



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**  
**CURSO DE FÍSICA - LICENCIATURA**

**MANOEL CARLOS CEZARIO**

**UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE O ENSINO DA RELATIVIDADE NA**  
**EDUCAÇÃO BÁSICA**

**CAJAZEIRAS – PB**

**2018**

**MANOEL CARLOS CEZARIO**

**UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE O ENSINO DA RELATIVIDADE  
NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado à Coordenação do Curso de Física – Licenciatura UACEN/CFP/UFCG como requisito parcial para obtenção de título de Graduação em Licenciatura em Física, sob a orientação do Prof. Dr. Anderson Alves de Lima

**CAJAZEIRAS - PB**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)  
Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764  
Cajazeiras - Paraíba

C425r Cezario, Manoel Carlos.  
Um relato de experiência sobre o ensino da relatividade na educação  
básica / Manoel Carlos Cezario. - Cajazeiras, 2018.  
71f.: il.  
Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Alves de Lima.  
Monografia (Licenciatura em Física) UFCG/CFP, 2018.

1. Física - ensino. 2. Física moderna. 3. Relatividade Especial e Geral.  
4. Educação básica. I. Lima, Anderson Alves de. II. Universidade Federal  
de Campina Grande. III. Centro de Formação de Professores. IV. Título.

UFCG/CFP

CDU - 53:37

MANOEL CARLOS CEZARIO

UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE O ENSINO DA RELATIVIDADE  
NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Física – Licenciatura UACEN/CFP/UFCG  
como requisito parcial para obtenção de  
título de Graduação em Licenciatura em  
Física, sob a orientação do Prof. Dr.  
Anderson Alves de Lima.

**Aprovado em: 07 de Março de 2018.**

BANCA EXAMINADORA



Professor Dr. Anderson Alves de Lima – Orientador  
Universidade Federal de Campina Grande/ CFP



Professor-Dr. Douglas Fregolente – Examinador 1  
Universidade Federal de Campina Grande/CFP



Professor Dr. Heydson Henrique Brito da Silva – Examinador 2  
Universidade Federal de Campina Grande/CFP

## RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem por objetivo apresentar um relato de uma sequência didática sobre a Relatividade Especial e Geral aplicada em uma Escola da Rede Estadual de Ensino. Localizada na cidade de Bonito de Santa Fé/PB, tal trabalho se desenvolveu em uma turma de 3º Ano – Ensino Médio, que pertence à nona Gerência Regional de Educação pela região de Cajazeiras/PB. No decorrer deste, será apresentada a importância de como introduzir a Relatividade Especial e Geral no Ensino Médio, tendo em vista que é assunto quase não visto pelos estudantes da cidade, isto numa linguagem a nível médio, propondo novos passos para utilização de novos métodos de ensino da física de forma a motivar os estudantes, uma vez que o ensino tradicional não responde mais às expectativas para um mundo de mudanças. O ensino da Relatividade na Educação Básica está fundamentado numa perspectiva construtivista que tem despertado grande interesse nos físicos, no que diz respeito ao uso de conhecimentos prévios. O relato do estágio apresenta uma relação da Física Moderna com aplicações tecnológicas, tendo como o levantamento de concepções prévias dos estudantes sendo ponto de partida para as estratégias de ensino, o uso de analogias foi realizado por meio de simuladores disponíveis gratuitamente.

**Palavras - chave:** Física Moderna, Educação Básica, ensino da física, Relatividade.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to present an account of a didactic sequence about Special and General Relativity applied in a School of the State Education Network. Located in the city of Bonito de Santa Fé / PB, this work developed in a group of 3rd Year - High School, which belongs to the ninth Regional Education Management by the region of Cajazeiras / PB. In the course of this, the importance of how to introduce Special and General Relativity in High School will be presented, considering that it is a subject almost not seen by the students of the city, this in a language at medium level, proposing new steps for the use of new methods of teaching physics in order to motivate students, since traditional teaching no longer meets expectations for a world of change. The teaching of Relativity in Basic Education is based on a constructivist perspective that has aroused great interest in physicists, regarding the use of previous knowledge. The report of the stage presents a relation of the Modern Physics with technological applications, having as a survey of previous conceptions of the students being the starting point for the teaching strategies, the use of analogies was realized through simulators available for free.

**Key words:** Modern Physics, Basic Education, Physics Teaching, Relativity.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, Fé, equilíbrio e coragem pra valer;

Aos meus pais Antonio e Espedita, por incentivar nos estudos;

Aos meus irmãos Orlando, Fátima e Aparecida;

Agradeço ao professor Doutor Anderson Alves de Lima, por ter aceitado o convite pra ser o meu orientador. Obrigado pelas orientações pela dedicação e paciências.

Aos membros da banca examinadora, o Professor Doutor Douglas Fregolente e o Professor Doutor Heydson Henrique Brito da Silva, por aceitarem a serem os examinadores do meu trabalho.

A todos os professores da Universidade Federal de Campina Grande campus de Cajazeiras, pertencente à Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza, do Centro de Formação de Professores, pelas contribuições no processo de ensino e aprendizagem durante a formação.

Aos colegas de Curso pelas novas amizades.

E a todos que contribuíram de forma direta ou indireta.

Meu muito Obrigado!

