



INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS – IFAM
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 04

Kennedy Rufino Batista

PRODUTO EDUCACIONAL

**RELATIVIDADE RESTRITA EM VÍDEOS DO YOUTUBE: O ENSINO
ATRAVÉS DA INVESTIGAÇÃO**

Manaus
2025

Kennedy Rufino Batista

**RELATIVIDADE RESTRITA EM VÍDEOS DO YOUTUBE: O ENSINO ATRAVÉS
DA INVESTIGAÇÃO**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação “O ensino de tópicos de Relatividade Restrita: uma sequência didática investigativa utilizando vídeos como ferramenta sociocultural”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 04 – IFAM/UFAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Dr. José Galúcio Campos

Manaus
2025

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

B333r Batista, Kennedy Rufino.
Relatividade restrita em vídeos do YOUTUBE: o ensino através da investigação /
Kennedy Rufino Batista. – Manaus, 2025.
50 p. : il. color.

Produto educacional proveniente da dissertação - O ensino de tópicos de
relatividade restrita: uma sequência didática investigativa utilizando vídeos como
ferramenta sociocultural (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus*
Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2025.

Orientador: Prof. Dr. José Galúcio Campos.
ISBN 978-65-85652-99-5

1. Física moderna. 2. Relatividade. 3. Ensino por investigação. I. Campos, José
Galúcio. (Orient.). I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Amazonas. II. Universidade Federal do Amazonas. III. Título.

CDD 530

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me concedido forças, física e mental, para desenvolver este trabalho.

Agradeço a FAPEAM pelo fomento da bolsa que foi de suma importância para os estudos e desenvolvimento da pesquisa, pois me permitiu dedicar maior tempo para as atividades acadêmicas da pesquisa de mestrado que originou este produto educacional.

Agradeço ao pessoal da secretaria do MNPEF – Polo 04 pela assistência concedida em momentos de dúvida.

E por fim, agradeço ao professor José Galúcio pela orientação e dicas valiosas que foram fundamentais para o desenvolvimento da presente pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Sumário

Apresentação	6
1. Relatividade.....	7
1.1 O surgimento da Física Moderna	7
1.2 Experimento de Michelson e Morley: a tentativa de detecção do éter	8
1.3 Relatividade de Galileu	12
1.4 Transformações de Lorentz	14
1.5 A Relatividade Restrita de Einstein.....	15
1.6 Relatividade da simultaneidade	17
1.7 Dilatação do tempo	19
1.8 Contração do comprimento	22
2. Ensino por investigação	25
2.1 Elaboração dos problemas pelo professor	25
2.2 Graus de liberdade	26
2.3 Como desenvolver atividades investigativas	27
3. Como ensinar relatividade restrita com vídeos: a sequência de ensino investigativa ..	29
3.1 Relação de vídeos e problema didáticos.....	29
3.2 Definição dos papéis do professor e alunos na atividade investigativa.....	32
3.3 Os Passos da sequência de ensino investigativa	33
4. Considerações finais	38
Referências	39
Apêndices.....	41
Apêndice A – Questionário	41
Apêndice B – Ficha do 1º momento da atividade investigativa (exemplo).....	43
Apêndice C – Ficha do 2º momento da atividade investigativa (exemplo).....	47
Apêndice D – Vídeos apropriados.....	49
Apêndice E – Prova	50

Apresentação

Este produto educacional foi desenvolvido a partir de uma pesquisa científica realizada entre 2023 e 2025, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF - Polo 04), do Instituto Federal do Amazonas (IFAM-CMC) em parceria com a Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A pesquisa foi implementada em uma turma da rede estadual de educação, no município de Manaus-AM.

Vinculado à dissertação de mestrado, o produto educacional foi construído a partir dos resultados de uma investigação sobre quais contribuições para a aprendizagem conceitual de tópicos de Relatividade Restrita poderiam ser obtidas pela implementação de uma sequência de ensino investigativa com alunos do 3º ano do Ensino Médio, quando associada a elementos socioculturais, como vídeos, filmes e séries de ficção ou divulgação científica.

Este material é destinado a professores do Ensino Médio de escolas públicas, e tem o objetivo de auxiliá-los em sua prática docente. Para isso, a primeira seção é destinada para que o professor possa fazer uma rápida revisão histórica, conceitual e matemática sobre a relatividade restrita. Na segunda seção, apresentamos os pressupostos teóricos da metodologia do ensino por investigação, de acordo com os passos propostos por Ana Maria Pessoa de Carvalho, para que o professor compreenda os principais pontos desta estratégia de ensino e que a possa adapta-la a sua realidade se for o caso.

A intervenção pedagógica foi estruturada como uma sequência de ensino investigativa, composta por questionário, aulas teóricas e uma atividade investigativa em grupo, na qual seus problemas didáticos foram elaborados com base em uma lista de vídeos previamente selecionados que apresentam inconsistências, equívocos conceituais e históricos sobre a teoria da relatividade restrita. Além disso, inclui uma prova destinada a avaliar a aprendizagem dos tópicos de relatividade abordados nas aulas.

Nos apêndices encontram-se os materiais necessários para a aplicação da sequência didática relatada neste produto educacional.

1. Relatividade

1.1 O surgimento da Física Moderna

No final do século XIX muitos cientistas acreditavam que as descobertas da Física já haviam sido feitas, sendo preciso apenas o aperfeiçoamento das teorias já existentes, isso graças ao sucesso da Física Clássica no meio científico, que tornou possível o desenvolvimento da máquina a vapor, telégrafo e eletricidade. Tais tecnologias favoreceram os transportes e a indústria, deram celeridade às comunicações e trouxeram conforto para os lares das pessoas da época. Um desses cientistas era o renomado físico britânico William Thomson (1824 – 1907), também conhecido como Lord Kelvin, que em 1900 fez a célebre afirmação:

“No céu azul da Física só existem duas nuvens: o problema da não detecção do vento do éter e o problema da partição de energia.”

Apesar da fala de Kelvin parecer uma forma de menosprezar esses dois problemas, ela foi fundamental, pois acabou instigando os físicos da época a buscarem soluções a tais questões.

Em 1900, Max Planck publicou seu trabalho sobre radiação de corpo negro, onde apresentou uma resposta para o problema da partição de energia fora do arcabouço da Física Clássica, mesmo sendo um de seus partidários. Fazendo o uso dos resultados de Planck, Einstein publicou um trabalho em 1905 que apresentava uma solução para o problema do efeito fotoelétrico no qual usou a constante de Planck h . Considerou que os elétrons emitidos pela superfície de uma placa metálica, quando atingidos por luz de determinadas frequências, se davam em pacotes de energia quantizados onde n é denominado número quântico principal, que só pode assumir valores inteiros e positivos, de modo que $n = 1, 2, 3, \dots$ E_n é a energia associada a cada nível quântico, como vemos na equação a seguir:

$$E_n = nh\nu$$

Tal emissão não dependia da intensidade da luz incidente, mas da frequência (ν). Assim, esta nuvem de Kelvin acabou se constituindo na porta para um mundo da Física que originou a Mecânica Quântica.

Em 1905, Einstein publicou outro artigo intitulado *“Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”* onde propôs o princípio da relatividade restrita, aplicável tanto às

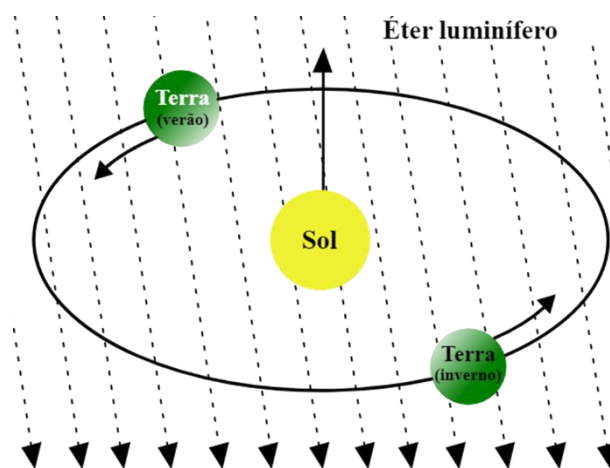
leis da mecânica quanto as da eletrodinâmica. Tal princípio implica a inexistência do éter como referencial privilegiado, que preenchia o espaço e servia de meio para a propagação da luz, e por isso, a impossibilidade de construir um experimento capaz de detectá-lo. Dessa forma, a nuvem de Kelvin que trata do movimento do éter, se constituiu uma porta para a relatividade.

Os dois problemas apontados por Kelvin, foram solucionados usando pressupostos teóricos que não estavam de acordo com a Física Clássica, talvez essas duas nuvens sejam as questões mais importantes da Física da era contemporânea, dando origem ao que conhecemos hoje como Física Moderna.

1.2 Experimento de Michelson e Morley: a tentativa de detecção do éter

Em 1887, os físicos Albert A. Michelson (1852-1931) e Edward W. Morley (1838-1923) construíram um sofisticado aparato experimental para detectar o movimento relativo da Terra. Na época, era consenso para maioria dos físicos que a luz, assim como outras ondas, necessitava de um meio para se propagar. Esse meio, denominado éter luminífero, seria uma espécie de fluido que preenchia todo o espaço e seria um referencial privilegiado para a propagação da luz.

Figura 1 – Preenchimento do espaço pelo éter



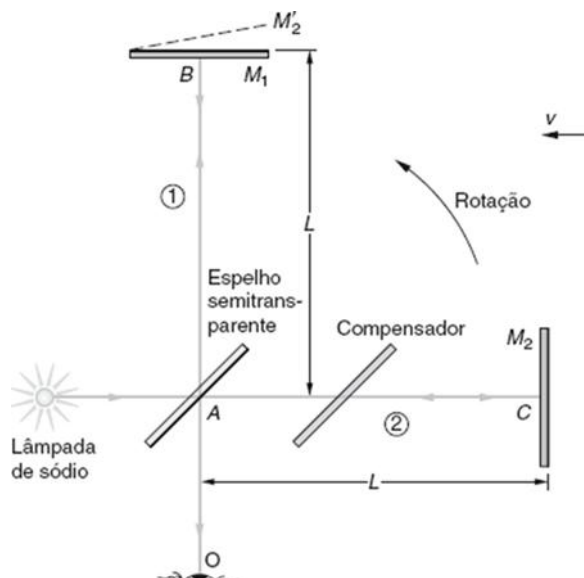
Fonte: espaço tempo (2023).

Michelson e Morley construíram seu interferômetro (figura 2) partindo da premissa de que a velocidade da luz em relação a Terra dependesse da direção de propagação, como um barco que navegue em uma correnteza, sendo a Terra o barco e o rio o éter. Caso a velocidade da luz estivesse no mesmo sentido da velocidade V do “vento

do éter” teríamos: $v' = c - V$. Em que v' é a velocidade relativa. Por outro lado, se a velocidade da luz estivesse em sentido oposto ao “vento do éter” ficaria: $v' = c + V$.

Isso nos mostra que em ambos os casos a velocidade da luz não poderia ser constante. Hoje sabe-se que tal consideração seria uma violação do princípio da causalidade, e por conseguinte do postulado da constância da velocidade da luz.

Figura 2 – Representação esquemática do interferômetro



Fonte: Adaptado de Tipler e Llewellyn (2014).

