Moreria (2021) “interesse sempre refere-se à interação com algum conteúdo particular”.

Na questão três foi solicitado para os alunos que citassem conceitos da física que poderiam estar presentes na Serra do Caraça.

Tabela 3: Respostas da questão 3

Não citou antes nem depois	Não citou antes, mas passou a citar Relatividade depois	Citou algum conceito antes e passou a citar relatividade depois
2	13	5

Fonte: Acervo do autor

Constatou-se que uma expressiva proporção de estudantes, aproximadamente 75% deles, conseguiram estabelecer uma conexão relevante entre os conceitos da teoria da relatividade e um elemento da realidade dos alunos, a Serra do Caraça. Esse dado contribui com a hipótese levantada neste trabalho e dialoga com as

características do interesse levantadas por Moreira (2021) visto que além de demonstrar interesse nas respostas os alunos também conseguiram fazer uma associação do conteúdo estudado na sequência didática com o seu entorno.

Na questão quatro os alunos responderam, em uma escala de 0 a 5, o quão provável seria pesquisarem a respeito de assuntos relacionados à Física fora do contexto escolar.

Tabela 4: Respostas da questão 4

Diminuição na probabilidade de pesquisa	Constância na probabilidade de pesquisa	Aumento na probabilidade de pesquisa
4	6	14

Fonte: Acervo do autor

Com este dado podemos inferir que aproximadamente 58% dos alunos que responderam ao questionário acharam provável pesquisar a respeito de assuntos da física após a sequência didática contra cerca de 16% que diminuíram de probabilidade de pesquisa a assuntos relacionados à física. Nessa questão ocorreram seis aumentos significativos (duas unidades de diferença) na probabilidade de pesquisar assuntos relacionados à Física, o que equivale a cerca de 25% dos alunos que responderam às perguntas.

Na questão cinco foi indagado aos alunos se conheciam alguma contribuição científica de Albert Einstein e se a resposta fosse positiva que citassem a contribuição.

Tabela 5: Respostas da questão 5

Não apontaram antes nem depois	Não apontaram antes, mas depois apontaram a Relatividade	Apontaram a relatividade antes e depois
7	11	4

Fonte: Acervo do autor

Pode-se perceber que aproximadamente 45% dos alunos que responderam ao questionário não conseguiram indicar alguma contribuição científica de Albert Einstein antes da sequência didática, mas que após a sequência didática foram capazes de apontar a relatividade como contribuição do cientista. Vale ressaltar que aproximadamente 16% dos alunos que responderam ao questionário apontaram a relatividade como contribuição de Einstein antes e depois da sequência didática, este

não é um número expressivo considerando o tanto que o assunto da relatividade aparece meios não científicos de divulgação. Isso indica que, apesar de o assunto da relatividade ser frequentemente abordado na mídia de massa, o seu estudo não é conduzido com rigor teórico adequado ou não recebe a devida atenção dos estudantes, levando-os, a longo prazo, negligenciar aspectos fundamentais, como a autoria da teoria.

Na sexta questão do questionário, os alunos foram questionados sobre sua capacidade de explicar o conceito de "tempo relativo". Os resultados foram:

Tabela 6: Respostas da questão 6

Não souberam explicar antes nem depois	Não souberam explicar antes, mas souberam explicar depois
8	14

Fonte: Acervo do autor

Aqui pode-se inferir que aproximadamente 58% dos alunos que responderam ao questionário souberam explicar o termo "o tempo é relativo" após a aplicação da sequência didática. Também vale ressaltar que aproximadamente 33% dos alunos que responderam ao questionário não conseguiram explicar corretamente o termo proposto nessa questão.

Na questão sete os alunos foram questionados a respeito de quantas dimensões existem e quantas são necessárias para localizar um corpo no espaço.

Tabela 7: Respostas da questão 7

Não respondeu corretamente	Respondeu corretamente após a sequência didática
14	7

Fonte: Acervo do autor

Nesta questão pode-se perceber que somente aproximadamente 30% dos alunos que responderam ao questionário conseguiram assimilar o conceito abordado na questão.

O resultado da questão 7 demonstra a falta de habilidade dos alunos em aspectos matemáticos simples da teoria, reforçando a opção de escolha por uma

abordagem mais conceitual neste trabalho, visto que um dos objetivos educacionais da sequência didática era uma introdução à tópicos conceituais da relatividade geral e não a aspectos teóricos matemáticos da teoria.

A questão oito indaga os alunos a respeito do que é responsável por manter a lua orbitando a terra.

Tabela 8: Respostas da questão 8

Não responderam antes e nem depois	Não responderam antes e associaram à gravidade depois	Associaram à gravidade antes e depois	Passaram a associar à relatividade após a sequência didática
0	5	5	14

Fonte: Acervo do autor

Aproximadamente 58% dos alunos que responderam ao questionário passaram a associar a órbita da Lua com efeitos explicados pela relatividade. Isto demonstra um entendimento básico do conceito da dobra espacial causada por objetos massivos. Vale ressaltar que cerca de 20% dos alunos que participaram do questionário passaram a associar a gravidade como causadora da órbita da lua somente após terem participado da sequência didática, demonstrando que antes disso não conseguiam expressar nas respostas os conceitos de gravitação newtoniana.