## SUMÁRIO

<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução À Relatividade Especial e Geral.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 A Relatividade Especial.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.1 Tratando da Simultaneidade.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2 A Dilatação dos Tempos.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.3 A Contração dos Comprimentos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.4 Quantidade de Movimento Relativística e Energia Relativística.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2 A Teoria da Relatividade Geral.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.1 O Princípio de Equivalência.....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.2 A Curvatura do Espaço - Tempo .....</b>	<b>25</b>
<b>Capítulo 2 - O Ensino da Relatividade na Educação Básica .....</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo 3 - O Relatório do Estágio .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Testes de Concepções dos Alunos: Relatividade de Galileu.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2 Relato da Aula 1 e 2 .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3 Relato da Aula 3 .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4 Relato da Aula 4 .....</b>	<b>40</b>
<b>3.5 Relato da Aula 5 .....</b>	<b>42</b>
<b>3.6 Relato da Aula 6 .....</b>	<b>43</b>
<b>3.7 Relato da Aula 7 .....</b>	<b>43</b>
<b>3.8 Relato da Aula 8 .....</b>	<b>45</b>
<b>3.9 Relato da Avaliação .....</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo 4 - Considerações Finais.....</b>	<b>50</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>55</b>
<b>Plano da Aula 1 e 2 .....</b>	<b>55</b>
<b>Plano da Aula 3.....</b>	<b>59</b>
<b>Plano da Aula 4.....</b>	<b>61</b>
<b>Plano da Aula 5.....</b>	<b>62</b>
<b>Plano da Aula 6.....</b>	<b>64</b>
<b>Plano da Aula 7.....</b>	<b>67</b>
<b>Plano da Aula 8.....</b>	<b>69</b>

## I - INTRODUÇÃO

Sabemos das várias dificuldades que a escola de hoje enfrenta para cumprir a sua função, tais como problemas de evasão, desistência, questões de violência e da falta de compromisso dos próprios estudantes e professores. A escola é o local onde se adquire novas competências para o melhor aperfeiçoamento em diversos pontos, exigindo ações tanto do estudante, quanto do professor, como também da própria escola vocacionada para educar (ALARCÃO, 2011).

A Física apresenta uma função de realce em nossa sociedade, devido o grande avanço tecnológico presente em nosso cotidiano. No entanto, falhas na concepção de conceitos são facilmente percebidas. Deste modo, investigar soluções para aperfeiçoar o conhecimento científico, para qualquer abordagem que se propõe a ultrapassar esse desafio, não estará completa se não considerarmos os problemas enfrentados pelos professores da Educação Básica ao trabalhar com o conteúdo em sala de aula.

O Objetivo deste trabalho é mostrar como introduzir a Relatividade Especial e Geral no Ensino Médio, tendo em vista que é assunto quase não visto pelos estudantes da cidade onde realizamos a intervenção. A escolha desse assunto de Física dá-se pela capacidade de motivar e também de permitir o estabelecimento de conexões com diferentes campos de estudo com aplicações no cotidiano dos estudantes (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

A mecânica clássica obedece ao princípio da Relatividade: as mesmas leis se aplicam em qualquer sistema de referência inercial. Por ‘inercial’ quero dizer que o sistema está em repouso ou em movimento a uma velocidade constante. Se as leis da física se aplicam da mesma forma em um sistema com movimento uniforme, não temos como identificar se um sistema está em repouso ou se outro sistema está em movimento com velocidade constante. Por exemplo, se estivermos em uma capsula que viaja em um movimento reto e uniforme, não temos como identificar dentro da capsula, se a mesma está em movimento ou parada. Nestes problemas, onde devemos definir um sistema inercial, recorreremos à Primeira Lei de Newton (GRIFFITHS, 2001).

Uma importante área da física é a Relatividade, o campo de estudo dedicado à medida de eventos (acontecimentos): onde e quando ocorrem e qual é a distância que os separa no espaço e no tempo. A Relatividade tem a ver com a relação entre os valores medidos em referenciais que estão se movendo um em relação ao outro (HALLIDAY;

RESNICK; WALKER, 2016). Ao questionarmos se a teoria da Relatividade Especial é completa, recorreremos ao seguinte questionamento: O princípio da Relatividade pode ser estendido também para sistemas de referência não-inerciais? (SEARS; ZEMANSKY, 2009).

A Relatividade é apresentada em duas partes: A Relatividade Especial (válida somente para aqueles que não sofrem acelerações) trata da comparação entre movimentos observados em diferentes referenciais que estejam se deslocando com velocidade constante uns em relação aos outros. E, através da Relatividade Geral (válida para aqueles que sofrem acelerações), conheceremos uma nova concepção para a gravidade Newtoniana (TIPLER, LLEWELLYNN 2010).

Em se tratando do conteúdo das disciplinas de Física, devemos valorizar o método construtivista de aprendizagem em que a interação social estudante/professor e estudante/estudante sejam mediados com o uso de recursos didáticos que facilitem a aprendizagem, sendo o computador um recurso muito precioso nos dias atuais. Então, as transformações de aprendizagem como cenário das interações sociais, tornam-se necessárias ao desenvolvimento cognitivo. Deste modo, os professores e os estudantes devem fazer do ambiente computacional um instrumento de suporte para mediações destas interações e elo, entre conhecimento e aprendizagem de modelos físicos (VASCONCELOS; MANZI, 2017).

Considerando que no ensino de física estão sendo realizadas aulas que não motivam os estudantes, sentimos a necessidade de questionar o modelo de transmissão – recepção vistos na concepção empirista positivista de ciências conforme Silva e Schnetzler (2000 apud CARVALHO, 2004, p. 12). Devemos, então, elaborar novos métodos de ensino que possam reorganizar os conceitos que exigem pré-requisitos. Para que a mudança metodológica ocorra, o conteúdo deve ser de acordo com conhecimento do aprendiz.

O interesse pelo estudo se deu a partir das aulas de regência realizadas no componente curricular Estágio Supervisionado IV, da Universidade Federal de Campina Grande/ CFP – Campus de Cajazeiras. Lá, adquiri novas reflexões sobre a importância de estudar e compreender a Física, como também a Relatividade. Além disso, despertou-me a curiosidade em saber o quanto os estudantes estão preparados para interpretar situações em que devemos tomar cuidado para definir claramente quem está medindo o quê e como a medida está sendo executada. Também em situações mais complexas na qual os referenciais sofrem uma aceleração gravitacional. Refletindo,

deste modo, sobre as possibilidades de ensinar com estratégias que enriqueçam o nível de aprendizagem dos alunos.