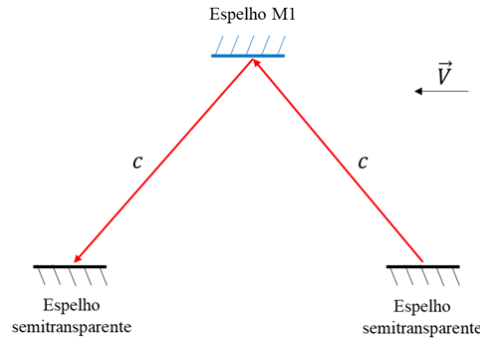
No experimento, representado na figura 2, a lâmpada emite um raio de luz, que se divide em dois ao incidir no espelho semitransparente A. Os raios percorrem os dois braços de comprimento L perpendiculares entre si. Nas extremidades dos braços encontram-se os espelhos M_1 e M_2 que refletem a luz de volta ao espelho semitransparente. O movimento do éter em relação ao equipamento, faria aparecer uma diferença nos tempos de percurso dos raios pelos caminhos 1 e 2. Michelson e Morley previram que essa diferença resultaria em franjas de interferência no espelho semitransparente.

As demonstrações a seguir ilustram o que era esperado como resultado da experiência.

- **Para o percurso percorrido pelo raio 1**

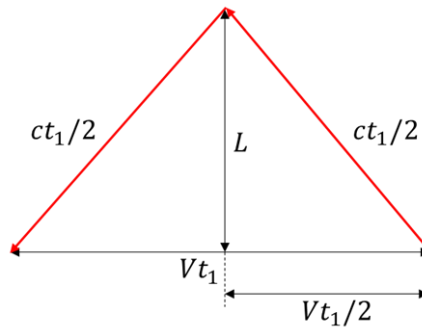
Como o interferômetro está se movendo com velocidade V para esquerda, um observador em um referencial fixo (éter) verá a trajetória da luz como na Figura 3.

Figura 3 – Trajetória do raio 1 na perspectiva de um observador no referencial fixo



Fonte: Autor (2023).

Chamaremos de t_1 o tempo que o raio leva para ir até espelho M1, refletir e voltar ao espelho semitransparente. Para obter a sua expressão, recorre-se ao teorema de Pitágoras, como no esquema a seguir:



$$\left(\frac{ct_1}{2}\right)^2 = L^2 + \left(\frac{Vt_1}{2}\right)^2$$

Resolvendo a expressão acima, isolando t_1 e chamando $\beta = \frac{V}{c}$, teremos:

$$t_1 = \frac{2L}{c} (1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}}$$

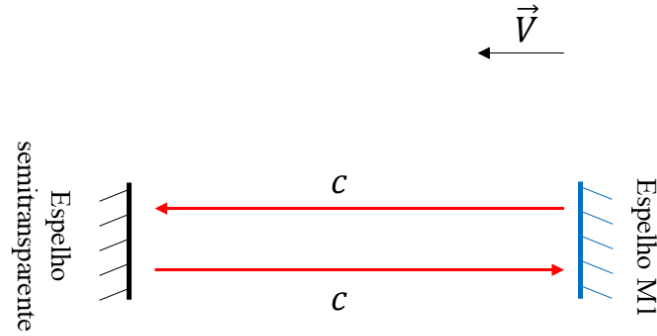
Fazendo uma expansão binomial, de modo que $m = -\frac{1}{2}$ e $x = -\beta^2$, resulta em:

$$t_1 \cong \frac{2L}{c} \left(1 + \frac{1}{2}\beta^2\right)$$

- **Para o percurso percorrido pelo raio 2**

Denominamos t_2 o tempo que o raio 2 leva para atingir o espelho M2 e retornar ao espelho semitransparente. O movimento do raio está na mesma direção da velocidade do éter. Na ida em sentido oposto e na volta em sentido contrário a V , como na figura 4.

Figura 4 – Trajetória do raio 2 na perspectiva de um observador no referencial fixo



Fonte: Autor (2023).

$$t_2 = \frac{L}{c + V} + \frac{L}{c - V}$$

Simplificando a expressão anterior, resulta em:

$$t_2 = \frac{2L}{c} (1 - \beta^2)^{-1}$$

Fazendo expansão binomial de modo que $x = \beta^2$ e $m = -1$, fica:

$$t_2 \cong \frac{2L}{c} (1 + \beta^2)$$

Logo a diferença entre os tempos t_1 e t_2 será:

$$\Delta t = \frac{L\beta^2}{c}$$

Girando o aparato experimental (figura 2) em 90 graus no sentido anti-horário, por analogia com os cálculos anteriores teremos:

$$t_1^* \cong \frac{2L}{c} (1 + \beta^2)$$

$$t_2^* \cong \frac{2L}{c} \left(1 + \frac{1}{2}\beta^2\right)$$

E a diferença entre os tempos t_1^* e t_2^* ficará:

$$\Delta t^* = -\frac{L\beta^2}{c}$$

A discordância na chegada dos raios 1 e 2 até o espelho semitransparente fará aparecer franjas de interferência. A diferença de caminho ótico (Δ) dos percursos dos raios 1 e 2 é determinada como segue:

$$\Delta = c\Delta t \rightarrow \Delta = L\beta^2$$

Com o experimento girado 90 graus:

$$\Delta^* = c\Delta t^* \rightarrow \Delta^* = -L\beta^2$$

A figura de interferência observada sofreria um deslocamento correspondente à diferença entre os caminhos ópticos das duas situações, dado por:

$$\Delta - \Delta^* = 2L\beta^2$$

Dessa forma, ao considerar o comprimento de onda da fonte, o deslocamento medido em função do número de franjas é:

$$\frac{\Delta - \Delta^*}{\lambda} = \frac{2L\beta^2}{\lambda}$$

No experimento de 1887, Michelson e Morley usaram $L = 11 \text{ m}$, uma lâmpada de sódio com $\lambda = 590 \text{ nm}$ e $V = 30 \text{ km/s}$ (velocidade de translação da Terra). Tais valores correspondem, quando substituídos na equação, a um deslocamento da ordem de 0,4 franjas (40% da largura de uma franja). No entanto, foi observado no experimento o deslocamento de apenas 1% da largura de uma franja (0,01), valor da mesma ordem que a precisão do instrumento.

O objetivo do experimento de Michelson e Morley era medir a velocidade da luz em relação ao interferômetro, o que equivaleria a demonstrar que a Terra estava se movendo em relação ao éter, representando, portanto, uma prova de sua existência. Contudo, vale ressaltar que um experimento dessa natureza já havia sido realizado 38 anos antes, em 1849, pelo físico francês Armand Hyppolyte Louis Fizeau (1819-1896). No entanto, a experiência de Michelson e Morley não confirmou a existência do éter, e sem intencionalidade, acabou por mostrar a constância da velocidade da luz independentemente do referencial, mesmo com a aversão de seus executores a essa possibilidade.

Em um contexto mais amplo, com base neste e em outros experimentos, devemos concluir que as equações de Maxwell estão corretas e que a velocidade das ondas eletromagnéticas é a mesma em todos os referenciais inerciais, independentemente do movimento da fonte em relação ao observador.

1.3 Relatividade de Galileu

No início do século XX já existia uma teoria da relatividade estabelecida no meio científico, a chamada relatividade galileana. De acordo com Galileu Galilei (1564 – 1642), a Física deveria ser a mesma para observadores que se deslocam com movimento uniforme um em relação ao outro. Tal princípio pode ser enunciada da seguinte forma:

“Se as leis da Mecânica são válidas em um dado referencial inercial, então são válidas em qualquer outro referencial inercial que se mova com movimento uniforme em relação ao primeiro.”

Esse princípio reflete a impossibilidade de existência de um referencial absoluto, ou seja, o movimento de um corpo (referencial inercial) somente pode ser medido em relação ao outro corpo que também seja um referencial inercial. É impossível detectar o movimento retilíneo uniforme de um referencial em relação a outro por qualquer efeito sobre as leis da dinâmica.

Da relatividade de Galileu decorre que qualquer referencial em movimento retilíneo uniforme em relação a um referencial inercial, também será inercial. Como exemplo disso, se dois asteroides A e B (no meio interestelar, livres da ação de qualquer campo gravitacional) em movimento retilíneo uniforme se cruzarem no espaço, como determinar qual deles está em movimento? Para o asteroide A, B estará em movimento em relação a seu referencial e como consequência será inercial. Para o asteroide B, A é quem estará em movimento e será inercial para B. Pelo fato de ambos serem referenciais inerciais, os dois pontos de vista são válidos.

Galileu elaborou um conjunto de equações que sintetizam matematicamente esses princípios, conhecidas como “Transformações de Galileu”, apresentadas nos livros de Ensino Médio como “Composição de Movimento”. Suas equações são adequadas a situações do cotidiano que envolvem baixas velocidades comparadas a da Luz. Como consequência das transformações de Galileu temos:

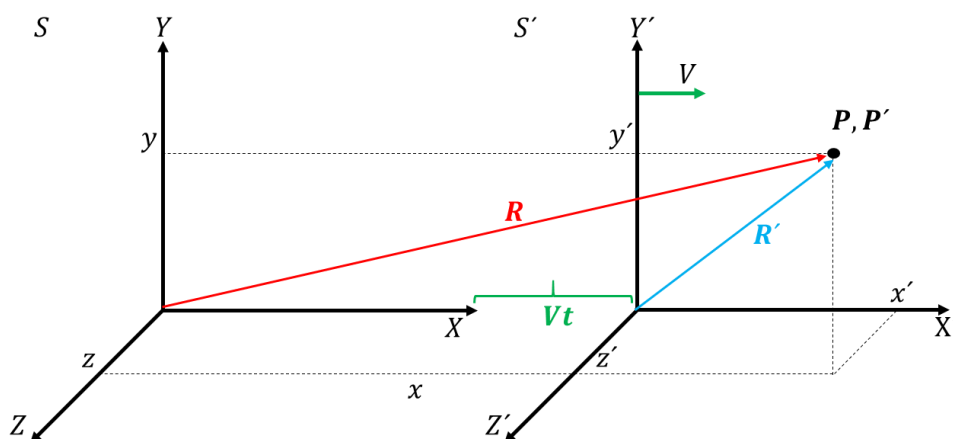
- O tempo não depende do referencial. O intervalo de tempo de um evento medido em diferentes referenciais é invariante ($\Delta t' = \Delta t$). Tal invariância implica a existência de uma escala de tempo universal.
- Os comprimentos são invariantes. A medida do comprimento de uma barra L em um referencial S será a mesma se esta for medida a partir de outro referencial S' ($L' = L$).

1.4 Transformações de Lorentz

As transformações de Galileu ajustam-se precisamente em situações onde $V \ll c$. Se considerarmos tais transformações para dois referenciais inerciais S e S' que se deslocam ao longo do eixo X e cujas velocidades sejam c e V respectivamente, não serão compatíveis com os postulados de Einstein da Relatividade Restrita. Como consequência, as transformações de Galileu precisam ser modificadas para se tornarem compatíveis com os resultados de Einstein, de forma que tais mudanças, permitam a redução das novas equações às transformações de Galileu para o caso de $V \ll c$.

Para obterem as equações, Hendrik Lorentz (1853-1928) e George Fitzgerald (1851-1901) consideraram que, em dois referenciais S e S' dispostos como na figura 5, são emitidos simultaneamente dois pulsos luminosos (eventos) a partir da origem de cada referencial cujos raios são R e R' respectivamente, e o ponto $P = P'$ é onde as frentes de onda se cruzam.

Figura 5 – Esquema dos referenciais das Transformações de Lorentz



Fonte: Autores (2023).

