

RESEARCH ARTICLE

Ensino da relatividade restrita: uma proposta para alunos com desordem do processamento auditivo

Marília Aparecida Pereira ^{a,1}, Thyago Santos Braga ^{b,2}

(a) Mestre pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) | Professora de Física e Matemática da escola SESI de Jacareí | Jacareí, Brasil | **Lattes ID:** <http://lattes.cnpq.br/2023927720034472>

(1) **E-mail** (Corresponding author): mary_amy@hotmail.com

(b) Doutorando pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) na área de Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais (Eng.Aeronáutica e Mecânica) | ITA | São José dos Campos, Brasil | **Lattes ID:** <http://lattes.cnpq.br/3805472243904168>

(2) **E-mail:** thyago@ita.br

História do artigo / Article history

Recebido: 31 março 2021 | Aceito: 25 julho 2021 | Publicado online: 20 agosto 2021.

© O(s) Autor(es) 2021 | Publicado por RBRAEM. Este artigo é publicado com acesso aberto sob os termos da licença internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY-NC 4.0). 

RESUMO

Essa pesquisa teve como objetivo apresentar uma nova proposta para o ensino do conteúdo de relatividade restrita com foco em indivíduos com Desordem do Processamento Auditivo (DPA). A primeira parte deste trabalho consistiu na construção mecânica de um trem a partir do processo de laminação manual de materiais compósitos que, por sua vez, possibilitou a simulação de conceitos de dilatação temporal e de contração das distâncias. Na sequência foi empregada a metodologia da gamificação através da elaboração de um “quebra-cabeça” confeccionado a partir das variáveis associadas à relatividade restrita. Ao final, foi aplicado um questionário em caráter qualitativo. Após a realização destas etapas, foram observadas mudanças significativas nas concepções de tempo e de espaço por parte dos alunos com DPA comparado ao levantamento diagnóstico inicial. Foi ainda percebido que a criação de conexões entre a utilização do software, desenvolvimento manual e artesanal podem favorecer o aprendizado significativo da relatividade restrita.

Palavras-chave: Ensino de Física. Relatividade Restrita. Desordem do Processamento Auditivo.

ABSTRACT / RESUMEN

Restricted relativity teaching: a proposal for students with auditory processing disorder

Abstract: This research had as objective to present a new proposal for teaching the content of restricted relativity focused in Auditory Processing Disorder (DPA) students. The first part was done by means of train manufacturing by hand layup process of composite materials. This method permitted the simulation of temporal expansion and distances contraction concepts. Then, the *gamification* methodology was applied using a “puzzle game” aimed to understanding the variables associated with the content. At the end, a qualitative questionnaire was applied with an emphasis on the main skills that were worked on. After the completion of the steps, relevant changes were observed in the conceptions of time and space with DPA students when compared to the initial diagnostic survey. It was also noticed a connection creation between the use of software, manual and artisanal development can favor the significant learning of special relativity.

Keywords: Physics teaching. Special Relativity. Auditory Processing Disorder.

Enseñanza de la relatividad restringida: una propuesta para estudiantes con trastorno del procesamiento auditivo

Resumen | Esta investigación tuvo como objetivo presentar una nueva propuesta para la enseñanza de contenidos de relatividad restringida centrada en personas con trastorno del procesamiento auditivo (TPA). La primera parte de este trabajo consistió en la construcción mecánica de un tren a partir del proceso de laminación manual de materiales compuestos que, a su vez, permitió la simulación de conceptos de dilatación temporal y contracción de distancias. A continuación, se utilizó la metodología de gamificación mediante la elaboración de un “rompecabezas” a partir de las variables asociadas a la relatividad especial. Al final se aplicó un cuestionario cualitativo. Después de realizar estos pasos, se observaron cambios significativos en las concepciones de tiempo y espacio de los estudiantes con TPA en comparación con la encuesta de diagnóstico inicial. También se observó que la creación de conexiones entre el uso de software, el desarrollo manual y artesanal puede favorecer el aprendizaje significativo de la relatividad restringida.

Palabras-clave | Enseñanza de la física. Relatividad restringida. Trastorno del procesamiento auditivo.

Introdução

A física moderna, um dos maiores pilares da ciência do século XX, trouxe avanços tecnológicos e explicações para diversas lacunas do pensamento científico. Nesse sentido, a ampla divulgação de conceitos quânticos e teoria da relatividade, atrelada ao nome de Albert Einstein, vem despertando um grande interesse da comunidade em geral, incluindo, por exemplo, os alunos de ensino médio [SOUZA et al., 2020]. Basta lembrar-se da ampla divulgação pelos meios de comunicação do

prêmio Nobel de Física de 2020, cujo trabalho baseou-se no estudo do buraco negro, assunto diretamente ligado à teoria da relatividade geral (NOBEL, 2020).