A pesquisa começou a partir das leituras realizadas no Curso de licenciatura em Física, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Formação de Professores (CFP), Campus de Cajazeiras e, em especial, das orientações do professor da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), sobre o Ensino da Relatividade no estágio.

Este Trabalho apresenta um relato de uma sequência didática sobre a Relatividade Especial e Geral aplicada numa escola pública localizada na cidade de Bonito de Santa Fé/PB, em uma turma de 3º Ano – Ensino Médio, situada na região de Cajazeiras/PB.

Para melhor entender nossa fundamentação teórica, utilizamos os livros de **Física Moderna**, dos autores Tipler e Llewellyn (2010). **Transposição didática: por onde começar?** Almeida (2007). **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**, dos autores Halliday e Resnick e Walker (2016). **Os Estágios nos Cursos de Licenciatura** Carvalho (2012) e **Ensino de ciências: unido a pesquisa e a prática** Carvalho (2004). Que foi muito importante para o desenvolvimento de nossa pesquisa.

O nosso trabalho está organizado da seguinte maneira. A introdução, o primeiro capítulo traz uma introdução à Relatividade Especial e Geral, segundo capítulo o Ensino da Relatividade na Educação Básica, o terceiro capítulo apresentará o relato do estágio e no quarto as Considerações Finais.

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO À RELATIVIDADE ESPECIAL E GERAL

### 1.1 A RELATIVIDADE ESPECIAL

O que é a teoria da Relatividade Especial?

A Relatividade Especial foi uma teoria publicada em 1905, válida para referenciais inerciais (aqueles que não sofrem acelerações), isto é, referenciais em que as leis de Newton são válidas. Isso não quer dizer que não podemos estudar o movimento de corpos acelerados. Apenas o observador (referencial) é que não pode estar sujeito a acelerações (ALVARENGA; MÁXIMO, 2013).

Um simples exemplo que trata de uma situação de corpos que não sofrem aceleração onde não se distingue um referencial inercial do outro, seria a de um avião voando regularmente a duas vezes a velocidade do som, a certa altitude, onde praticamente não existe turbulência, conforme figura 1 (ALVARENGA; MÁXIMO, 2013). Nessas condições, para um vôo em linha reta, o referencial do avião pode ser considerado inercial para os tripulantes. A figura 2 mostra a comissária de bordo servindo, naturalmente, uma refeição como se o avião estivesse parado em terra, mostrando que não se distingue um referencial inercial do outro. O mesmo não acontece para um referencial acelerado. Caso o avião enfrentasse turbulência, estivesse levantando voo ou aterrizando, a situação seria diferente, pois os passageiros deveriam se prender com cintos de segurança (ALVARENGA; MÁXIMO, 2013).



Figura 1- o avião supersônico Concorde (Reino Unido, 2003) – fonte: Beatriz Alvarenga (2013)



Figura 2- a comissária de bordo serve – Fonte: Beatriz Alvarenga (2013)

Esta teoria se baseou em dois postulados proposto por Einstein;

- **Primeiro postulado:** “as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais”.

O Primeiro postulado é uma extensão do princípio da relatividade newtoniana para incluir todos os fenômenos físicos, não só os mecânicos, mas também eletromagnéticos. Uma consequência do primeiro é que não existe nenhum referencial inercial privilegiado (TIPLER; LLEWELLYN, 2010).

- **Segundo postulado:** muito conhecido com o princípio da constância da velocidade da luz, coloca que: A velocidade da luz no vácuo tem sempre o mesmo valor  $c$  para qualquer observador.

Uma consequência deste postulado é que a Relatividade Especial mostra que a velocidade da luz no vácuo é também uma velocidade limite  $c$ , que é a mesma em todas as direções e em todos os referenciais inerciais, Além disso, nenhuma partícula com massa diferente de zero pode atingir esse limite, mesmo que seja acelerada por um tempo muito longo. (Isso significa que, as naves que se movem mais depressa que a luz em muitas histórias de ficção científica provavelmente jamais serão construídas.) (HALLIDAY; RESNICK, 2016). A velocidade limite foi definida como exatamente: o valor de  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

### 1.1.1 TRATANDO DA SIMULTANEIDADE

Os postulados da Relatividade Especial tratam da relatividade da simultaneidade segundo a qual, dois eventos que são simultâneos em um dado referencial, podem não ser simultâneos em outro referencial inercial que esteja se movendo em relação ao primeiro. Então, devemos entender que a medida de tempo e de intervalo de tempo, abrange o conceito da simultaneidade. E, também precisamos saber que um evento nada mais é do que a ocorrência caracterizada por valores definidos da posição e do tempo (TIPLER; LLEWELLYN, 2010).

O que significa dizer com eventos simultâneos?

Vamos definir dois eventos como simultâneos, em um referencial inercial, se os sinais luminosos associados a esses eventos forem observados, simultaneamente, por um observador situado em um ponto equidistante dos dois eventos, de acordo com a indicação de um relógio situado na posição desse observador, que recebe o nome de relógio local (TIPLER; LLEWELLYN, pag. 11, 2010).

Para podermos compreender isto, onde dois eventos podem ocorrer simultaneamente para um observador, mas não para outro em dois pontos diferentes, dependendo do estado do movimento do observador, analisamos a seguinte situação: consideremos uma fonte bem no meio do compartimento de uma nave espacial (figura 3).