A partir da análise e desenvolvimento matemático do problema, que pode ser consultado em livros de Física Moderna de nível superior¹, chegaram a um conjunto de equações que relaciona a posição em x' e o tempo t' do referencial S' com x e t do referencial S . Essas equações são denominadas de Transformações de Lorentz.

$$x' = \gamma(x - Vt) \quad y' = y \quad z' = z \quad t' = \gamma\left(t - \frac{\beta}{c}x\right)$$

¹ NUSSENZVEIG, H. M.. Curso de Física Básica: vol. 4. Óptica, Relatividade, Física Quântica. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

O termo γ é denominado fator de Lorentz, e pode ser escrito da seguinte forma:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Portanto, das transformações de Lorentz, temos as seguintes consequências para referenciais que se movem com velocidades próximas as da luz:

- As medidas de tempo de determinado evento, mensuradas no referencial S e S', não serão as mesmas como na relatividade de Galileu;
- Se uma barra tem comprimento L no referencial S e L' no referencial S', de forma que esteja em repouso com relação a S', as medidas de comprimento da barra em ambos os referenciais não serão iguais como prever a relatividade de Galileu;
- Considerando o limite em que,

$$V/c \rightarrow 0$$

Tem-se,

$$\gamma = 1.$$

É o chamado limite clássico, quando as transformações de Lorentz se convertem nas transformações de Galileu.

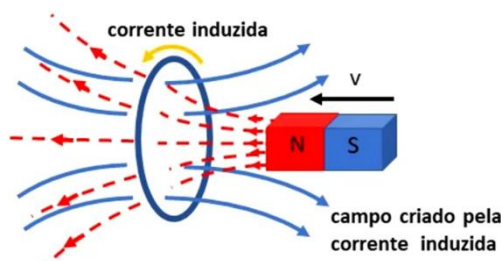
Essas equações surgiram antes dos trabalhos de Einstein sobre a relatividade, como uma possível explicação para tentar validar o resultado nulo do experimento de Michelson e Morley. Lorentz e Fitzgerald propuseram que o experimento fora nulo, porque todo objeto sofreria uma contração em seu comprimento ao longo da direção do movimento do éter. Hoje sabemos que corpos com velocidades próximas à da luz sofrem contração, mas isso não tem nenhuma relação com a existência do éter. A contração de Lorentz, quando foi elaborada, tinha caráter matemático. A explicação física para o fenômeno foi estabelecida por Einstein em 1905, como veremos adiante.

1.5 A Relatividade Restrita de Einstein

O que difere o trabalho de Einstein sobre a relatividade do de outros físicos de sua época, é que ele não tinha o objetivo de detectar o éter ou provar sua existência. Não considerou qualquer efeito que esse meio hipotético viesse desempenhar no movimento relativo de dois corpos.

Em seu trabalho, Einstein teve como ponto de partida a interação eletrodinâmica entre um ímã e um condutor, como na figura a seguir.

Figura 6 – Indução eletromagnética



Fonte: Toda Matéria (2023).

Einstein investigou se alguém em repouso com relação às cargas, conseguiria medir a corrente elétrica produzida pelo movimento do ímã em relação ao referencial da carga. Para isso, estudou o fato de que, o aparecimento de uma força eletromotriz num condutor em repouso em relação ao ímã que se movimenta nas suas proximidades, também apareceria caso ímã estivesse em repouso e o condutor em movimento. Ele provou também que o aparecimento da corrente elétrica decorre unicamente do movimento relativo entre o ímã e o condutor.

Para validar seus argumentos, Einstein propôs os seguintes postulados que mudaram a relatividade até então conhecida:

➤ **Postulado 1:** princípio da Relatividade Restrita

As leis da Física devem ser as mesmas em todos os sistemas inerciais de referência.

➤ **Postulado 2:** princípio da invariância da velocidade da luz

A velocidade de propagação da luz no vácuo tem um valor constante dado por $c = 299.792.458 \text{ m/s}$ independente do estado de movimento da fonte.

Como consequência do primeiro postulado, temos a inexistência de um referencial privilegiado, ou seja, não é possível detectar um estado de repouso absoluto, é uma generalização do princípio da relatividade de Galileu. O segundo postulado nos diz que a velocidade da luz no vácuo será c , não importando a direção que a fonte se movimenta, por isso pode ser interpretado como uma resposta ao resultado do experimento de Michelson e Morley. Para Einstein a ideia de um "éter da luz" torna-se desnecessária, não

se introduz um espaço de repouso absoluto dotado de propriedades extraordinárias nem se associa um vetor velocidade a um ponto do espaço vazio onde ocorrem processos eletromagnéticos.

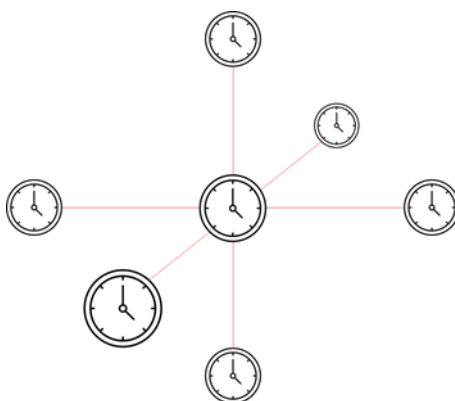
A velocidade da luz é constante no vácuo não por causa da inexistência do éter, mais sim por uma consequência do primeiro postulado. Apesar do segundo postulado tratar da constância da velocidade da luz, a teoria da relatividade não se resume a isso, ela define a estrutura do espaço tempo e como concebemos os eventos, trata se de algo maior, ela reivindica autoridade sobre todos os fenômenos que conhecemos hoje e também sobre aqueles ainda desconhecidos.

1.6 Relatividade da simultaneidade

Como consequência de seus dois postulados da relatividade restrita, e também como forma de validá-los, Einstein faz a descrição da condição para que eventos sejam simultâneos em um dado referencial e também para o sincronismo desses eventos através de relógios de referência. Escreveu que todas as nossas asserções em que o tempo desempenha um papel, são sempre asserções sobre eventos simultâneos.

Para que ocorra a simultaneidade de dois eventos num referencial, é necessário haver o sincronismo entre esses eventos a partir de um observador. Uma forma de obter tal sincronismo, é considerar relógios equidistantes de um relógio de referência num espaço tridimensional, como mostra a figura a seguir.

Figura 7 – Relógios de referência no espaço-tempo



Fonte: Autores (2023).

Digamos que o relógio central da figura 7 seja o relógio de referência, ou seja, a partir dele todos os outros relógios devem ser sincronizados. Ao realizar seu acionamento,

este deve emitir um pulso de luz esférica para fazer o sincronismo que demora um instante Δt para chegar até os relógios.

Figura 8 – Relógios de referência no espaço-tempo



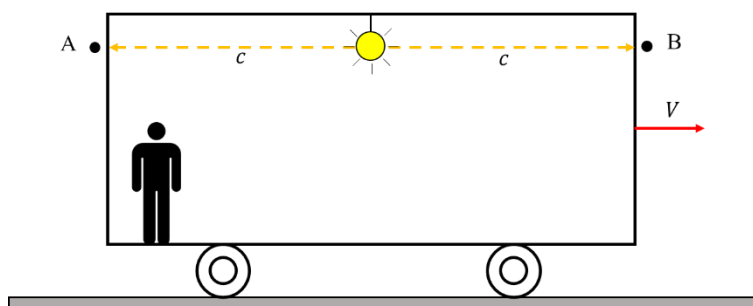
Fonte: Autores (2023).

Considerando a figura 8, para que ocorra o sincronismo os relógios equidistantes do relógio de referência (A e B) devem ser adiantados com o tempo $\Delta t = L/c$, antes da emissão do sinal luminoso que os ativará. Dessa forma, quando o sinal chega do relógio de referência, os relógios começarão a funcionar de maneira sincronizada. Então podemos dizer que o evento recepção do pulso de luz pelos relógios A e B são simultâneos para um observador no referencial do relógio de referência.

O sincronismo descrito anteriormente funciona bem para relógios (referenciais) em repouso com relação ao relógio de referência (observador), mas não funciona caso esses relógios estejam em movimento.

Consideremos que observador viaje num vagão com velocidade próxima à da luz. No teto desse vagão, equidistante de dois pontos A e B localizados nas paredes do vagão, encontra-se uma lâmpada especial que emite dois raios de luz na direção do movimento e em sentidos contrários, como na figura 9.

Figura 9 – Observador dentro do vagão

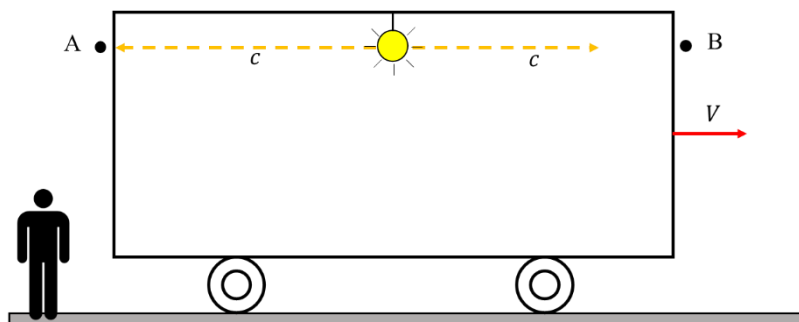


Fonte: Autores (2023)

A chegada do raio de luz no ponto A e a chegada do raio de luz no ponto B são eventos simultâneos para o observador, e não sofrem influência do movimento do vagão, mesmo que este viaje a velocidade da luz.

Ao analisarmos os eventos, chegada da luz nos pontos A e B, a partir de um observador no referencial dos trilhos, este não concordará quanto a simultaneidade dos eventos observada pelo observador no interior do vagão. A figura 10 ilustra o ponto de vista do observador nos trilhos.

Figura 10 – Observador fora do vagão



Fonte: Autores (2023).

O evento “chegada do raio no ponto A” ocorre primeiro do que o evento “chegada no ponto B”, graças ao movimento relativo do trem que se desloca com velocidade próxima à da luz.

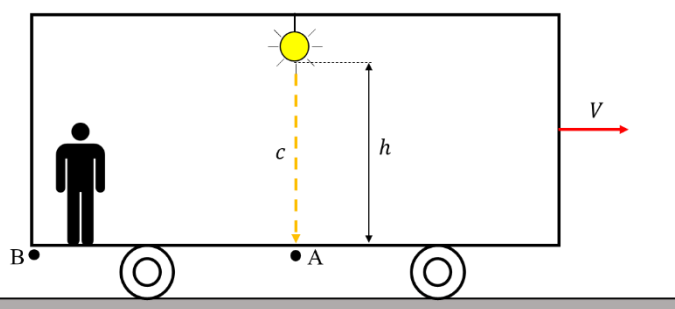
Ao analisar um exemplo semelhante, Einstein percebeu que:

Se dois eventos são simultâneos em um referencial inercial, não são simultâneos em outro referencial que esteja em movimento em relação ao primeiro.

1.7 Dilatação do tempo

Voltando ao exemplo do vagão de trem em movimento com velocidade V próxima à da luz, imaginemos que a lâmpada presa ao teto agora emita um raio de luz na direção perpendicular ao movimento do vagão, com sentido para baixo até o ponto A, como mostra a figura 11.

Figura 11 – Visão do observador no vagão



Fonte: Autores (2023).