Segundo Ostermann et al. (2000) é preciso refletir a abordagem da física Moderna no ensino Médio, uma vez que, o objetivo do Ensino de Física deve estar voltado para o despertar da curiosidade, e dessa forma, auxiliar no reconhecimento desse assunto como um empreendimento humano. Assim, a física precisa ser vista como um componente presente no dia-a-dia, desconstruindo a ideia de que não é

possível estabelecer relações com a Física além de 1900 [SOUZA et al, 2020].

Entretanto, a explicação destes temas para alunos de ensino médio mostra-se de extrema complexidade, principalmente em relação a alunos com desordem auditiva ou alunos que apresentam algum transtorno de aprendizagem. A relatividade especial, por exemplo, é um tema extremamente complexo, o que torna necessário o uso de ferramentas lúdicas para auxiliar a aprendizagem dos conceitos relacionados a este tema.

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo elaborar a criação de um material didático, produzido pelos alunos a partir do processo de laminação de materiais compósitos utilizados na indústria naval, aeronáutica e automobilística a fim de se elucidar os conceitos de movimento, dilatação temporal e contração de distâncias, pontos estes intimamente ligados à relatividade restrita [OGIN, et al 2016]. A função dessa etapa foi propiciar a imersão do aluno no tema, reforçando o protagonismo deste no processo ensino-aprendizagem.

O início do projeto deu-se através de um levantamento diagnóstico. Em seguida, foi elaborado o projeto para a fabricação do trem. Com essa ferramenta desenvolvida, as equações básicas da teoria puderam ser relacionadas a uma prática experimental fortalecendo a discussão entre elementos como velocidade, tempo e espaço.

Cabe ressaltar, que o uso da metodologia manual e artesanal teve como motivação a dificuldade de foco e atenção destes alunos em programas, softwares ou metodologias digitais muito utilizadas nos dias hoje. Com isso, não apenas a definição e aprendizado de conceitos físicos foram aprimorados como também o aprendizado de novos processos e materiais comumente empregados em indústrias de ponta tecnológica.

Fundamentação teórica

A inserção de conteúdos de Física Moderna (FM) no Ensino Médio sempre foi

reforçada pelos documentos legais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a atual Base Nacional Curricular Comum (BNCC). Ambos se referem a FM como um dos conhecimentos necessários para uma melhor compreensão dos avanços tecnológicos que por sua vez, facilitarão a inserção do indivíduo na sociedade [EINSTEIN., 1999]. No presente trabalho foram tratados especificamente os conceitos de dilatação temporal e de contração das distâncias que são tópicos presentes no conteúdo de relatividade restrita, e serão descritos resumidamente a seguir.

Dilatação temporal

De acordo com a física clássica, na última Equação das transformações de Galileu ($t' = t$) o tempo é absoluto, ou seja, ele é independente da posição e do estado de movimento. Entretanto, um dos pontos principais da teoria da relatividade é que esta nos trás de forma natural a visão quadridimensional do mundo tornando o tempo independente. Dentro deste contexto, relógios que se deslocam em relação a um referencial inercial "movimentam-se" mais lentamente para um observador atrelado a esse referencial. Este efeito é descrito pela quarta Equação das transformações de Lorentz, apresentada na Equação 1, que relaciona os intervalos de tempo marcados por um observador em repouso e outro em movimento (EINSTEIN, 1999).

$$\Delta t_0 = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad \text{Equação 1}$$

Os elementos dessa Equação são: Δt_0 = Intervalo de tempo marcado pelo observador parado; Δt = Intervalo de tempo marcado pelo observador em movimento; v = Velocidade do corpo em movimento; c = Velocidade da luz no vácuo ($c = 3,0 \times 10^8$ m/s).

Contração de distâncias

Outra conclusão da Teoria da Relatividade é a contração do comprimento,

quando objetos são submetidos a altas velocidades. Um dos experimentos mentais propostos por Einstein diz respeito ao movimento de uma régua rígida com velocidade v em relação à outra régua em estado de repouso. Nessa proposta a régua em movimento é mais curta do que a mesma régua quando em repouso, além disso, quanto maior a velocidade da régua menor será seu comprimento. Em outras palavras, para velocidade $v = c$, tem-se $\sqrt{1 - v^2/c^2} = 0$, ou seja, caso ocorra velocidades maiores que a velocidade da luz, a raiz seria imaginária, o que leva a conclusão que a velocidade c é máxima e não pode ser ultrapassada por nenhum corpo re. A Equação 2 faz uma ligação direta entre comprimentos de objeto em movimento e em repouso [EINSTEIN., 1999].