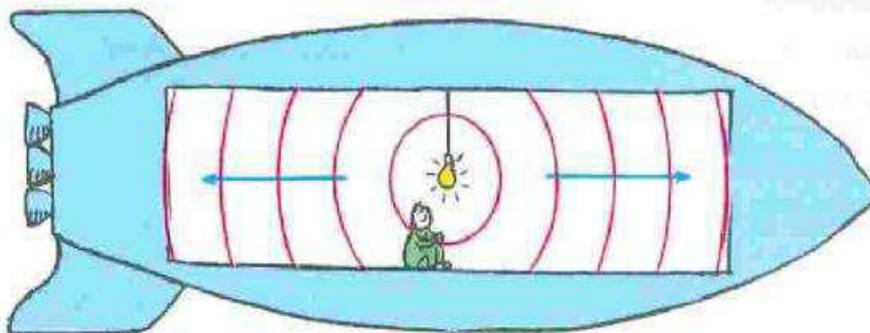


Figura 3 - Do ponto de vista do observador que viaja com o compartimento, a luz da fonte viaja até as duas extremidades do compartimento, chegando nelas simultaneamente – Fonte: Paul G Hewitt (2011).

Quando a fonte é ligada, a luz se espalha em toda a direção com a velocidade igual à da luz  $c$ , para um observador que esteja dentro constata que a luz alcança a extremidade frontal no mesmo instante em que chega à extremidade oposta. Uma condição para que ocorra a simultaneidade é a nave se encontre em repouso ou em movimento com velocidade constante. Para o observador no interior da nave espacial os

eventos definidos pela chegada da luz a cada extremidade opostas ocorrem simultaneamente (HEWITT, 2011).

Para um observador que se encontra fora da nave e que vê os eventos em outro sistema de referência, esses eventos não são simultâneos. A partir do momento que a luz se propaga da fonte, o observador vê a nave mover-se para frente, de modo que a traseira do comprimento se move em direção ao feixe de luz enquanto a frente se move no sentido oposto. Veja a figura 4.

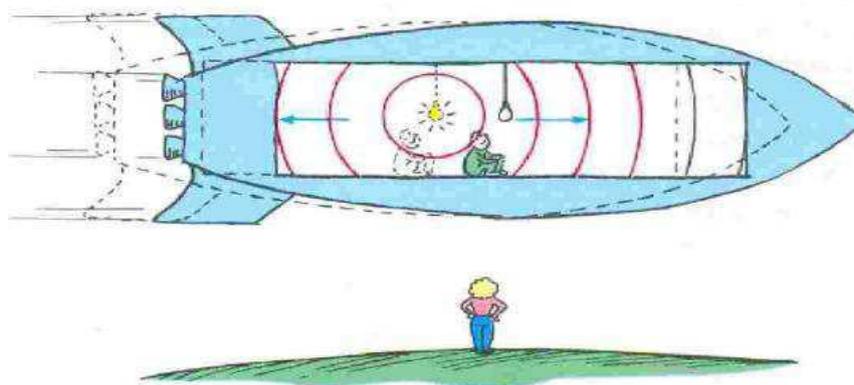


Figura 4 - A chegada da luz às extremidades frontal e traseira do compartimento não constituem dois eventos do ponto de vista de um observador em outro sistema de referência. Por causa do movimento da nave, a luz que se dirige para a traseira do compartimento não precisa se deslocar tanto e acaba chegando à extremidade antes do que a luz que se dirige para a extremidade frontal - Fonte: Paul G Hewitt (2011).

Este observador externo vê o evento da luz chegando à traseira da nave, acontecer antes do evento da luz chegando à frente da mesma.

Dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move em relação ao primeiro. Essa não simultaneidade de eventos num sistema de referência quando eles são simultâneos em outro sistema é um resultado puramente relativístico (HEWITT, 2011).

### 1.1.2 A DILATAÇÃO DOS TEMPOS

A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da Constância da velocidade da luz e da cinemática. Se as distâncias percorridas por um ponto material dependem do referencial considerado e a velocidade da luz não depende, alguma consequência em relação à medida dessa disparidade deve ocorrer (GASPAR, 2013). Veja a situação abaixo:

Se dois observadores que estão se movendo, um em relação ao outro, medem um intervalo de tempo, entre dois eventos, encontrando resultados diferentes, podemos verificar este fato experimentalmente com o auxílio de relógio de alta precisão. Para isto, veja na figura 5, que no mesmo corpo em repouso onde se fixou o referencial  $S'$ , a uma distância  $D$  de um espelho também em repouso no mesmo referencial.

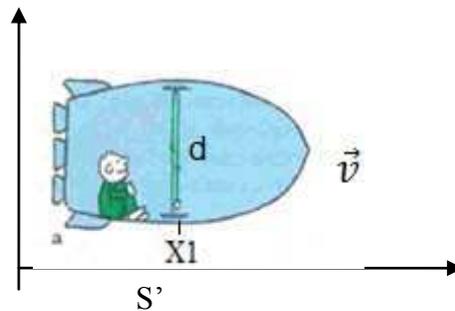


Figura 5 - Observador se move junto com a nave observa um flash de luz que move verticalmente entre os espelhos do relógio de luz. O pulso é gerado abaixo e reflete em um espelho situado no teto da nave. Fonte: P. Hewitt (2011).

O observador produz um pulso luminoso e mede o intervalo de tempo  $\Delta t_0$ , chamado de tempo próprio entre o momento em que o pulso foi gerado, refletido pelo espelho e retornado à posição inicial, ou seja,  $\Delta t_0 = \frac{2d}{c}$ .

No segundo caso, o da figura 6, ocorre o mesmo evento da figura 5, porém do ponto de vista de um referencial  $S$ , situado em um observador externo, em relação ao qual o referencial  $S'$  esteja se movendo para a direita com velocidade  $v$ .