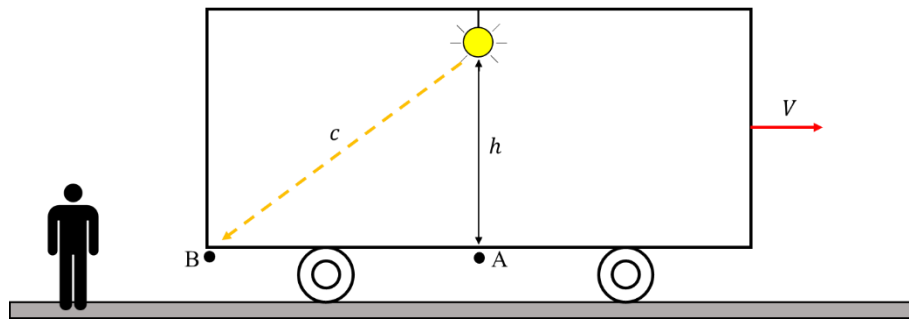
Para o observador dentro do vagão, o raio de luz percorre a altura h , da lâmpada até o ponto A localizado no piso, no intervalo de tempo descrito pela seguinte equação:

$$\Delta t' = \frac{h}{c}$$

Onde $\Delta t'$ é denominado intervalo de tempo próprio, medido pelo observador no referencial onde ocorrem os eventos emissão da luz e sua chegada no ponto A.

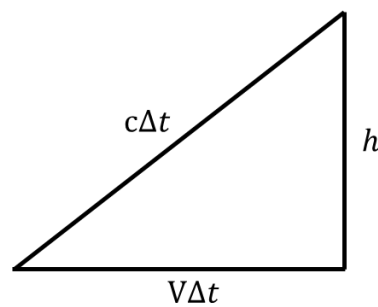
Na figura 12, podemos ver o raio de luz na perspectiva visual do observador no referencial dos trilhos. Percebe-se que a distância percorrida pela luz é maior para ele do que para o observador dentro do vagão. Efeito provocado pelo movimento relativo entre vagão e o referencial dos trilhos.

Figura 12 – Visão do observador de fora do vagão



Fonte: Autores (2023).

Seja Δt o intervalo de tempo medido entre os eventos emissão da luz e sua chegada ao ponto B para o observador fora do trem, e $\Delta t'$ para o observador dentro do vagão. Para calcular Δt em termos de $\Delta t'$, é necessário considerar a geometria espacial do problema, o que nos conduz a utilização do teorema de Pitágoras.



$$(c\Delta t)^2 = (V\Delta t)^2 + h^2$$

Isolando Δt , fica:

$$\Delta t = \frac{h}{\sqrt{c^2 - V^2}}$$

Substituindo $h = \Delta t'c$ na equação acima, fazendo as devidas manipulações matemáticas e chamando $\beta = V/c$ ficamos com a seguinte expressão:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Convertendo o termo do denominador da equação anterior, no fator de Lorentz, podemos reescrever a equação como:

$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$

Essa equação nos revela, que um referencial se movendo com velocidade próxima à da luz em relação a outro qualquer, sofre dilatação do tempo, ou seja, o tempo passa em marcha mais lenta para ele. No exemplo do trem, o observador no referencial dos trilhos medirá um intervalo de tempo maior entre a ocorrência dos eventos descritos, que o medido pelo observador que viaja dentro do vagão, onde ocorrem tais eventos.

Dessa diferença na percepção dos eventos pelos observadores descritos, temos as seguintes considerações:

- Para o observador nos trilhos, o observador no vagão está atrasado quanto a percepção dos eventos emissão da luz e chegada dela ao piso;
- Do ponto de vista matemático, é o fator de Lorentz que exerce influência na diferença entre os intervalos de tempo medidos pelos observadores.

Se

$$\gamma > 1$$

Implica

$$\Delta t > \Delta t'$$

Como descrito no exemplo do vagão, onde os observadores de dois eventos em referenciais diferentes medem essa diferença nos tempos.

Por outro lado, se

$$\gamma = 1$$

Implica

$$\Delta t = \Delta t'$$

Nesse caso teremos $V \ll c$, corresponde ao limite clássico da relatividade restrita. Os intervalos de tempo entre a ocorrência dos eventos emissão e recepção da luz, terão a mesma medida para ambos observadores.

Se por outro lado, no fator de Lorentz ocorrer que

$$\beta^2 > 1$$

Implicaria que a velocidade com que o vagão se desloca é maior que a da luz. Seria a violação de um dos postulados da relatividade restrita, o da constância da velocidade da luz;

- Quanto maior a velocidade V do trem, maior será o fator de Lorentz γ , e como consequência disso, maior será a diferença nos tempos medidos pelos observadores.

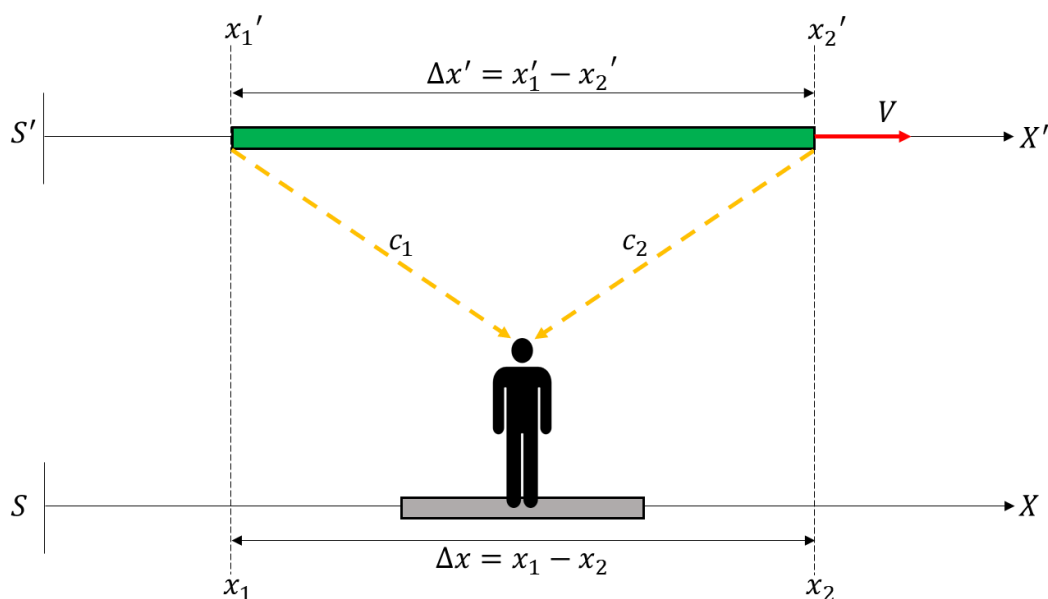
1.8 Contração do comprimento

A contração do comprimento dos objetos na direção do movimento é uma consequência direta da dilatação do tempo. O efeito é causado pela não simultaneidade na recepção dos sinais luminosos das extremidades do objeto que irão formar a imagem. No entanto, tal efeito só pode, em teoria, ser observado em corpos que se movam a velocidades próximas a da luz.

Caso não relativístico

A figura 13 descreve o caso clássico em que uma barra, no referencial S' , se move em relação ao referencial S , onde se encontra um observador que deseja medir seu comprimento a partir da visualização das coordenadas de suas extremidades.

Figura 13 – Barra com $V \ll c$



Fonte: Autores (2023).

Como a velocidade da barra é muito pequena compara da a da luz, os sinais luminosos c_1 e c_2 que partem de suas extremidades, chegam simultaneamente até o observador. Assim a imagem é formada sem alterações em seu comprimento. Pela relatividade de Galileu, teremos:

$$x_1 = x'_1 \quad e \quad x_2 = x'_2$$

E como consequência:

$$\Delta x = \Delta x'$$

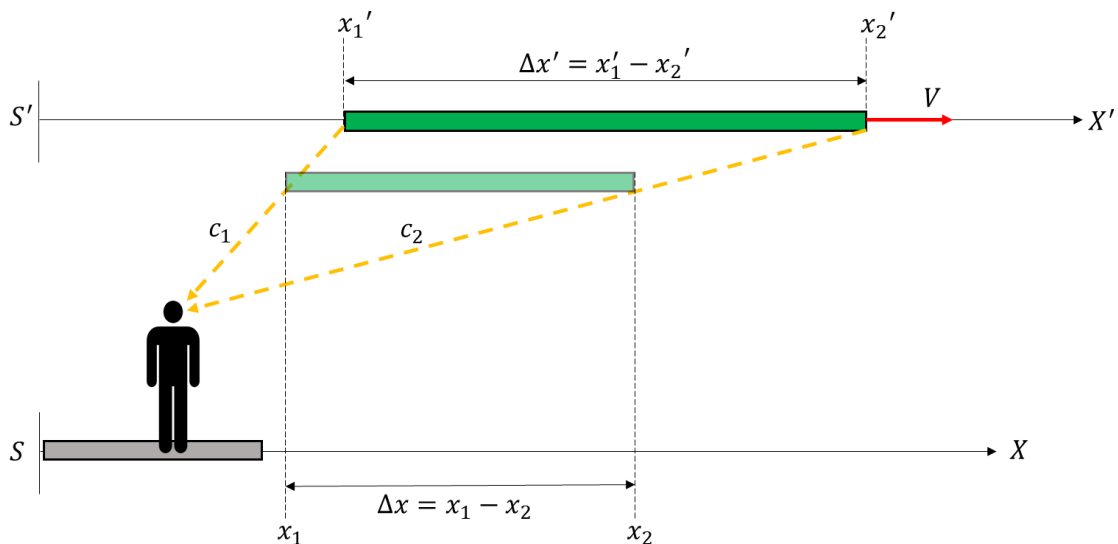
Logo, o comprimento da barra será o mesmo medido no referencial S e no S' . Esse resultado advem do fato que, na relatividade de Galileu, os intervalos de tempo medidos durante a passagem da barra são os mesmos em ambos os referenciais, ou seja:

$$\Delta t = \Delta t'$$

Caso relativístico

A figura 114 mostra o esquema de coordenadas de uma barra que se move com velocidade próxima a da luz. Neste caso, os sinais luminosos c_1 e c_2 que partem das extremidades da barra, não chegam simultaneamente até o observador que se encontra no referencial S .

Figura 14 – Esquema de coordenadas de uma barra que se move com $V \cong c$



Fonte: Autores (2023).

As distâncias percorridas por cada sinal não serão as mesmas, o que provoca um intervalo de tempo Δt entre as recepções dos sinais pelo observador, e é justamente isso que provoca o efeito relativístico da contração do comprimento da barra.

Do ponto de vista matemático, como os comprimentos da barra medidos em S e S' se relacionam? Digamos que o observador em S deseje medir o comprimento da barra ao passar por ele, tendo como referências as coordenadas do referencial S' , ou seja, x'_1 e x'_2 . Usando a transformada de Lorentz para a posição, teremos:

$$x'_1 = \gamma(x_1 - V \cdot t_1) \quad e \quad x'_2 = \gamma(x_2 - V \cdot t_2)$$

e como t_1 e t_2 são medidos no mesmo referencial, fica:

$$t = t_1 = t_2$$

Logo, o comprimento da barra será a diferença entre as coordenadas, ou seja:

$$x'_2 - x'_1 = \gamma(x_2 - V \cdot t) - \gamma(x_1 - V \cdot t)$$

Que fazendo as manipulações matemáticas resulta em:

$$x'_2 - x'_1 = \gamma(x_2 - x_1)$$

Logo:

$$\Delta x' = \gamma \Delta x$$

Ou podemos usar a notação $L = \Delta x$ medido por S e $L_0 = \Delta x'$ medido em S' que ficamos com:

$$L_0 = \gamma L$$

Ou

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

A equação anterior relaciona os comprimentos da barra medidos nos referenciais S e S' . Ela nos revela que o comprimento de um corpo é menor quando ele é medido em um referencial no qual está em movimento. No entanto, apesar de parecer que a barra se contraiu na visão de do observador, ele apenas a visualiza em uma perspectiva que contempla apenas a projeção de seu comprimento, como tentamos mostrar na figura 14, com a barra menor em verde claro.