$$L = L' \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

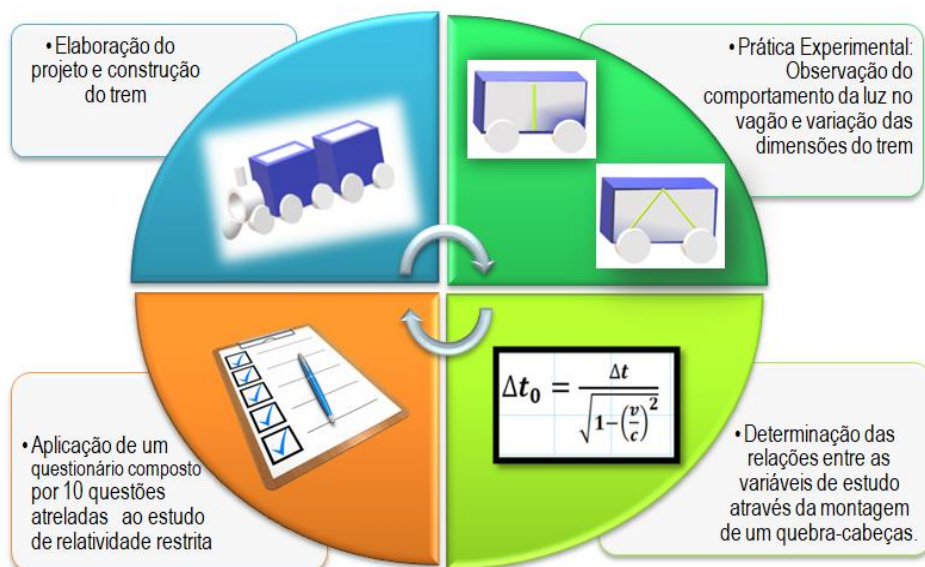
L = comprimento do objeto em movimento; L' = comprimento do objeto em repouso; u = velocidade relativa entre o referencial; c = velocidade da luz no vácuo.

O presente trabalho foi realizado em uma escola privada na cidade de Jacareí (São Paulo) e consistiu no estudo de caso de dois alunos integrantes do Ensino Médio, com Distúrbio do Processamento Auditivo (DPA) com idade de 16 e 17 anos. A realização da atividade deu-se no laboratório de Física que oferece recursos para realização de diversos experimentos da área.

Como mostrado na Figura 1, a atividade foi dividida basicamente em quatro etapas a fim de se promover a aprendizagem significativa dos conceitos abordados em questão. Cada etapa consistiu em oficinas de 4 horas de duração, totalizando 16 horas. Na etapa 1 foi realizada a elaboração do projeto e confecção de um objeto expositivo amplamente utilizado nos livros de ensino da teoria da relatividade especial: O trem. Este artefato ao ser fabricado pelos alunos permitiu a imersão e percepção dos elementos relevantes para a discussão do assunto, ponto complexo de se realizar apenas com os métodos convencionais como quadro, giz e dispositivos eletrônicos. Na etapa 2 foi feita a prática experimental com a observação do comportamento da luz no vagão, e ainda foi feita a remoção das partes do trem a fim de se elucidar os conceitos da teoria. Na etapa 3 foi realizada a determinação das relações entre as variáveis de estudo através da montagem de um quebra-cabeça. Na etapa 4 um questionário composto por 10 questões atreladas ao estudo de relatividade restrita foi aplicado.

Metodologia

Figura 1. Divisão das etapas em que consiste o projeto



Fonte: O autor

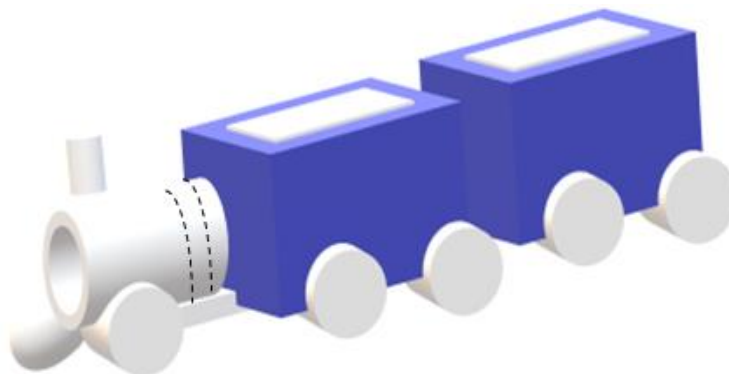
a) Primeira etapa do projeto

O projeto iniciou-se com um levantamento diagnóstico e com uma breve reflexão sobre os apontamentos e ideias apresentadas. Logo em seguida, um trem foi projetado pelos alunos com auxílio do software *Paint 3D* como mostrado na Figura 2. Esse software permitiu não só o desenvolvimento do projeto, como também a visualização em três dimensões do objeto, aumentando a noção de espaço e profundidade, diferentemente dos desenhos em 2D comumente utilizados. As proporções entre cada componente foram

projetadas com a finalidade de se obter uma maquete factível com a aplicação dos experimentos.