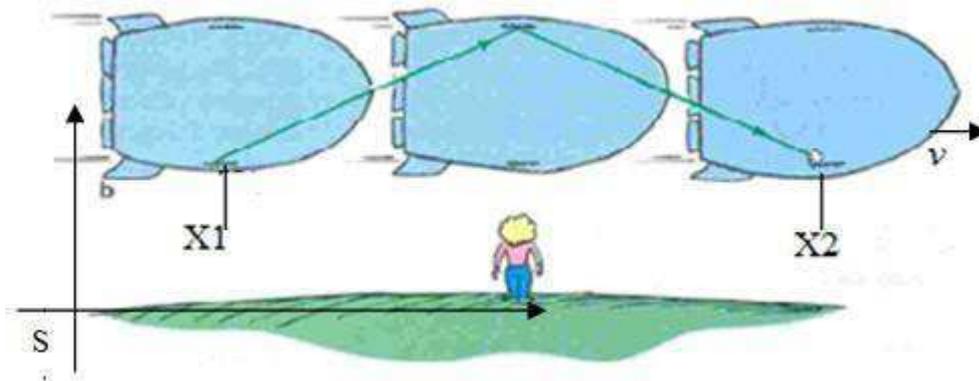


Figura 6 - O observador externo, vê a nave passar por ele e observa que o flash se move ao longo da trajetória diagonal. – Fonte: Paul G Hewitt (2011)

Dizemos que no referencial  $S$ , os eventos ocorrem em dois pontos diferentes,  $X_1$  e  $X_2$ . Entre os instantes em que o pulso original é gerado e o pulso refletido é detectado, o observador se desloca horizontalmente a uma distância  $v \cdot \Delta t$ , onde  $\Delta t$  é o intervalo de tempo entre os dois eventos no referencial  $S$ .

Aplicando o teorema de Pitágoras ao triângulo retângulo podemos obter a expressão da dilatação do tempo, como mostra a figura 7.

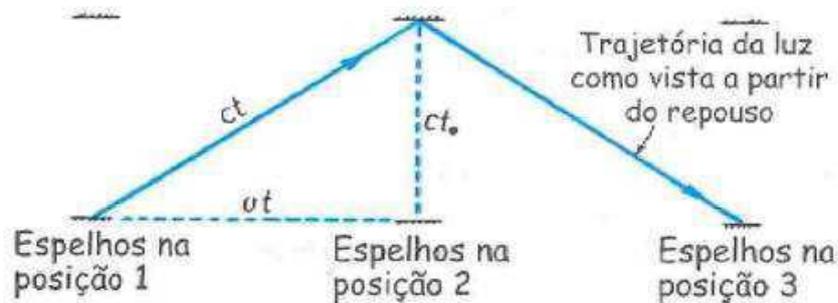


Figura 7 - as três posições sucessivas do relógio de luz vista pelo observador fora da nave. – Fonte: Paul G Hewitt (2011)

Demonstramos matematicamente, Assim:

$$c^2 \Delta t^2 = c^2 \Delta t_0^2 + v^2 \Delta t^2 \quad (1)$$

$$c^2 \Delta t^2 - v^2 \Delta t^2 = c^2 \Delta t_0^2 \quad (2)$$

Dividindo a equação (2) por  $c^2$  e colocando o  $t$  em evidência, obtemos;

$$\Delta t^2 \left[ 1 - v^2/c^2 \right] = \Delta t_0^2 \quad (3)$$

$$\Delta t^2 = \frac{\Delta t_0^2}{1 - v^2/c^2} \quad (4)$$

Deste modo, encontramos a seguinte expressão conhecida por dilatação dos tempos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} = \Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad (5)$$

Onde,

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

O termo  $\gamma$  (*Gama*) representa o fator de Lorentz. Quanto maior a velocidade  $v$ , maior é  $\gamma$ . Logo  $\Delta t$  é maior que  $\Delta t_0$ ,  $c$  é a velocidade da luz no vácuo que possui um valor aproximado de  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

De acordo com os postulados de Einstein, a luz se propaga com a mesma velocidade nos dois referenciais. Como a luz percorre uma distancia maior em  $S$  com a mesma velocidade, leva mais tempo para chegar ao espelho de volta ao ponto de partida. O intervalo de tempo entre os dois pulsos em  $S$  é maior que em  $S'$  (TIPLER; LLEWELLYN, pag. 20, 2010).

Portanto, podemos determinar o tempo próprio por meio da relação do intervalo de tempo ocorrido em um evento, adotando um referencial  $S'$  e o intervalo de tempo, medido no referencial  $S$  onde o corpo se move com o movimento retilíneo uniforme como velocidade  $v$ , em relação a  $S'$ . A medida de tempo próprio será sempre menor que a medida do tempo, este fenômeno chamamos de dilatação do tempo.

### 1.1.3 A CONTRAÇÃO DOS COMPRIMENTOS

Para entendermos melhor como a dilatação do tempo compromete o comprimento de um objeto, consideremos um trem que viaja com uma velocidade  $v$ . Consideremos dois observadores, um no trem e outro na Terra. A Figura 8 mostra um observador no referencial  $A$  que viaja no trem medindo o comprimento próprio do trem, chamado assim porque é medido em um referencial fixado ao próprio trem, o observador pode cronometrar o intervalo de tempo entre a passagem da frente traseira do trem por um ponto fixo na ferrovia. O observador vai precisar de um auxiliar e de dois cronômetros, um com ele na frente e outro com o auxiliar na traseira do trem, o intervalo de tempo medido é  $\Delta t$ .