2. Ensino por investigação

A metodologia do ensino por investigação, é pautada em estratégias que promovem a participação ativa de professores e alunos no processo de aprendizagem, possibilita o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, estimula a cooperação entre eles e contribui para a compreensão da natureza do trabalho científico. Contudo, essa abordagem exige uma interferência significativa do professor, que, durante as atividades investigativas, deve assumir o papel de não apenas observar, mas também reger as atividades, seja em sala de aula ou no laboratório.

Podemos entendê-la a partir de dois princípios básicos:

- A elaboração de problemas (experimentais ou didáticos) pelo professor;
- O grau de liberdade intelectual concedido aos alunos para a realização das atividades.

2.1 Elaboração dos problemas pelo professor

Em escolas onde não existe laboratório de Física, é inviável elaborar uma atividade investigativa com problemas experimentais. Como alternativa, podemos utilizar os problemas didáticos, que estão presentes em uma sequência de ensino investigativa, são elaborados previamente pelo professor com base em critérios conceituais e servem como ponto de partida para iniciar o processo de ensino e de aprendizagem.

Os problemas didáticos quando analisados no contexto da estruturação ou planejamento de sequência de ensino investigativa, cumprem o papel de motivar os alunos nas tarefas e assumem a função de mediadores de segunda ordem. Na perspectiva do sociointeracionismo de Vygotsky, o problema mediador de segunda ordem deve situar-se em torno daquilo que os estudantes já sabem e dominam e daquilo que eles poderão vir a conhecer.

2.2 Graus de liberdade

Em uma atividade investigativa classifica-se a atuação do professor e dos alunos em diferentes níveis. O quadro 1 mostra essa classificação em cinco graus de liberdade intelectual que o professor oferece aos alunos no desenvolvimento de cada etapa de uma atividade investigativa².

² P = proposto pelo Professor; A = proposto pelo Aluno.

Quadro 1 – Graus de Liberdade

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P	P	A	A
Plano de trabalho	P	P	A	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A	A	A	A

Fonte: Carvalho et. al. (2010).

O grau I de liberdade, é quando o aluno só tem a liberdade intelectual de obter dados, caracteriza bem a aula do tipo receita de cozinha, ou seja, o aluno apenas segue um roteiro pré-estruturado, pois o problema, as hipóteses, o plano de trabalho e as próprias conclusões sobre os dados a serem obtidos já estão propostos pelo professor.

O grau II de liberdade é caracterizado por dar aos alunos a liberdade para tirarem conclusões a partir de seus próprios dados e observações feitas. Neste grau, não deve haver a proposição de problemas em que as respostas são fechadas. No grau III de liberdade, não é mais o professor ou o manual que irá propor aos alunos o que deverá ser feito. Os próprios alunos são convidados a elaborar o plano de trabalho para obtenção dos seus dados que os levarão às conclusões do grupo.

O grau IV de liberdade, caracteriza-se pelas atividades em que os alunos só recebem do professor o problema e ficam responsáveis por todo o trabalho intelectual e operacional. Já o grau V, é quando até o problema deve ser elaborado pelos alunos. Os alunos que se encaixam no grau IV e V são caracterizados como jovens cientistas.

2.3 Como desenvolver atividades investigativas

Uma sequência de ensino investigativa pode ser desenvolvida através dos seguintes momentos:

- i. **A proposta do problema pelo professor** — O problema precisa ser compreendido pelos alunos. O professor não deve ter medo de repetir ou redefinir o problema com outras palavras. Se for uma atividade em pequenos grupos no laboratório, o professor deve interagir com os grupos, certificando-se que todos entenderam. Precisa-se ter o cuidado de não dar as respostas nem identificações de como resolver o problema;
- ii. **A resolução do problema pelos alunos** — Ao trabalharem em grupos em um laboratório investigativo, os alunos devem procurar caminhos para investigar suas questões de pesquisa, o principal papel do professor é observar o trabalho dos

grupos, procurando não interferir. É nessa etapa, na interação aluno-aluno, que as hipóteses serão propostas;

- iii. ***A etapa de os alunos apresentarem o que fazem*** — Esse momento é muito importante na construção do conhecimento científico, pois, ao demonstrarem o que fizeram para seus colegas e para o professor e como resolveram o problema, os alunos podem desenvolver um raciocínio metacognitivo que os levam a tomarem consciência de suas ações e o porquê destas;
- iv. ***Etapa da procura de uma explicação causal ou de sistematização*** — Neste momento os alunos precisam entender que a Ciência, e a Física em particular, não são apenas descritivas, mas principalmente propositiva. Elas propõem conceitos novos para o seu entendimento e esses conceitos são construídos justamente para dar sentido à realidade;
- v. ***A escrita do relatório individual ou prova*** — A escrita (ou a prova) é uma atividade complementar à argumentação que ocorre nas etapas anteriores, individualmente ou em grupos pequenos e, depois, na relação professor/turma, onde ambas são fundamentais em um ensino de Física que procura criar nos alunos as principais habilidades do mundo das Ciências.

Ressaltamos que os momentos propostos, são passíveis de mudanças, adaptações e incrementações, de maneira a potencializar o ensino através da perspectiva investigativa, ou seja, os passos não são algo pré-definidos como os roteiros de laboratórios tipo receita de cozinha, mas são flexíveis. Tais momentos servem para que o professor possa ter algo prévio, e com tempo, vá aprimorando sua sequência de atividade investigativa, até atingir uma aprendizagem satisfatória.

3. Como ensinar relatividade restrita com vídeos: a sequência de ensino investigativa

3.1 Relação de vídeos e problema didáticos

Este produto educacional se originou de uma sequência didática aplicada em uma escola que não possui laboratório de Física, logo era inviável elaborar problemas experimentais para uma atividade investigativa. Levando isso em consideração, optou-se por utilizar os equívocos conceituais e as inconsistências encontradas em vídeos do YouTube, que abordam o tema relatividade restrita, e os transformamos em problemas didáticos (ou não experimentais).

Percebemos com as observações realizadas numa turma de 3º ano do Ensino Médio, que quase em sua totalidade, os alunos assistem a vídeos tanto para se entreterem como para estudarem. Com a aplicação de um questionário (Apêndice A) foi possível identificar as características que tornam tais vídeos atrativos para os alunos.

Conhecida as características levantadas no questionário, é possível estabelecer os seguintes critérios para realização da pesquisa de vídeos sobre relatividade restrita, ou de outro conteúdo de Física caso a turma sua apresente o mesmo perfil:

- **Plataforma a ser realizada a busca:** YouTube;
- **Tempo de duração dos vídeos:** no geral médios entre 60s e 5min, podendo ser um pouco maior pois houve também preferência por vídeos de duração entre 5min e 20min. Devido a isso, aconselhamos que se estabeleça um limite de no máximo 10 min de duração para a busca;
- **Filtro de cronologia:** preferencialmente os produzidos nos últimos 5 anos;
- **Canal:** canais de influenciadores conhecidos preferencialmente;
- **Efeitos:** vídeos com algum efeito visual, sonoro e animação;
- **Tema de pesquisa:** relatividade restrita (ou outro tema a critério do professor).

Baseado nos critérios acima, fizemos o levantamento de 14 vídeos dos quais 8 foram usados para determinar os problemas didáticos da atividade investigativa realizada. Do ponto de vista educacional, é essencial que o professor analise como os vídeos, em especial os do YouTube, abordam a relatividade (ou outro tema) quanto à precisão conceitual, matemática e histórica.

Para verificar a veracidade das informações, a precisão conceitual, matemática e histórica é salutar a classificação dos vídeos. A classificação deve ser feita de acordo com as três categorias a seguir:

- **Apropriados** – Apresentam uma interpretação conceitual correta dos fenômenos da relatividade, com exemplos de fácil compreensão e duração adequada. Além disso, as explicações do apresentador devem estar alinhadas com a teoria de forma clara e precisa;
- **Pouco Apropriados** – são aqueles que, embora estejam de acordo com a teoria, apresentam as informações de forma incompleta o que pode gerar interpretações equivocadas por parte dos alunos. Os equívocos na compreensão do tema podem ser influenciados por fatores como a fama do apresentador e do canal, tipos de efeitos, forma de edição e animações presentes no vídeo.
- **Inapropriados** – são vídeos que contêm erros teóricos evidentes, equívocos conceituais facilmente perceptíveis, inconsistência matemática e a supressão de informações importantes. Essas falhas podem resultar em uma compreensão equivocada do tema, levando os alunos a acreditarem nas informações veiculadas no vídeo como verdades absolutas. A crença no vídeo pode ser influenciada por fatores que, eventualmente conferem uma falsa credibilidade, como o elevado número de visualizações e a fama do apresentador.

No quadro 2 a seguir temos a relação dos vídeos sobre relatividade restrita que foram buscados no YouTube e a classificação de cada um de acordo com sua categoria.

Quadro 2 – Relação de vídeos sobre relatividade restrita do YouTube

Título do vídeo	Duração	Canal	Links	Classificação
<i>Tudo sobre contração espacial</i>	8min33s	Prof André Astro	https://abrir.link/YgKSp	Inapropriado
<i>Por que o tempo não existe na velocidade da luz</i>	5min43s	Ciência Todo Dia	https://abrir.link/LJSxA	Pouco Apropriado
<i>Teoria da Relatividade: o tempo não existe</i>	60s	Bruno Farias da Silva	https://abrir.link/WExEs	Apropriado
<i>Dilatação do tempo e contração do espaço</i>	60s	João Justo Pires	https://abrir.link/ibqrc	Apropriado
<i>Entenda a teoria da relatividade em 6 frases</i>	60s	Desvendando o universo	https://abrir.link/czhpj	Pouco Apropriado

<i>Resumo da teoria da relatividade</i>	1min38s	Cortes do Ciência sem Fim	https://abrir.link/bSUHM	Inapropriado
<i>Dilatação do tempo explicada</i>	8min19s	Ciência Narrada	https://abrir.link/MIHSJ	Inapropriado
<i>O que é a contração do espaço?</i>	60s	Bariogênese	https://abrir.link/PdSoT	Inapropriado
<i>Entenda a teoria da relatividade de uma forma simples</i>	8min15s	Tinocando TV	https://abrir.link/JVkmm	Inapropriado
<i>O tempo não existe para a luz</i>	60s	Como é bom ser nerd - Pura Física	https://abrir.link/nkEWV	Pouco Apropriado
<i>Teoria da Relatividade de Albert Einstein</i>	9min12s	Portal da Ciência	https://abrir.link/nKqUW	Pouco Apropriado
<i>Teoria da Relatividade Especial ou Restrita</i>	9min27s	Brasil Escola Oficial	https://abrir.link/nWfnU	Pouco Apropriado
<i>Relatividade Restrita em 1 Minuto</i>	60s	Ciência Todo Dia	https://abrir.link/fuspu	Apropriado
<i>Física dilatação do tempo</i>	60s	Teórica Mente	https://abrir.link/yMWAC	Apropriado

Fonte: autores (2023).