Nessa etapa do trabalho, também foram apresentados vídeos detalhados dos processos de laminação de materiais compósitos de indústrias de alta tecnologia como aeronáutica, aeroespacial e automobilista. Esse estudo demonstrou aos alunos a grande versatilidade e importância do processo de laminação de materiais compósitos atrelados aos conceitos físicos de base utilizados em aeronaves, carros de fórmula 1 e foguetes aeroespaciais.

Figura 2. Projeto elaborado para construção do molde para laminação do trem.



Fonte: O autor

Após o trabalho conceitual e teórico partiu-se para fabricação do trem. Devido à viscosidade da resina e dificuldade de corte do

Figura 3 são mostrados os tecidos após a realização dos cortes junto com a resina,

tecido, fez-se necessário o aprendizado de como manusear e trabalhar com estes materiais a partir de testes realizados em bancada. Na catalisador e o desmoldante utilizado na laminação.

Figura 3. Tecidos após o corte e resinas utilizadas.



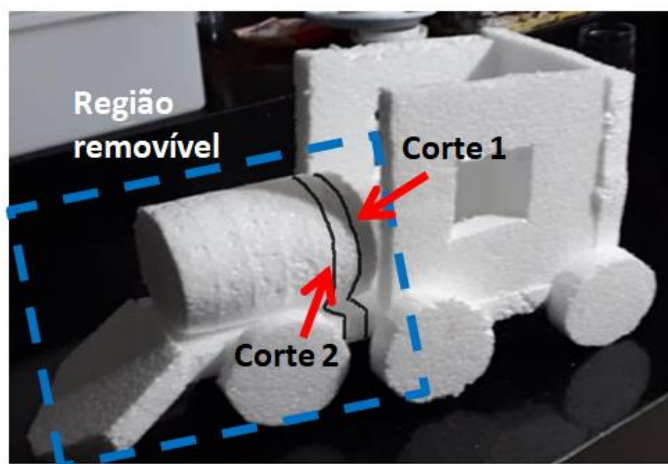
Fonte: O autor

Para a construção do protótipo foram utilizados os seguintes materiais: 1 tubo e 2 folhas de isopor (10 mm de espessura); tecido de fibra de carbono; resina epóxi Araldite XGY 1109; endurecedor epóxi Araldite HY 951 (catalisador); desmoldante; massa corrida SuvinilTM; luvas de proteção individual; óculos de proteção individual; lixa; cola de isopor; tesoura; estilete; régua milimetrada; fita adesiva; caneta hidrográfica; laser; espelho; cronometro; espátula de plástico, palitos de dente de madeira e pincel. Os componentes citados são de fácil acesso e podem ser encontrados em lojas que oferecem artigos de construção de imóveis ou em empreendimentos que oferecem reparo de piscinas.

Com o desenho do trem em mãos e o treinamento básico do manuseio dos materiais, iniciou-se a fabricação do molde de isopor para laminação do trem. Baseando-se no projeto desenvolvido, o isopor foi cortado levemente com auxílio de estilete formando cada peça projetada. Estas peças foram no geral fixadas com cola para isopor. Entretanto, na região da dianteira a fixação ocorreu com palitos de dente inseridos em regiões onde haveria a desmontagem e corte do trem para simular a contração do objeto, como mostrado na

Figura 4.

Figura 4. Molde frontal utilizado para a laminação do trem



Fonte: O autor

Com auxílio de espátula de plástico e pincel, foi aplicada a massa corrida sobre o isopor que depois de curada recebeu o desmoldante. Essa etapa foi essencial para evitar a aderência da resina epóxi sobre o isopor. A laminação consistiu na aplicação de quatro camadas de tecido acrescidas de resina epóxi com catalisador na proporção de 12/100. O processo foi efetuado de maneira manual, e após o término houve o tempo de cura da resina de 48 horas. A etapa de construção do molde e laminação foi relativamente fácil, visto que a manipulação do isopor não apresentou maiores dificuldades. Cabe ressaltar, que após cada etapa de laminação de tecido, uma camada de resina epóxi foi aplicada de forma homogênea em toda a superfície da peça com auxílio de um pincel. Após o tempo de cura o protótipo ganhou forma e estava apto para a execução dos experimentos.

b) Segunda etapa do projeto

A segunda etapa consistiu na prática experimental. Nessa etapa foi apresentada uma breve bibliografia da história do cientista Albert Einstein seguida de uma introdução sobre a teoria da relatividade especial tendo em vista o panorama histórico do início do século XX. As observações do comportamento da luz no vagão

do trem também foram realizadas nessa etapa com auxílio de um laser, mostrando de forma prática como a luz irá se comportar mediante a manipulação do trem para simulação de seu movimento. Também foi analisado o fenômeno físico da contração do espaço a partir da remoção de partes do trem com o intuito de elucidar o assunto em questão.