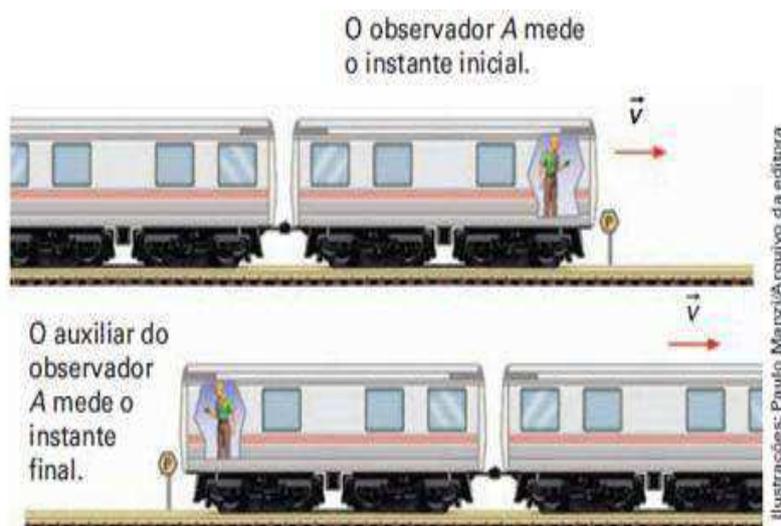


Figura 8 - Observador A medindo o instante de tempo inicial e final – Fonte: Alberto Gaspar (2013)

Conhecido o módulo da velocidade constante do trem em relação à ferrovia (conhecida ao consultar o velocímetro), e o intervalo de tempo medido, o observador do trem percorre a ferrovia em um intervalo de tempo  $\Delta t_0 = l_0/v$ , em que  $v$  é a velocidade do trem. Assim

$$l_0 = v \cdot \Delta t_0 \quad (6)$$

Mas, por outro lado, na figura 9 temos um observador no referencial B, localizado fora do trem, que medirá o comprimento do trem com o mesmo em movimento. Supondo que esse observador conheça o módulo da velocidade  $v$  com que o trem passa por esse ponto e mede o intervalo de tempo  $\Delta t$ , que é o intervalo de tempo próprio. O observador B pode obter com único cronômetro (GASPAR, 2013).

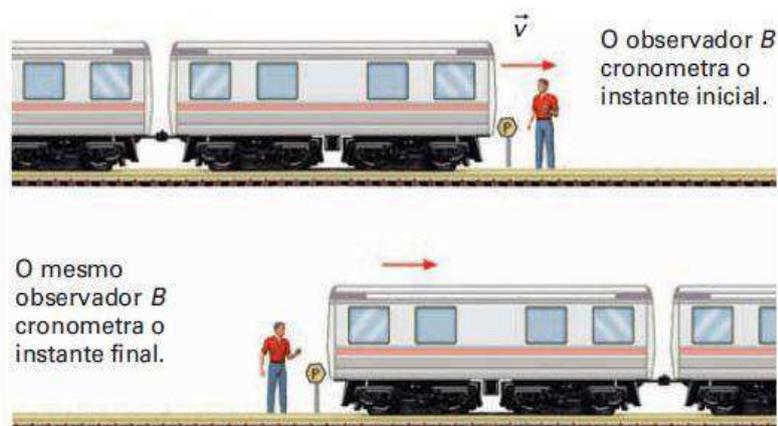


Figura 9 - Observador B cronometra o instante inicial e final – Fonte: Alberto Gaspar (2013)

Sendo  $v$  o módulo da velocidade do trem (a velocidade do trem em relação à ferrovia é a mesma velocidade da ferrovia em relação ao trem). Então seu comprimento pode ser medido no referencial externo ( $l$ ). Sendo dado por:

$$l = v \cdot \Delta t \quad (7)$$

Agora, dividindo a (7) pela equação (6), obtemos

$$\frac{l}{l_0} = \frac{v\Delta t_0}{v\Delta t} = \frac{1}{\gamma}, \quad (8)$$

e, usando a equação (5) que é a equação da dilatação do tempo, encontramos a relação

$$\frac{v\Delta t_0}{v\Delta t} = \frac{1}{\gamma} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (9)$$

onde, ao substituir a equação (9) em (8), obtemos a equação da contração do comprimento, ou seja,

$$l = \frac{l_0}{\gamma} \text{ ou } l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \quad (10)$$

A expressão acima, representa a equação do comprimento.

Logo, a Contração do comprimento é apenas resultado da sua medida em relação à referenciais diferentes, e que neste caso, também não há contração física dos comprimentos (eles continuam os mesmos). O que muda é o resultado de sua medida quando feita de referenciais diferentes.

### 1.1.4 QUANTIDADE DE MOVIMENTO RELATIVÍSTICA E ENERGIA RELATIVÍSTICA

Todas as consequências dos dois postulados da teoria da Relatividade Especial, que foram citadas, são vistas na cinemática, pois elas envolvem os conceitos de espaço e tempo que estão na base de toda a Física. Portanto, há a necessidade de reescrever a quantidade de movimento e energia cinética de uma partícula, ou seja,

$$Q = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ e } E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (11).$$

Essas expressões foram rescritas pelo seguinte motivo:

Para que a conservação do momento linear seja uma lei correta, ela deve ser válida em todos os sistemas de referencia inerciais. Agora surge o problema: suponha que observamos uma colisão em um referencial inercial S e

verificamos que o momento é conservado. Então usamos as transformadas de Lorentz para obter as velocidades em um segundo referencial  $S'$ . Verificamos que, usando a definição newtoniana de momento linear, o momento total não é conservado no segundo referencial! (SEARS; ZEMANSKY, pag. 161, 2009).

Das equações para a energia e momento, Einstein chegou à equação  $E_0 = m_0c^2$  que relaciona a massa dos objetos com uma nova forma de energia, a energia de repouso.

Se uma partícula se movimenta, ela adquire uma energia cinética dada pela expressão relativística de maneira análoga à expressão clássica, que pode ser expressada subtraindo da energia relativística da energia do repouso (GASPAR, 2013).

$$E_c = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 \quad (12)$$

Onde,  $m_0$  é a massa de repouso, medida com o objeto em repouso.