No quadro a seguir temos a relação dos vídeos com os problemas didáticos elaborados a partir dos equívocos e inconsistências encontradas na classificação. Esses são os problemas propostos na atividade investigativa aqui relatada. Pode-se elaborar novos problemas a partir desses e dos outros vídeos constantes na relação do quadro 3³.

Quadro 3 – Vídeos e seus respectivos problemas didático

Título do vídeo	Problema didático
<i>Tudo sobre contração espacial</i>	O vídeo contém uma inconsistência matemática e também uma interpretação equivocada das variáveis ligadas aos referenciais, que pode acarretar erro no cálculo da contração do comprimento
<i>Por que o tempo não existe na velocidade da luz</i>	Observe as afirmações do início do vídeo (0 à 10s) e identifique se há inconsistências na fala do apresentador e também aponte algum aspecto que ajudaria no melhor entendimento das explicações matemáticas dadas.
<i>Entenda a teoria da relatividade em 6 frases</i>	Apesar de pertinente as colocações do vídeo, nos cabe fazer a pergunta: é possível entender a teoria da relatividade em 6 frases?
<i>Dilatação do tempo explicada</i>	Apesar da fala em cima das imagens e animações mostradas no vídeo serem coerentes em algumas partes, tentam explicar a dilatação do tempo com uma descrição matemática inadequada. No exemplo do

³ Professor, você pode acessar através do link, as análises e a classificação de cada vídeo. Poderá elaborar outros problemas didáticos. https://drive.google.com/file/d/1PIVjPN_SMJTNbJeKeWtxfli5w9qhiv/view?usp=sharing.

	paradoxo dos gêmeos também é omitido um detalhe que pode causar interpretação errada.
<i>O que é a contração do espaço?</i>	A apresentadora comete um deslize ao falar da contração do espaço de acordo com o referencial de seu exemplo e também se equivoca na forma como mostra a aparência visual da contração do espaço para um observador externo, o que pode causar um erro de interpretação teórica.
<i>Entenda a teoria da relatividade de uma forma simples</i>	O apresentador comete equívocos na explicação do contexto histórico do surgimento da teoria da relatividade restrita, atribuindo concepções a um cientista que não são dele e também omite informações importantes para compreensão de como surgiu essa teoria.
<i>O tempo não existe para a luz</i>	No vídeo 2, o apresentador omite detalhes que podem causar uma interpretação errônea para quem assistiu, sobre o fenômeno que ele se propõe a explicar.
<i>Teoria da Relatividade Especial ou Restrita</i>	o problema desse vídeo, consiste em um equívoco na explicação do contexto histórico relacionado ao problema estudado por Einstein para conceber a relatividade restrita.

Fonte: autores (2025).

3.2 Definição dos papéis do professor e alunos na atividade investigativa

Antes de desenvolver uma sequência didática investigativa com uma turma, é fundamental que o professor defina o seu papel e o dos alunos na atividade investigativa a ser realizada. Para definir tais papéis, no âmbito da metodologia do ensino por investigação, podemos nos embasar no quadro 1. Cada professor pode elaborar seu próprio quadro considerando as particularidades de sua turma, os recursos materiais disponíveis e as condições do ambiente escolar em que a sequência didática for aplicada.

Adaptamos o quadro 1 à realidade da turma que foi desenvolvida a sequência de ensino investigativa que originou este produto educacional. O quadro 2 apresenta a definição dos papéis dos alunos (A) e do professor (P) em cada etapa do processo investigativo.

Quadro 4 – Graus de Liberdade de nossa SEI

	Grau I	Grau II	Grau II-III	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	P	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P	A	P	A	A
Ficha da atividade investigativa	P	P	P	A	A	A
Observações e discursões	A	A	A/P	A	A	A
Justificativas e conclusões	P	A	A	A	A	A

Fonte: autores com base em Carvalho et. al. (2010).

Podemos observar no quadro 4, a presença de um grau intermediário (Grau II-III) entre o grau II e o grau III. Este grau foi criado especificamente para esta sequência

didática, com objetivo de desenvolver a atividade investigativa aqui proposta. Procedemos da seguinte forma:

- O problema deve ser proposto pelo professor aos alunos;
- As hipóteses para a resolução do problema devem ser elaboradas pelos alunos;
- A ficha da atividade investigativa contendo as instruções, problemas e links dos vídeos deve ser fornecida pelo professor;
- Observações e discussões sobre o problema ficam em primeiro momento a cargo dos alunos e em segundo momento o professor participa das discussões, promovendo os direcionamentos necessários.
- A elaboração de justificativas, das hipóteses e conclusões ficam a cargo dos alunos.

3.3 Os Passos da sequência de ensino investigativa

A sequência de ensino investigativa aqui proposta divide-se em cinco passos, como descritos do quadro 3. Ressaltamos que as atividades, devem ser apresentadas previamente aos estudantes, para que possam conhecer como será as aulas a partir desse momento.

Quadro 5 – Passos da sequência didática

Passos	Atividades	Aulas⁴
1º	Questionário	1
	Definição dos grupos	
2º	Aulas de conteúdo	4
3º	Instruções aos grupos	2
	Início atividade investigativa (1º momento)	
	Intervenção do professor	
4º	Reformulação de hipóteses e justificativas (2º momento)	1
	Fim atividade investigativa	
5º	Aplicação da prova	1

Fonte: autores (2024).

Os passos expostos no quadro 5, evidenciam a metodologia que deve ser empregada do início ao fim das atividades propostas aos alunos de uma turma de 3º ano do Ensino Médio. A partir daqui descreveremos os cinco passos.

1º Passo – No primeiro passo faz-se a aplicação do questionário. Ele permitirá identificar os elementos que mais atraem a atenção dos alunos em vídeos de divulgação

⁴O tempo de cada aula será de 48 minutos, totalizando uma carga horária de 7 horas e 20 minutos.

científica, especialmente aqueles que abordam temas de Física, como a Relatividade. Nesse passo realiza-se a divisão dos alunos em grupos de quatro ou cinco integrantes e eleger-se um estudante para que o professor possa compartilhar as informações e materiais digitais para a turma através dele, o ideal é que seja o representante da turma ou alguém assíduo e responsável.

2º Passo – O segundo passo é a ministração das aulas em slides. Devem ser utilizados elementos gráficos, simulações, vídeos e animações. É fundamental que no decorrer das explicações do conteúdo, o professor apresente alguns problemas e situações da relatividade que envolvam aspectos históricos, conceituais e matemáticos. O material contendo a sequência de aulas se encontra no link: https://drive.google.com/file/d/1VAb7BtVojg60Yq5Pih8E_ocSN3V-Yneu/view?usp=sharing.

É importante que o professor exponha aos alunos, através de provocações, os conceitos de tempo, espaço, movimento e referencial. Os vídeos que estão em links e Qr code nos slides, devem ser assistidos pela turma ao fim de cada tópico a qual estão relacionados. Esses vídeos são uma forma de deixar a aula menos monótona e prender a atenção da turma.

3º Passo – No terceiro passo, os alunos iniciam a realização da atividade investigativa. Primeiramente, deve-se entregar a ficha correspondente ao 1º momento (Apêndice B) e fornecer as seguintes instruções: preenchimento de lápis; podem fazer desenhos ou esquemas; não devem se comunicar com os integrantes dos outros grupos; o professor não responderá dúvidas relacionadas ao conteúdo e problema proposto nesse momento. O professor deve disponibilizar a cada grupo dois vídeos acompanhados de seus respectivos problemas didáticos, que podem os do quadro 3. Os alunos devem assistir aos vídeos quantas vezes forem necessárias, analisar os conteúdos de Física apresentados, discutir entre si e registrar suas observações. O objetivo é identificar possíveis inconsistências, superficialidades, elementos desnecessários ou equívocos conceituais, que estão implícitos nos problemas didáticos. Na ficha, os alunos devem registrar suas observações, levantar duas hipóteses para resolver o problema de cada vídeo e suas respectivas justificativas, de maneira coerente com os conceitos abordados em aula.

O quadro 6 mostra um exemplo do 1º momento da atividade investigativa de um dos grupos da pesquisa a qual baseamos esta sequência de ensino investigativa.

Quadro 6 – Atividade 1º momento

Grupo 2	
Título do 1º vídeo: dilatação do tempo explicada	
Problema: Apesar da fala em cima das imagens e animações mostradas no vídeo serem coerentes em algumas partes, tentam explicar a dilatação do tempo com uma descrição matemática inadequada. No exemplo do paradoxo dos gêmeos também é omitido um detalhe que pode causar interpretação errada.	
Observações realizadas a respeito do vídeo: “a duração do vídeo é certamente muito longa para um assunto que pode ser explicado mais detalhadamente com edições melhores e vídeo mais curto. Além dos cálculos que estão fora de contexto e que certamente são inadequados.”	
Hipóteses dos alunos	Justificativas dos alunos
Hip. 1: “efeitos visuais, imagens não apropriadas e fora de contexto.”	Just. 1: “poderia ter feito um vídeo mais curto, porém com explicações, efeitos e imagens melhores e fáceis para se entender.”
Hip. 2: “os cálculos não estão adequados para a explicação.”	Just. 2: “os cálculos mostrados no vídeo não são coerentes com a explicação.”
Título do 2º vídeo: entenda a teoria da relatividade em 6 frases	
Problema: Apesar de pertinente as colocações do vídeo, nos cabe fazer a pergunta: é possível entender a teoria da relatividade em 6 frases?	
Observações realizadas a respeito do vídeo: “vídeo muito curto para um assunto muito complicado para compreender em 6 frases.”	
Hipóteses dos alunos	Justificativas dos alunos
Hip. 1: “muito difícil entender a teoria da relatividade em um vídeo muito curto com uma explicação muito superficial”	Just. 1: “poderia ser feito um vídeo mais longo, porém mais explicativo para compreender melhor.”
Hip. 2: “explicação muito superficial.”	Just. 2: “a relatividade necessita de exemplos teóricos práticos e que mostre as formulas do tempo e do espaço para ser compreendida”

Fonte: autores (2024).

4º Passo – É onde ocorre a intervenção do professor. Deve-se dialogar individualmente com cada grupos sobre os problemas identificados em suas observações, sobre as hipóteses levantadas e suas respectivas justificativas. Durante essa etapa, o professor avalia se o grupo está seguindo o caminho correto ou se há necessidade de ajustes, oferecendo dicas e orientações pontuais. Deve ter o cuidado para não revelar a solução dos problemas dos vídeos, incentivando os alunos a reformularem suas hipóteses e justificativas quando necessário, além de sugerir melhorias para aquelas que já estavam alinhadas com a explicação correta. Aqui deve ser entregue uma lista contendo os vídeos classificados como apropriados (Apêndice D), que serviram como revisão e parâmetro de qualidade quando comparados com os vídeos que estão analisando.

Ao fim das intervenções do quarto passo, faz-se a entrega da ficha do 2º momento (Apêndice C) da atividade investigativa. Nela, os alunos devem escolher apenas a

hipótese e justificativa que estiver mais coerente com o problema didático e fazer as correções que julgarem pertinentes após a intervenção do professor.

O quadro 7 mostra um exemplo do 2º momento da atividade investigativa do mesmo grupo que fez a atividade do quadro 6.