c) Terceira etapa do projeto

A utilização da metodologia tradicional de ensino, como o emprego da prática expositiva, impossibilitou o aprendizado significativo das Equações 1 e 2 por parte dos participantes. Isso ocorreu devido à necessidade de se adotar estratégias adequadas que solucionassem as dificuldades apresentadas como falta de concentração e limitações auditivas. Com isso, optou-se na terceira etapa pela utilização da prática do quebra-cabeça, onde os alunos foram orientados a realizar a sua montagem observando de que forma as variáveis tempo, velocidades e comprimento se relacionam e se “encaixam”. Essa atividade, por sua vez, trabalhou vários setores do desenvolvimento cognitivo e possibilitou uma aprendizagem lúdica que favoreceu a compreensão das relações entre as

variáveis percebidas no conteúdo trabalhado [ALMEIDA, 2000].

d) Quarta etapa do projeto

Na quarta etapa foi aplicado um questionário de caráter qualitativo, composto por 8 questões dissertativas referentes ao tema trabalhado. Esta prática foi elaborada com o intuito de registro e de retomada das ideias propostas no decorrer deste projeto, de forma que o educando pudesse sistematizar seus conhecimentos adquiridos e demonstrar as habilidades desenvolvidas, tais como a argumentação, associação e a identificação dos fenômenos físicos estudados.

Resultados e discussão

Inicialmente foi feito um levantamento diagnóstico com utilização da técnica *Brainstorming* (chuva de ideias) na qual os participantes apresentaram termos e sugestões de acordo com suas experiências sobre um determinado conceito que a *posteriori* são filtrados e analisados [NÓBREGA et al., 1997]. O objetivo inicial tratou da compreensão quanto ao entendimento sobre o que representava para o grupo analisado os conceitos de relatividade restrita, tempo e espaço. Tais conceitos foram sugeridos dando origem aos conceitos-chave apresentados pela Figura 5.

Figura 5: Palavras-Chave sugeridas pela aplicação da técnica *Brainstorming*



Fonte: O autor

Estes resultados preliminares demonstraram certo grau de alienação em relação ao conteúdo proposto e também forneceram subterfúgios para uma discussão inicial sobre a relatividade do tempo. Durante a etapa inicial, fica claro que para os participantes envolvidos que tempo e espaço são grandezas imutáveis e absolutas.

Sendo assim, o primeiro passo foi à apresentação da bibliografia de Albert Einstein, a qual despertou um maior interesse dos alunos pelos seus trabalhos científicos. Com isso, para melhor subsidiar a discussão, e adotando-se a

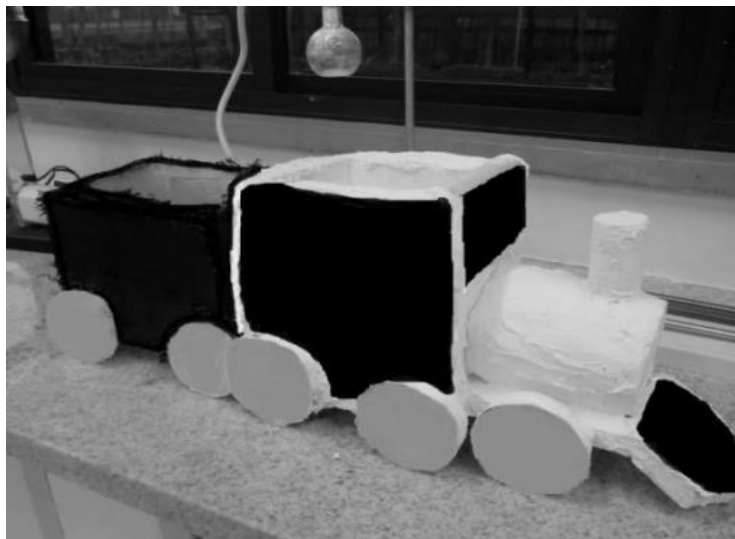
estratégia pedagógica intitulada como “aula invertida”, os participantes foram orientados a realizar uma pesquisa em relação à concepção de repouso absoluto. O objetivo foi demonstrar que essa formulação não estava de acordo com as propriedades de fenômenos mecânicos e eletrodinâmicos, levando Einstein a reformular conceitos de tempo e espaços concebidos até o início do século XX pela comunidade científica [GUERRA et al., 2007].

Na sequência, com o protótipo do trem construído, mostrado na

Figura 6, foram realizadas as primeiras análises sobre os conceitos de dilatação temporal. Para a explanação das ideias principais utilizou-se a parte traseira do trem composta por uma face lateral removível. Nessa prática, procurou-se evidenciar o significado das variáveis de espaço,

tempo e velocidade a partir do comportamento dos raios luminosos projetados por um laser, conforme mostrado pela Figura 76.