Já a questão nove indaga aos alunos se já ouviram falar do buraco de minhoca no contexto da física e se sabiam dizer o que é.

Tabela 9: Respostas da questão 9

Não ouviram falar antes e nem depois	Não ouviram falar antes, mas souberam explicar depois	Ouviram falar antes, mas souberam explicar melhor após a sequência didática
4	9	7

Fonte: Acervo do autor

Pode-se inferir que aproximadamente 66% dos alunos que responderam ao questionário conseguiram explicar, considerando o nível de ensino e o contexto, o que é um buraco de minhoca na teoria da relatividade. É importante salientar que a palavra "teletransporte" foi observada com frequência nas respostas dos alunos, evidenciando, no imaginário dos estudantes, a influência de experiências prévias relacionadas ao tema.

A questão dez propôs aos alunos que escrevessem o que responderiam caso fossem perguntados o que é a teoria da relatividade geral de Einstein.

Tabela 10: Respostas da questão 10

Não soube explicar antes e nem depois	Não soube explicar antes, mas conseguiu explicar depois	Achou que sabia o que era antes, mas melhorou a resposta depois
10	11	2

Fonte: Acervo do autor

Aqui se obteve um número expressivo de alunos que não souberam explicar o que é a teoria antes e nem depois da sequência didática, cerca de 41%. Mas em contrapartida, cerca de 54% conseguiram explicar o que foi proposto pela questão. Aqui podemos perceber que os alunos desenvolveram uma percepção a respeito da própria capacidade de explicar um conceito avançado da física. Essa característica, definida como autoeficácia, é uma das principais para um ensino significativo (Moreira, 2021).

A questão onze foi uma das poucas questões em que o resultado era um valor mais preciso e único, os alunos já haviam visto o tema em outro contexto, mas mesmo assim mostraram uma certa falta de conhecimento, demonstrando o nível de conhecimento geral da região. A questão indagava qual é o valor aproximado para a gravidade na terra e se este valor valeria para todas as altitudes do planeta. As respostas foram divididas entre os alunos que não souberam responder nem antes e nem depois e os que não souberam responder antes, mas que após a sequência didática conseguiram responder o que foi proposto por esta questão.

Tabela 11: Respostas da questão 11

Não souberam antes e nem depois	Não souberam antes, mas conseguiram explicar depois
12	11

Fonte: Acervo do autor

Aqui podemos perceber que aproximadamente metade dos alunos que foram entrevistados não souberam responder uma questão referente ao conteúdo de mecânica clássica, isso mostra o afastamento dos alunos de questões quantitativas a respeito da disciplina da Física.

Vale destacar que os resultados quantitativos apresentados anteriormente desempenham uma função de suporte, e não de fundamento, para a sustentação da hipótese. Para tanto, é imprescindível a análise dos dados como um todo, sendo que os resultados conversaram entre si favorecendo a hipótese inicial do interesse despertado através da TD de tópicos da Relatividade Geral.

Além disso, os conteúdos latentes, não expressos claramente pelos alunos nos questionários, foram de suma importância para análise ou, como destacado por Moraes, a interpretação é uma atividade inerente a toda leitura de um texto. Todavia, o analista de conteúdo empreende um exercício mais rigoroso nessa atividade, explorando não apenas os conteúdos explícitos apresentados pelos autores, mas também os conteúdos latentes, que podem ter sido dissimulados consciente ou inconscientemente pelos autores (Moraes, 1999).

5 CONCLUSÃO

O ensino tradicional de Física não acompanha os avanços da própria Física, limita o imaginário e a criatividade e vem se mostrando cada vez mais desinteressante frente às novas tecnologias e meios de divulgação. Em contrapartida, a crescente busca por temas da FMC em veículos de comunicação em massa é um fator que demonstra a curiosidade dos jovens e adolescentes para com estes temas.

Acredito que a introdução de tópicos relacionados à Física Moderna e Contemporânea em sala de aula é de suma relevância para propiciar aos estudantes uma formação que lhes permita compreender o mundo e as tecnologias que o envolvem. As abordagens conceituais juntamente com o uso da ferramenta paradidática se mostraram úteis para gerar o interesse, autoeficácia e autorregulação nos alunos contribuindo assim para uma aprendizagem mais significativa.

A visualização dos conceitos de espaço-tempo por meio do experimento da cama elástica, aliado ao estímulo ao imaginário em um experimento mental, em relação à dilatação temporal na Serra do Caraça, evidenciou que uma abordagem

didática com tais elementos constitui uma ferramenta útil para o ensino de tópicos da Física Moderna e Contemporânea no nível médio de ensino, conforme inferido pelos resultados obtidos.