Quadro 6 – Atividade 1º momento

Grupo 2	
Título do 1º vídeo: dilatação do tempo explicada	
Hipótese dos alunos	Justificativa dos alunos
“Efeitos visuais e imagens fora de contexto e fórmulas apresentadas não são adequadas para o assunto.”	<i>“Poderia ter feito um vídeo mais curto, porém com explicações, efeitos e imagens melhores e fáceis para se entender.</i> <i>As expressões matemáticas adequadas para o assunto, seriam:</i> $\Delta t = \gamma \Delta t_0 \rightarrow \text{dilatação do tempo}$ $L = \frac{L_0}{\gamma} \rightarrow \text{contração do espaço.}$ <i>As explicações matemáticas usadas no vídeo podem confundir alguém que vá ver o vídeo a procura de uma boa explicação.”</i>
Título do 2º vídeo: entenda a teoria da relatividade em 6 frases	
Hipótese dos alunos	Justificativa dos alunos
“Muito difícil entender a teoria da relatividade em um vídeo muito curto com uma explicação muito superficial”	<i>“Poderia ter feito um vídeo mais explicativo e se aprofundado mais no assunto para que, para quem está assistindo o conteúdo entenda melhor, poderia ter adicionado cálculos no vídeo explicando o assunto.”</i>

Fonte: autores (2024).

Com o desenvolvimento do quarto passo, conclui-se a atividade investigativa com os alunos.

5º Passo – No quinto e último passo, aplica-se uma prova (Apêndice E), que tem como objetivo avaliar a aprendizagem dos conceitos relacionados aos seguintes tópicos de Relatividade Restrita: contexto histórico de seu surgimento; conceito de referencial; contribuições de Albert Einstein para a Física e o significado dos seus postulados da relatividade; simultaneidade relativa; dilatação do tempo; contração do comprimento e sua aparência visual. Nesse passo tem-se também o objetivo de verificar se a atividade investigativa contribuiu para a construção desses conhecimentos. A avaliação consiste em dez questões de múltipla escolha, contemplando tanto cálculos quanto aspectos teóricos. Deve ser aplicada individualmente, de preferência, mas pode ser em duplas a depender da quantidade de alunos da turma. A nota atribuída é 1 (um) ponto por questão.

Quanto a atribuição de nota aos grupos pela atividade investigativa, o professor pode estabelecer seus próprios critérios. Mas recordamos que utilizem os seguintes, que estão classificados em ordem de relevância:

- 1º - elaboração das observações, hipóteses e justificativas de forma mais coerente possível com o problema relacionado ao vídeo;
- 2º - respostas aos questionamentos feitos durante a intervenção no 2º momento.
- 3º - quantidades de vezes que o grupo solicitou a presença do professor para tirar dúvidas de algo já explicado anteriormente;
- 4º - tempo que o grupo levou para finalizar a atividade investigativa;

O ideal é que a nota da atividade investigativa esteja dentro do intervalo entre a menor e a maior nota de aprovação, considerando que o objetivo da proposta não é apenas avaliar a aprendizagem, mas também promover uma participação mais ativa, o engajamento e a interação entre os integrantes do grupo. No entanto, essa estratégia não deve ser revelada aos alunos, para que eles acreditem que o desinteresse ou falta de empenho na atividade poderá resultar em uma nota baixa.

4. Considerações finais

A internet oferece inúmeras facilidades, como o acesso a vídeos em diversas plataformas. Alunos podem assistir a conteúdos curtos que resumem aulas extensas e consultá-los fora do ambiente escolar em seus celulares. Embora pareça um cenário ideal, onde o professor seria apenas um mediador, surge uma questão crucial: quem garante a qualidade e a precisão conceitual dos conteúdos apresentados nos vídeos? Na perspectiva do material proposto, esse papel é do professor, essencial para orientar e validar o aprendizado dos alunos.

A prática investigativa proposta, integra o ensino por investigação aos vídeos, considerados elementos socioculturais. Essa abordagem permite que os alunos, ao resolverem problemas didáticos associados aos vídeos, realizem observações, levantem hipóteses e construam justificativas. Dessa forma, cria-se um ambiente investigativo onde os alunos podem ser conduzidos por um processo científico, mesmo que simplificado.

A participação ativa dos alunos na atividade investigativa, aliada à devida orientação do professor, possibilita que consigam responder, de forma coerente, à maioria dos problemas didáticos propostos. O desempenho na prova deve ser entendido como consequência das aulas ministradas e do processo investigativo realizado. Por meio dos problemas didáticos relacionados aos equívocos e inconsistências presentes nos vídeos, os alunos discutem entre si, assistem aos vídeos várias vezes e, assim, internalizam o conhecimento sobre os tópicos de Relatividade Restrita abordados nas aulas.

Por fim, as contribuições para a aprendizagem através da sequência de ensino investigativa proposta, bem como da estratégia de ensino como um todo, tornar-se-ão evidentes através da análise do desempenho alcançado pelos grupos nas atividades e nos resultados obtidos na prova.

Referências

- AZEVEDO, M.C.P.S.. **Ensino por Investigação**: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*, São Paulo: Thomson, 2004.
- BEZERRA, V. A.. **Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física**. *Scientiae Studia*, v. 4, p. 177-220, 2006.
- BORGES, A. T.. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 17 março 2023.
- CAPELARI, D.. **Uma sequência didática para ensinar relatividade restrita no ensino médio com o uso de TIC**. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo I, 2016.
- CARUSO, F.; OGURI, V.. **Física Moderna**: origens clássicas e fundamentos quânticos. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- CARVALHO, A. M. P. et al.. **Ensino de Física**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2010. Acesso em: 07 jan. 2025.
- CARVALHO, A. M. P.. **As práticas experimentais no ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, p. 53-77, 2010.
- CARVALHO, A. M. P.. **Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 765-794, 2018.
- CARVALHO, A. M. P.. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013.
- EINSTEIN, A. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik* 17, p. 891–921, 1905a. Traduzido por Oliver F. Piattella com título **Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento**. Publicado em: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2005.
- FALCIANO, F. T.. **Cinemática relativística**: paradoxo dos gêmeos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 19-24, 2007.
- GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física**: uma visão baseada na teoria de Vygotsky. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- GAZZINELLI, R.. **Teoria da Relatividade Especial**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.
- GRIFFITHS, D. J.. **Eletrodinâmica**. 3 ed. São Paulo: Pearson, 2011.
- LIMA, G. C.. **A ficcionalização da ciência como recurso didático no ensino médio**: investigando tópicos de relatividade do Delorean à USS Discovery. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo I, 2019.

NAGUMO, E.; TELES, L. F.. **Checagem da veracidade do conteúdo de vídeos do Youtube que universitários utilizam para estudar**. Scielo preprints, 2022. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3609> >. Acesso em 2 de abril de 2024.

NAGUMO, E.; TELES, L. F.; DE ALMEIDA SILVA, L.. **A utilização de vídeos do Youtube como suporte ao processo de aprendizagem**. Revista Eletrônica de Educação, v. 14, p. e3757008, 2020.

NUSSENZVEIG, H. M.. **Curso de Física Básica**: vol. 4. Óptica, Relatividade, Física Quântica. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F.. **Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física**. Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis. Vol. 19, n. 2 (ago. 2002), p. 176-190, 2002.

PEREZ, D. G.; CASTRO, P. V.. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación**: un ejemplo ilustrativo. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. del. P. B.. **Metodologia da Pesquisa**. 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SMITH, J. A.. **Psicologia Qualitativa**. 1 ed. Petrópolis: Vozes, 2019.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H.. **Investigando a significação de problemas em seqüências de ensino investigativa**. Investigações em ensino de ciências, v. 23, n. 2, p. 104-129, 2018.

STUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.; LAMAS, M. F. P.. **A estratégia “Laboratório Aberto” para a construção do conceito de temperatura de ebulição e a manifestação de habilidades cognitivas**. Química Nova na escola, v. 32, n. 3, p. 200-207, 2010.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A.. **Física Moderna**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

TRIVIÑOS, A. N. S.. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: pesquisa qualitativa em educação. 1 ed.. São Paulo: Atlas, 2015.

Vygotsky, L. S.. **A formação social da mente**. Tradução de José Copolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto e Solange Castro Afeche. 7. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WATSON, F. R.. **Students discussions in practical scientific inquires**. In: International Journal Science Education, vol. 26, p. 25-45, 2004.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E.. **Atividades investigativas no ensino de ciências**: aspectos históricos e diferentes abordagens. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

Apêndices

Apêndice A – Questionário

QUESTIONÁRIO

1. Você costuma assistir vídeos na web?
Sim ☐ Não ☐
Se sim, indique qual plataforma você utiliza com mais frequência:
a) You Tube
b) Instagram
c) Tik Tok
d) Outro: _____
2. Sobre o tempo de duração de um vídeo, você prefere que seja:
a) Curto (15s a 60s)
b) Médio (60s a 5min)
c) Longo (5min a 20min)
3. Você considera os vídeos como uma ferramenta útil para esclarecer algum conceito que tenha sido difícil de entender em sala de aula ou para auxiliar na elaboração de trabalhos escolares?
Sim ☐ Não ☐
Se sim, você prefere que o vídeo seja:
a) Curto (15s a 60s) com resumo do conteúdo.
b) Médio (60s a 5min) com resumo e exemplos
c) Longo (5min a 20min) com aprofundamento do conteúdo e maior quantidade de exemplos.
4. Quando você precisa pesquisar sobre um determinado assunto para elaborar um trabalho, estudar para prova, resolver exercícios e fazer atividades, qual é a sua abordagem preferida? Marque a opção que melhor descreve sua preferência:
a) Assisto a vídeos sobre o assunto diretamente.
b) Começo procurando em livros físicos.
c) Pesquiso primeiramente em sites e blogs.
d) Opto primeiramente por material em PDF
5. Quando deseja encontrar um vídeo relacionado a tópicos de Ciências, seja para resolver um exercício, realizar um trabalho, estudar para uma prova ou apenas por curiosidade, como costuma fazer a sua escolha?
a) pelo canal de um influenciador que você já conhece.
b) sua escolha é aleatória
c) seleciona vários vídeos para analisar e escolher o que considera o melhor
d) primeiro que aparecer na pesquisa
e) aquele vídeo com maior número de visualizações
6. Se tratando de aspectos como edição, conteúdo e apresentação, ao selecionar um vídeo, qual fator você considera mais relevante?"

- a) A abordagem descontraída e bem-humorada do apresentador ao explicar o conteúdo.
 - b) Elementos visuais, efeitos sonoros e animações que contribuam para manter seu interesse no vídeo.
 - c) Uma explicação teórica sólida, direcionada ao conteúdo específico do vídeo, que não possua tantos elementos visuais, efeitos sonoros e animações.
7. Você já teve a oportunidade de assistir ou costuma acompanhar vídeos de divulgação científica, tais como os produzidos por YouTubers ou influenciadores que exploram uma gama diversificada de temas científicos com o intuito de informar o público?
- Sim ☐ Não ☐
8. Em relação a vídeos que tratem sobre temas científicos, sua preferência é que seja:
- a) Curto (15s a 60s)
 - b) Médio (60s a 5min)
 - c) Longo (5min a 20min)
9. No contexto da apresentação de um vídeo, seja ele de divulgação científica ou uma videoaula, qual desses elementos você considera mais importante?
- a) Profundo conhecimento do conteúdo por parte do apresentador.
 - b) A habilidade do apresentador em criar um ambiente descontraído, incorporar humor e manter uma abordagem informal.
 - c) A formação acadêmica do apresentador em relação ao tema abordado.
10. Em vídeos que abordam tópicos relacionados às ciências da natureza, indique o seu nível de confiança nas informações científicas apresentadas pelo apresentador ou influenciador:
- a) Confio completamente.
 - b) Tenho confiança parcial.
 - c) Sempre mantenho um grau de desconfiança.
 - d) Minha confiança depende do canal, apresentador/influenciador que veicule o vídeo.