Figura 6. Protótipo do trem construído

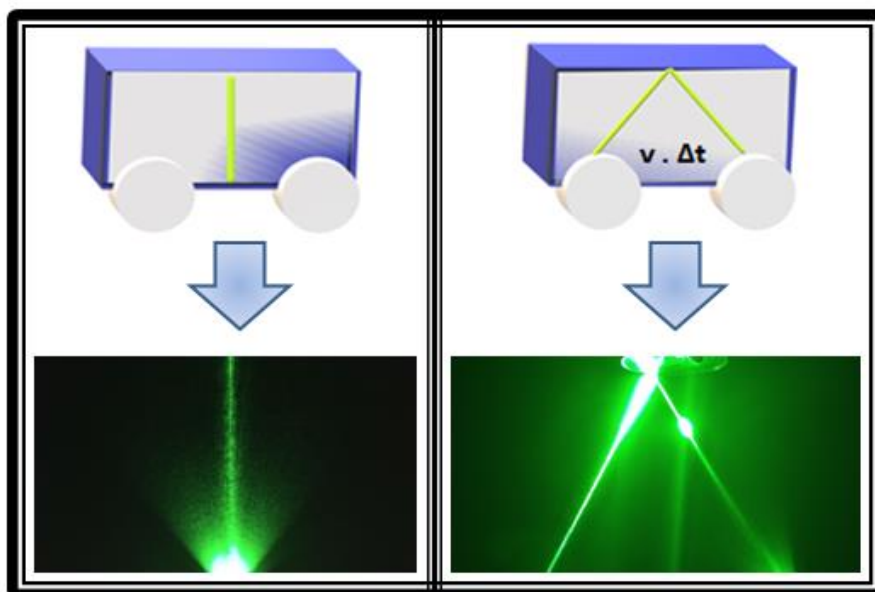


Fonte: O autor

Em seguida, discutiu-se a importância do referencial e de sua influência sobre os resultados observados. Para tanto, sugeriu-se que os participantes argumentassem quanto às suas percepções em relação ao comportamento da luz a partir do trem em repouso e logo após o movimento, conforme apresentado na Figura 7.

Após esta atividade, foi proposto um experimento mental na qual os participantes deveriam se situar dentro do vagão construído e relatar suas percepções em relação ao comportamento da luz estando o vagão em repouso, e em seguida, em movimento.

Figura 7. Experimento realizado no trem.



Fonte: o autor.

Procurou-se nesta etapa demonstrar que estando em referenciais distintos, às percepções de tempo também não serão equivalentes, uma vez que, o tempo necessário para que o raio de luz atinja um determinado ponto no espaço é relativo ao referencial de observação. Isso nos levou a reforçar a ideia de que o intervalo de tempo em um ponto fixo dentro do vagão é medido como um intervalo maior quando comparado ao referencial fora do vagão [FAGUNDES et al., 2009]. [9] Além disso, com essa abordagem experimental, também foi possível demonstrar que a luz executa um trajeto com velocidade c , o que propiciou o resgate dos conceitos de velocidade, distância percorrida,

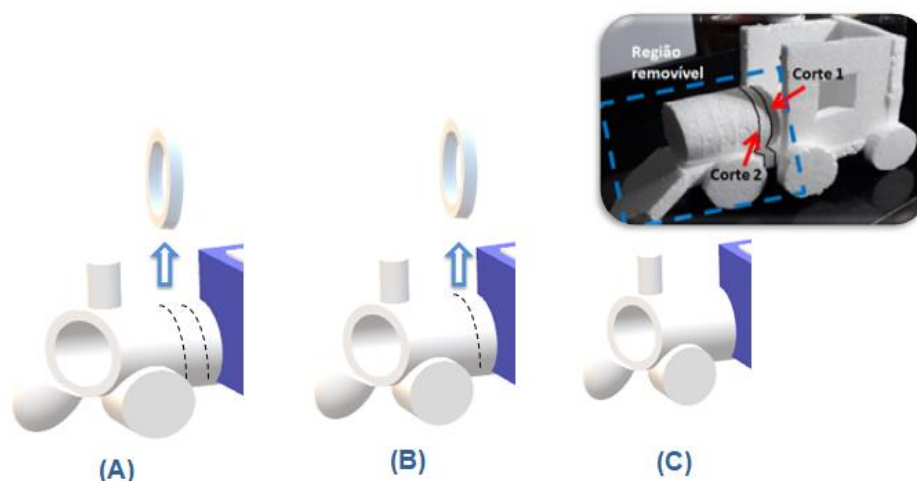
Figura 8. Assim, os participantes do projeto foram induzidos a perceber que o intervalo de tempo entre eventos e a forma como ocorre à

tempo e uma breve introdução sobre como essas variáveis se relacionam.