Em uma cidade como Catas Altas, com a forte presença de mineradoras, é importante que haja a construção de uma cultura que se aproxime da ciência de tal forma que à população participe mais ativamente dos debates das delicadas questões socioambientais que permeiam a região. Uma alfabetização científica se afastando da visão tecnicista e imediata dos ambientes corporativos e valorizando os aspectos da imaginação e criatividade se mostrou como alternativa para emancipação do pensamento dos alunos e possíveis mudanças nas perspectivas de escolha de carreira no futuro.

Há ainda uma considerável discussão acerca da inclusão de temáticas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do ensino médio. Entretanto, com base nos resultados evidenciados no presente artigo, pode-se inferir que tal estratégia é efetiva para despertar o interesse dos estudantes em relação a um ensino de Física mais significativo.

REFERÊNCIAS

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna? **Investigações Em Ensino De Ciências**, v. 10(3), p. 387–404, 2005. Disponível em: <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/512>>. Acesso em: 6 de março de 2023.

GIACOMELLI, Alisson Cristian; PEREZ, Carlos Ariel Samudio; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. Discussão sobre a inserção de tópicos de relatividade no ensino médio: análise na voz de professores de Física em formação. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Belém**, v. 15, n. 34, p. 130-150, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/6669>>. Acesso em: 6 de março. 2023.

GUERIN, Cintia Soares; TEIXEIRA PALMA PRIOTTO, Elis Maria; CARMINATI DE MOURA, Fernanda. GERAÇÃO Z: A INFLUÊNCIA DA TECNOLOGIA NOS HÁBITOS E CARACTERÍSTICAS DE ADOLESCENTES. **Revista Valore, [S.l.]**, v. 3, p. 726-734, dez. 2018. Disponível em: <<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/187>>. Acesso em: 6 de março. 2023.

HANS, C. Ohanian; RUFFINI, Remo. Applications of the linear approximation. *In*: HANS, C. Ohanian; RUFFINI, Remo. **Gravitation and Spacetime**. 3 ed. Nova York: Cambridge University Press, 2013. cap. 4, p. 130-137

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999**. Disponível em <https://edisdisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4125089/mod_resource/content/1/Roque-Moraes_Analise%20de%20conteudo-1999.pdf>. Acesso em: 6 de março. 2023

MOREIRA, Marco Antonio. INTERESSE, EXPERIÊNCIA, AUTOEFICÁCIA, AUTORREGULAÇÃO E CARGA COGNITIVA: IMPLICAÇÕES PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA FÍSICA. **Revista do Professor de Física, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 1-10, 2021**. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/39872>>. Acesso em: 6 de março. 2023.

SALGADO, Marina. A percepção da paisagem de Catas Altas *In*: SALGADO, Marina. **Olhares sobre o patrimônio: a busca de significados da paisagem**. 2017. p. 192 – 241. Tese (Doutorado em Projeto arquitetônico e urbanístico em relação à pré-existência física e sócio-cultural) - Escola de Arquitetura, Urbanismo e Desing, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

STOFFEL, Amanda, *et al.* O aluno e seu (des)interesse pela escola. **Editor Cooperativo de Textos (Wiki) de Psicologia da Educação**, 2008. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/psicoeduc/wiki/index.php?title=O_aluno_e_seu_\(des\)interesse_pela_escola](https://www.ufrgs.br/psicoeduc/wiki/index.php?title=O_aluno_e_seu_(des)interesse_pela_escola)>. Acesso em: 6 de março. 2023.

ANEXO A: QUESTIONÁRIO

Questão 1: Em uma escala de 0 a 5 o quão você se considera interessado por assuntos relacionados à disciplina de Física?

Questão 2: Cite algum assunto da física ou ciências como um todo que te desperta interesse ou curiosidade.

Questão 3: Você consegue enxergar como conceitos da física podem estar presentes na Serra do Caraça? Cite alguns exemplos.

Questão 4: Em uma escala de 0 a 5, o quão você acha provável que pesquisaria sobre assuntos relacionados à física?

Questão 5: Você conhece alguma contribuição científica relacionada à Albert Einstein? Se a resposta for sim, qual?

Questão 6: No dia a dia é comum as pessoas usarem o termo “o tempo é relativo”. O que você entende por isso?

Questão 7: Quantas dimensões existem? Quantas são necessárias para localizar um corpo numa determinada região?

Questão 8: Quem é responsável por manter a Lua orbitando a Terra?

Questão 9: Você já ouviu falar sobre buraco de minhoca no contexto da física? O que você acha que é um buraco de minhoca neste contexto?

Questão 10: Se te perguntassem o que é a teoria da relatividade geral de Einstein, o que responderia?

Questão 11: Qual o valor aproximado da gravidade na terra? Esse valor vale para toda a atmosfera do planeta terra?