Ainda podemos definir a energia total relativística  $E$  de um objeto como a energia cinética que ele tem,  $E_c$ , mais sua energia de repouso,  $E_0$ .

$$E = E_c + m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_0c^2 \quad (13)$$

(Energia Total de uma partícula)

Para uma partícula em repouso ( $E_c = 0$ ), vemos que  $E = m_0c^2$ . A energia  $m_0c^2$  associada à massa de repouso  $m_0$  da partícula é chamada de energia de repouso da partícula.

Cada tipo de partícula, como um elétron, é caracterizado pela sua massa de repouso. Essa propriedade não deve mudar se a partícula é observada num referencial em movimento. Quando uma grandeza não varia quando se muda de referencial, se diz que é invariante (ALVARENGA; MÁXIMO, 2013).

Para entendermos a utilização atual de conceitos equivalentes, como massa e energia, vejamos o seguinte cálculo:

$$\begin{aligned} E^2 - q^2c^2 &= m_0^2c^2 \\ E^2 - (qc)^2 &= (m_0c)^2 \\ m_0c &= \sqrt{E^2 - (qc)^2} \quad (14) \end{aligned}$$

(energia total, energia de repouso e quantidade de movimento)

Assim, temos a quantidade de movimento relativística e, analisando o caso da energia de uma partícula de massa  $m$  e de velocidade  $v$ , temos

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_0 c^2 \quad (15)$$

O fator  $\gamma$ , que aparece nas equações tende ao infinito para  $v = c$ .

No caso do feixe de luz,  $E$  é finito, mas  $\gamma$  é infinito. A única possibilidade é a massa de repouso  $m_0$ , ser nula. A massa de repouso não pode ser apenas muito pequena deve ser exatamente zero.

Para finalizar nossa análise da equação da energia de uma partícula,  $E = \gamma m_0 c^2$ , vemos que ela depende de duas grandezas  $m$  e  $v$ , para luz,  $v = c$  e  $m_0 = 0$ , a massa na equação fica indeterminada, permite ao feixe de luz possuir qualquer energia. Assim, para que a energia ou a quantidade de movimento da luz não serem indeterminadas, existe uma relação entre elas. Ao aplicar ao caso da luz uma relação com  $m_0 = 0$ , na equação  $E^2 - q^2 c^2 = m_0^2 c^2$ , obtemos:

$$E = qc,$$

que representa a relação entre energia total e quantidade de movimento para o fóton que se desloca com uma velocidade igual à da luz (no vácuo).

## 1.2 A TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL

A Relatividade Especial foi modificada por ser uma teoria válida somente para referenciais inerciais, que não sofrem acelerações. Einstein propôs em 1915 a Relatividade Geral, uma generalização válida pra referencias acelerados (não-inerciais), ou seja, que sofrem acelerações.

O que levou Einstein a formular uma teoria da Relatividade mais geral que a Relatividade Restrita não foi algum resultado experimental que necessitasse de explicação e sim o desejo de incluir em sua teoria a descrição de todos os fenômenos naturais. Em 1907, ele percebeu que estava em condições de cumprir este objetivo, com uma única e notável exceção: os fenômenos que envolviam a força da gravidade (TIPLER; LLEWELLYN, pag. 60, 2010).

Este estudo pode ser indicado por uma questão igualmente mal resolvida que foi a chave para que Einstein formulasse a teoria da Relatividade Geral. Sendo a questão da existência de uma relação entre inércia e gravitação percebida pelos físicos, onde ficou evidente a igualdade entre os conceitos de massa inercial e massa gravitacional. Veja a figura 10.

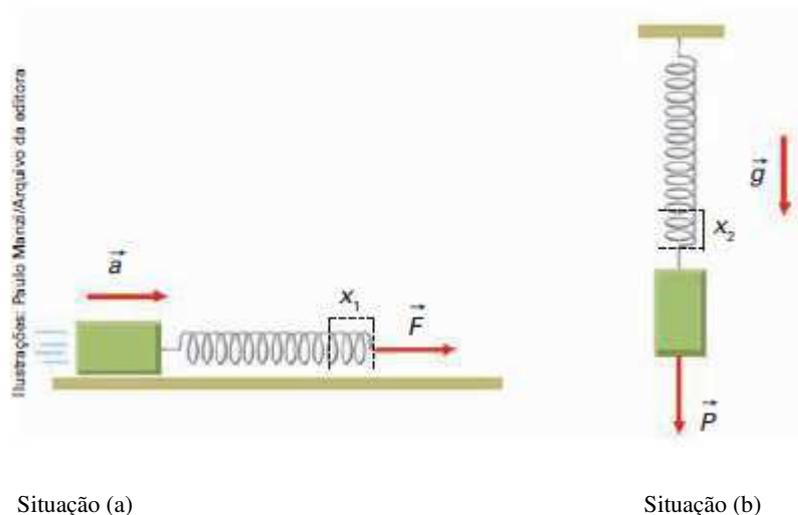


Figura 10- a relação entre Inércia e Gravitação. Quando aplicamos uma força no bloco da figura (a), esta força provoca uma deformação na mola de constante elástica  $k$ . Através da situação (b), a força que age na mola é a força peso. Fonte: Gaspar (2013)

Nessas duas situações com uma mola presa em um bloco, a mola de constante elástica  $K$ , se alonga quando sobre ela é exercida a força  $\vec{F}$  (em a) ou o peso  $\vec{P}$  (em b).

A situação (a) trata de uma situação dinâmica em que o módulo da massa do bloco pode ser obtida facilmente da segunda lei de Newton,  $\vec{F}_R = m \cdot a$ , e/ou da lei de Hooke,  $\vec{F} = k \cdot x$ , onde obtemos  $m = \frac{kx_1}{a}$  (I). Em (a), essa massa era chamada massa inercial até o início do século XX, pois está relacionada apenas à inércia do bloco e determina o módulo da aceleração por ela adquirida. Na situação (b), o peso  $\vec{P}$  alonga a mola até que o sistema fique em equilíbrio, nesse caso a massa do bloco pode ser obtida pela equação,  $m = \frac{kx_2}{a}$  (II) chamada de massa gravitacional, tendo seu módulo obtido a partir do valor do peso,  $\vec{P} = mg$ , e/ou da lei de Hooke,  $\vec{F} = k \cdot x$  (GASPAR, 2013). Através do exemplo dado acima, verificamos que a medida da massa inercial corresponde à medida da massa gravitacional.