A partir das observações e levantamentos realizados, foram ressaltados aspectos referentes à contração do comprimento, visto que dentro do vagão, sob as mesmas condições pré-estabelecidas, a medição do comprimento também é relativa à posição do observador [EINSTEIN, 1999]. [5] Para realização desse experimento, como descrito anteriormente, os trechos do trem foram cortados a fim de se exemplificar a contração do objeto com o aumento da velocidade, como mostrado na

contração de distâncias podem ser distintos de forma que o resultado está diretamente ligado à posição do referencial.

Figura 8. Detalhes dos cortes para simulação da contração do trem. (A) Corte 1; (B) Corte 2 ; (C) Sem cortes



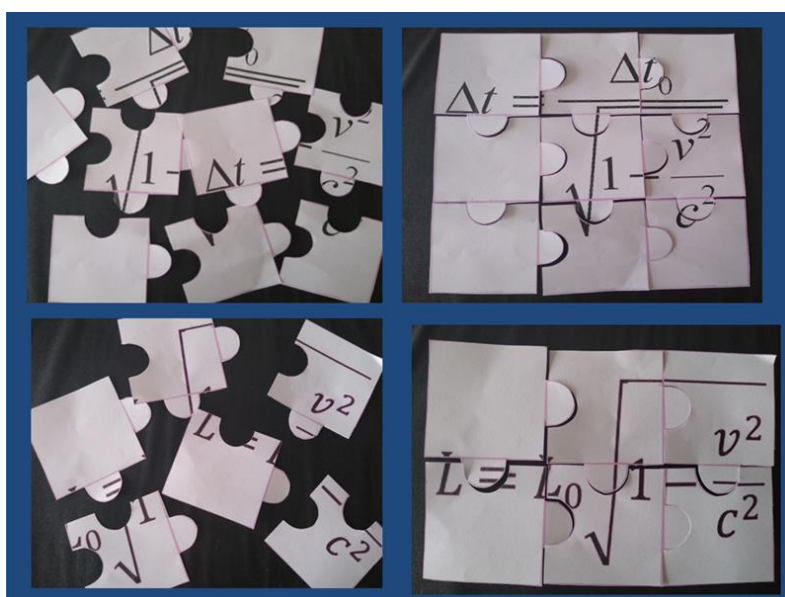
Fonte: O autor

Após a conclusão da atividade com utilização do trem, iniciou-se o estudo das relações entre as variáveis associadas ao conteúdo trabalhado. Com o auxílio da técnica do quebra-cabeça, buscou-se evidenciar de que forma ocorrem a associação entre as variáveis de tempo, espaço e velocidades quando atreladas ao conceito de dilatação temporal e contração de distâncias referenciadas nas equações 1 e 2.

Objetivou-se nesta etapa o engajamento e a motivação dos envolvidos com as atividades propostas através da estratégia da gamificação [OGAWA et al., 2016]. Observou-se nesta atividade que a busca pelas relações entre as variáveis sugeridas promoveram resultados satisfatórios visto que foram demonstradas as habilidades de identificar e relacionar os parâmetros de tempo, velocidade e espaço. A

Figura 9 evidencia a aplicação do quebra-cabeça e apresenta a sua montagem final realizada pelos educandos.

Figura 9. Aplicação do quebra-cabeça



Fonte: O autor

Como última etapa deste projeto, realizou-se a aplicação de um questionário o qual apresentou as seguintes questões:

- O que é um referencial?
- O tempo é uma grandeza absoluta ou relativa?
- Qual o valor da velocidade da luz?
- Quais variáveis físicas são atreladas ao cálculo da dilatação temporal?
- Quais variáveis físicas são atreladas ao cálculo da contração de distâncias?
- O que você entende por relatividade restrita?
- O que você entende por dilatação temporal?
- O que você entende por contração do espaço?
-

As respostas foram aferidas através de uma chamada oral, que por sua vez também foram registradas em um diário de campo e encontram-se sintetizadas na Tabela 1. De acordo com os dados apresentados, os alunos demonstraram a habilidade de associar a posição do observador ao conceito de referencial. Foram também percebidos avanços em relação à compreensão do tempo, dado que o termo “relativo” aparece assertivamente quando os participantes são interrogados sobre a natureza deste conceito. Quando interrogados sobre o valor da velocidade da luz, os participantes demonstraram certa dificuldade quanto à compreensão do seu valor numérico, ressaltando apenas que o seu valor é expressivo. De todo modo, é preciso considerar as limitações

apresentadas pelos participantes atreladas ao desenvolvimento e entendimento de expressões numéricas.

Ao serem indagados quanto as variáveis associadas à dilatação temporal e a contração do espaço, os participantes apontaram as variáveis tempo, velocidade e espaço o que está em conformidade com as equações 1 e 2. A forma com que estas variáveis estão relacionadas foi verificada na etapa preliminar durante a montagem do quebra-cabeça.