Apêndice B – Ficha do 1º momento da atividade investigativa (exemplo)

Observação: você pode encontrar quatro fichas já elaboradas contendo os problemas didáticos com os vídeos no link:

<https://drive.google.com/file/d/1gaJddRe4GVE6N0F6QdU3MBOEWAZgAHG3/view?usp=sharing>

Atividade Investigativa

Disciplina de Física

Relatividade Restrita

1º momento

Turma: _____ **Data:** _____**Grupo 2**

Aluno 1: _____

Aluno 2: _____

Aluno 3: _____

Aluno 4: _____

Vídeo 1: “DILATAÇÃO DO TEMPO EXPLICADA”

Observações a respeito do vídeo (erros, acertos, explicação, edição, tempo de duração, apresentação etc.).

Problema: Apesar da fala em cima das imagens e animações mostradas no vídeo serem coerentes em algumas partes, tentam explicar a dilatação do tempo com uma descrição

matemática inadequada. No exemplo do paradoxo dos gêmeos também é omitido um detalhe que pode causar interpretação errada.

Crie hipóteses pra tentar encontrar o problema no vídeo.

Hipóteses

Hip. 1:

Hip. 2:

Crie as justificativas de suas hipóteses de forma que estejam coerentes com a teoria da Relatividade Restrita.

Justificativas

Just. 1:

Just. 2:

Vídeo 2: “ENTENDA A TEORIA DA RELATIVIDADE EM 6 FRASES”

Observações a respeito do vídeo (erros, acertos, explicação, edição, tempo de duração, apresentação etc.).

Problema: Apesar de pertinente as colocações do vídeo, nos cabe fazer a pergunta, é possível entender a teoria da relatividade em 6 frases?

Crie hipóteses pra tentar encontrar o problema no vídeo.

Hipóteses

Hip. 1:

Hip. 2:

Crie as justificativas de suas hipóteses de forma que estejam coerentes com a teoria da Relatividade Restrita.

Justificativas

Just. 1:

Just. 2:

Apêndice C – Ficha do 2º momento da atividade investigativa (exemplo)

Observação: você pode encontrar quatro fichas já elaboradas contendo os problemas didáticos com os vídeos no link:

<https://drive.google.com/file/d/1gaJddRe4GVE6N0F6QdU3MBOEWAZgAHG3/view?usp=sharing>

Atividade Investigativa

Disciplina de Física

Relatividade Restrita

2º momento

Turma: _____ Data: _____

Grupo 2

Aluno 1: _____

Aluno 2: _____

Aluno 3: _____

Aluno 4: _____

Vídeo 1: “DILATAÇÃO DO TEMPO EXPLICADA”



Problema: Apesar da fala em cima das imagens e animações mostradas no vídeo serem coerentes em algumas partes, tentam explicar a dilatação do tempo com uma descrição matemática inadequada. No exemplo do paradoxo dos gêmeos também é omitido um detalhe que pode causar interpretação errada.

Escreva sua hipótese mais coerente sobre o problema no vídeo.

Hipótese

Escreva a justificativa de sua hipótese de forma que esteja coerente com a teoria da Relatividade Restrita.

Justificativa

Vídeo 2: “ENTENDA A TEORIA DA RELATIVIDADE EM 6 FRASES”



Problema: Apesar de pertinente as colocações do vídeo, nos cabe fazer a pergunta, é possível entender a teoria da relatividade em 6 frases?

Escreva sua hipótese mais coerente sobre o problema no vídeo.

Hipótese

Escreva a justificativa de sua hipótese de forma que esteja coerente com a teoria da Relatividade Restrita.

Justificativa

Apêndice D – Vídeos apropriados

VÍDEOS APROPRIADO

Vídeo 1: “Teoria da Relatividade: o tempo não existe.”



Vídeo 2: “*Relatividade Restrita em 1 Minuto*”



Vídeo 3: “*FÍSICA | DILATAÇÃO DO TEMPO*”



Vídeo 4: “Dilatação do tempo e contração do espaço”



Apêndice E – Prova

AVALIAÇÃO DE FÍSICA

ALUNO (A): _____.

TURMA: _____. DATA: _____.

NOTA: _____

RELATIVIDADE RESTRITA

1) Imagine que você está em um trem sem janelas, que se desloca suavemente pelos trilhos. Usando uma corda com uma esfera de massa m presa na ponta, como você determinaria seu estado de movimento:

a) Segurando a esfera em uma mão e a ponta da corda em outra, se a corda fica frouxa, sou um referencial inercial e se a corda fica tensa sou um referencial não inercial.

b) Pendurando a outra ponta da corda no teto do vagão, se a esfera não se mexer estarei em repouso ou se movendo com velocidade constante e se a esfera formar um ângulo com a vertical estarei acelerando.

c) É impossível determinar meu estado de movimento nessas condições.

d) Pendurando a outra ponta da corda no teto do vagão, se a esfera não se mexer estarei acelerando e se a esfera formar um ângulo com a vertical estarei em repouso ou se movendo com velocidade constante.

2) De acordo com nossas aulas, assinale a alternativa que descreve corretamente qual era o objetivo do experimento de Michelson e Morley.

a) Provar que a velocidade da luz é a mesma em qualquer referencial, independente do movimento da fonte.

b) obter dados que provassem que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

c) Provar que o éter é uma função orgânica oxigenada, volátil e altamente inflamável.

d) Provar a existência do Éter através da medida da velocidade da Terra em relação a luz.

3) Indique qual das alternativas enuncia corretamente o conceito de Referencial Inercial.

a) É todo e qualquer referencial onde é válida a 2ª lei de Newton.

b) É todo e qualquer referencial que esteja em rotação com relação aos demais referenciais.

c) São os referenciais onde a lei da inércia (1ª lei de Newton) não é válida.

d) São referenciais onde a lei da inércia é válida, ou seja, todo e qualquer referencial que esteja em repouso ou se movendo com velocidade constante em relação aos demais.

4) Com o advento da teoria da relatividade de Einstein, alguns conceitos básicos da Física de Newton, entre eles o espaço e o tempo, tiveram de ser revistos. Qual a diferença substancial desses conceitos para as duas teorias?

a) Na a Física de Newton, espaço e tempo são absolutos. Na relatividade restrita o espaço se dilata e o tempo se contrai.

b) Na Física de Newton, o espaço se dilata e o tempo é absoluto. Na relatividade restrita o espaço se contrai e o tempo se dilata.

c) Na Física de Newton, o espaço é absoluto e o tempo se contrai. Na relatividade restrita, o espaço se dilata e o tempo é absoluto.

d) Na Física de Newton, o espaço é absoluto e o tempo é absoluto. Na relatividade restrita o espaço se contrai e o tempo se dilata.

e) Na Física de Newton, o espaço se contrai e o tempo se dilata. Na relatividade restrita o espaço é absoluto e o tempo é absoluto.

5) Einstein publicou a teoria da Relatividade Restrita em 1905. De acordo com o que foi visto em nossas aulas, é correto afirmar que o problema investigado por Einstein para que ele concebesse a Relatividade Restrita foi:

a) Na indução eletromagnética, qual seria o referencial correto para medir a corrente induzida produzida em uma espira condutora, pelo movimento relativo entre o ímã e a espira circular.

b) O resultado negativo do experimento de Michelson e Morley que acabou por provar que a velocidade da luz era constante independente do referencial e do movimento da fonte.

c) O problema da observação de eventos que são simultâneos em um referencial, mas que não são simultâneos quando observados de outro referencial.

d) O problema do paradoxo dos gêmeos.

6) Considere o parágrafo abaixo.

Uma nave espacial, aproximando-se da Terra com uma velocidade constante V , emite um sinal luminoso na direção da superfície da Terra. Um observador dentro da nave mede a velocidade da luz e encontra o valor $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Um observador na Terra, por sua vez, por achar que se trata apenas de um caso comum de soma de velocidades, encontra $c + V$. Hoje sabemos que a medida do observador na Terra estaria errada, pois este deveria ter encontrado o mesmo valor c , graças aos experimentos de Michelson e Morley, de 1887, e, fundamentalmente, devido aos famosos trabalhos de Albert Einstein, realizados em 1905. Dentre as alternativas abaixo, assinale aquela que corresponde ao enunciado do segundo postulado da relatividade especial de Einstein.

- a) A aceleração da luz no vácuo é sempre a mesma em qualquer sistema de referência inercial e não depende do movimento do observador ou da fonte.
- b) A velocidade da luz no ar é sempre a mesma em qualquer sistema de referência inercial e não depende do movimento do observador ou da fonte.
- c) A quantidade de movimento da luz no vácuo é variável em qualquer sistema de referência acelerado e depende do movimento do observador ou da fonte.
- d) A velocidade da luz no vácuo é sempre a mesma em qualquer referencial inercial e não depende do movimento do observador ou da fonte.
- e) A aceleração da luz no éter é diferente em qualquer sistema de referência inercial e não depende do movimento do observador ou da fonte.

7) Nos dias atuais, há um sistema de navegação de alta precisão que depende de satélites artificiais em órbita (*GPS*), em torno da Terra. Para que não haja erros significativos nas posições fornecidas por esses satélites, é necessário corrigir relativisticamente o intervalo de tempo medido pelo relógio a bordo de cada um desses satélites. A teoria da relatividade especial prevê que, se não for feito esse tipo de correção, um relógio a bordo não marcará o mesmo intervalo de tempo que outro relógio *em repouso* na superfície da Terra, mesmo sabendo-se que ambos os relógios estão sempre em perfeitas condições de

funcionamento e foram sincronizados antes de o satélite ser lançado.

Se não for feita a correção relativística para o tempo medido pelo relógio de bordo:

- a) ele se adiantará em relação ao relógio em terra enquanto ele for acelerado em relação à Terra.
- b) ele ficará cada vez mais adiantado em relação ao relógio em terra.
- c) ele se atrasará em relação ao relógio em terra durante metade de sua órbita e se adiantará durante a outra metade da órbita.
- d) ele ficará cada vez mais atrasado em relação ao relógio em terra.

8) Imagine que daqui alguns anos, o telescópio James Webb descubra um planeta que reúna todas os requisitos para sustentar a vida. Foi calculado que com a nave mais rápida já construída, o tempo de viagem seria de 20.000 anos medido a partir da Terra e de apenas 20 anos quando medido no referencial próprio da nave em movimento. Determine a velocidade dessa nave.

- a) $V = 0,9999962c$
- b) $V = 0,9999867c$
- c) $V = 0,8999695c$
- d) $V = 0,9999995c$

9) Duas irmãs, Samilly com 17 anos e Jamile com 15 anos, se encontram na Terra no momento em que a irmã mais velha inicia uma viagem de ida e volta até um planeta do sistema Alpha Centauri. Para a irmã mais nova que ficou na Terra, a viagem terá uma duração de 8 anos. Sabendo que a nave espacial tem uma velocidade de $V = 0,968c$, é correto afirmar ao fim da viagem, sobre a idade das irmãs, que

- a) Samilly terá 19 anos e Jamile 23 anos
- b) Samile terá 23 anos e Jamile 23 anos
- c) Samilly terá 23 anos e Jamile 19 anos
- d) Samilly terá 40 anos e Jamile 27 anos

10) Suponha estar vendo uma barra de 100 m de comprimento passando com uma velocidade $V = 0,8c$ em relação a você. Qual seria a sua medida do comprimento da barra?

- a) 60 m.
- b) 56 m
- c) 10 m
- d) 64 m