Em relação aos três últimos questionamentos, foi demonstrada pelos participantes a desconstrução da ideia de que tempo e espaço são grandezas absolutas, uma vez que no discurso fica clara a assimilação da relatividade de tais grandezas em referenciais distintos. Os avanços foram sendo gradativamente desenvolvidos e observados e, desse modo, percebe-se que a promoção do aprendizado significativo pode ser desenvolvida em consonância com o emprego de práticas lúdicas assim como de estratégias pedagógicas voltadas para o protagonismo do educando.

Cabe ressaltar, que foi percebida, a partir das quatro etapas aplicadas a necessidade de aprofundamento quanto aos conceitos de velocidade da luz e referencial. Entretanto, dada à complexidade do tema trabalhado, pode-se considerar que houve uma evolução significativa na compreensão dos conceitos atrelados ao conteúdo de relatividade restrita, visto que no momento diagnóstico os participantes apresentaram a concepção de que tempo e espaço são grandezas fixas e invariáveis.

Tabela 1. Síntese dos resultados obtidos a partir da aplicação do questionário

<i>Participante 1</i>	<i>Participante 2</i>
<i>[...] Referencial é o ponto no qual se observa um evento. É relativo</i>	<i>[...] “Referencial é o local onde vejo algo acontecer, ou sistema de coordenadas”</i>
<i>[...] Valor significativamente alto.</i>	<i>Relativo</i>

Chamado de “ c ”
tempo e velocidade
espaço e velocidade
[...] tudo é relativo. “Depende apenas do
local de quem observa”
[...] O tempo passa de maneiras
diferentes.
[...] O espaço diminui com velocidades
altas.

[...] Maior valor que a velocidade pode
adquirir
tempo e velocidade
espaço e velocidade
[...] tudo é relativo. “Depende apenas
do local de quem observa”
[...] Que o tempo não é absoluto
[...] O espaço pode variar de acordo
como você se move.

Fonte: o autor.

Considerações finais

Observou-se a partir deste projeto um maior empenho no aprendizado de relatividade por parte dos estudantes com desordem de processamento auditivo. O projeto também apresenta forte apelo à inserção do educando no mundo tecnológico tendo em vista o envolvimento com o processo de fabricação com materiais compósitos utilizados em empresas de alta tecnologia. Dessa forma, ao conectar a utilização do software com a prática da laminação, o trabalho oferece aos envolvidos a possibilidade de participar de todo o processo que envolve a criação e projeto de um novo produto, favorecendo assim a sua compreensão da crescente evolução tecnológica presente nos dias atuais.

Verifica-se ainda, que a construção de materiais de apoio ao ensino de Física proporcionou mudanças no desempenho escolar de alunos com desordem auditiva, por conseguir, de maneira lúdica e experimental, ensinar conceitos de física relacionados ao conteúdo de relatividade restrita. Entende-se que por proporcionar a concretização de elementos necessários para a compreensão de tópicos da relatividade restrita, que este trabalho também possa ser replicado em outros contextos como no caso da deficiência visual, visto a palpabilidade do material confeccionado.

Referências

1. SOUZA, M.A.M. Campos escalares e suas aplicações na física. **A Física na Escola**, v.18, p., 2020.
2. NOBEL, P. *The Nobel Prize in Physics 2020*. 2020 [cited 2020 24 de Dezembro]; Available from: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2020/summary/>. Acesso em: 15 jun. 2021.
3. OSTERMANN, F. and M.A. Moreira. UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A ÁREA DE PESQUISA "FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO". **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, p., 2000.
4. OGIN, S.L., P. Brøndsted, and J. Zangenberg, 1 - *Composite materials: constituents, architecture, and generic damage*, in *Modeling Damage, Fatigue and Failure of Composite Materials*, R. Talreja and J. Varna, Editors. 2016, Woodhead Publishing. p. 3-23.
5. EINSTEIN, A., *Teoria da Relatividade Especial e Geral*. 1 ed. Vol. 1. 1999: Contraponto. 136.
6. ALMEIDA, P.N.d., *Educação Lúdica - Técnicas e Jogos Pedagógicos*. 10 ed. 2000, São Paulo: Loyola.
7. NÓBREGA, M.d.M., D. Lopes Neto, and S.R.d. Santos. Uso da técnica de brainstorming para tomada de decisões na equipe de enfermagem de saúde pública. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v.50, p. 247-256, 1997.

8. GUERRA, A., M. Braga, and J.C. Reis. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, p. 575-583, 2007.
9. FAGUNDES, H.V., *Teoria da relatividade no nível matemático do Ensino Médio*. 1 ed. 2009: Livraria da Física.
10. ALINE OGAWA, A.C., Tomé Klock, Isabela Gasparini. Avaliação da gamificação na área educacional: um mapeamento sistemático. **XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2016.440>. Acesso em: 12 jun. 2021.