### 1.2.1 O PRINCÍPIO DE EQUIVALÊNCIA

Segundo Tipler (2010) a teoria da Relatividade Geral se baseia no que podemos chamar de terceiro postulado de Einstein. O princípio da equivalência pode ser enunciado da seguinte maneira:

*Um campo gravitacional homogêneo é equivalente, sob todos os aspectos, à um referencial uniformemente acelerado.*

Este é princípio que aparece um pouco diferente, na inércia e gravitação, graças a igualdade entre as massa inercial e a massa gravitacional. Em um campo gravitacional homogêneo, todos os corpos caem com a mesma aceleração  $g$ , independente da massa, de acordo com todos os experimentos, a massa  $m$  em,  $\vec{F}_R = m \cdot a$  (massa inercial) e a massa  $m$  em  $\vec{F} = \frac{GMm}{r^2}$  (massa gravitacional), são exatamente iguais na mecânica clássica, embora não ofereça nenhuma explicação para a igualdade.

Quando um elevador começa a subir rapidamente, somos empurrados contra o piso e sentimos como se sofrêssemos um pequeno aumento de peso. O oposto acontece quando o elevador desacelera bruscamente.

Vale salientar que em decorrência da equivalência, esse efeito em um referencial acelerado, pode ser usado para cancelar a sensação de peso causado pela gravidade newtoniana. Para melhor compreender o significado do princípio da equivalência veja a ilustração da Figura 11 abaixo:



Figura 11 - A equivalência das leis físicas em um elevador parado (a) comparado com nave acelerada (b) com aceleração  $g$ , em (c) um elevador em queda livre acelerado para baixo, equivale a nave livre de campo gravitacional (d) – Fonte: Beatriz Alvarenga (2013).

Pode-se concluir o seguinte para um observador que esteja no interior de um recinto fechado, não existe nenhuma experiência física que permita distinguir se o local está sob ação de um campo gravitacional uniforme ou se é um referencial acelerado.

Uma consequência direta do princípio de equivalência é o fato de que a igualdade  $m_{inercial} = m_{grav}$  deixar de ser uma simples coincidência para se tornar uma necessidade. O princípio de equivalência, estende o primeiro postulado de Einstein, o princípio da relatividade, a todos os referenciais, tanto os inerciais como os não inerciais (TIPLER; LLEWELLYN, 2010).

### 1.2.2 A CURVATURA DO ESPAÇO - TEMPO

Se para o homem que cai do telhado o peso não existe, o que o faz cair?

Dizendo que depois de descobrir o princípio de equivalência, Einstein constatou que poderia formular matematicamente sua nova teoria em termos de espaço curvo e geometrias não euclidianas. E que a grande novidade introduzida por ele, em relação à estes trabalhos dos matemáticos, foi uma geometria em quatro dimensões (ALVARENGA; MÁXIMO, 2013).

Na nova compreensão da gravidade proposta por Einstein, os corpos não caem sobre a Terra porque ela os atrai, mas porque a massa da Terra deforma a configuração do espaço onde ela está. Todos os corpos tendem a cair ou mover-se naturalmente para baixo como se deslizesse em um imenso tobogã até atingirem a superfície terrestre.

A Relatividade Geral foi comprovada por diversos testes experimentais, nosso estudo está limitado a apenas um deles que foi proposto por Einstein: o desvio de um raio de luminoso de uma estrela quando a luz passa nas vizinhanças do sol (SEARS; ZEMANSKY, 2009).

A figura 12 representa uma superfície bidimensional, e a curvatura do espaço é causada por uma grande massa, como o Sol ou a Terra. Nós que observamos de fora, a trajetória de uma partícula se curva nas vizinhanças da grande massa ao procurar seguir o caminho mais curto.

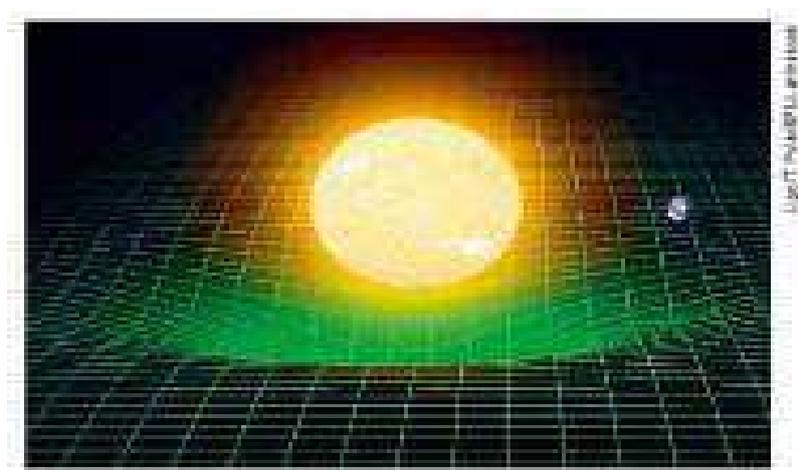


Figura 12 - Superfície bidimensional provocando uma curvatura do espaço causa por grandes massas – Fonte: Beatriz Alvarenga (2013).

A nova lei da gravitação decorreria do comportamento das partículas ao descreverem trajetórias neste espaço-tempo, curvando-se devido a uma grande massa, conforme a figura 13.



Figura 13 - lançamento de sonda Gravity Probe B Pode confirmar a curvatura do espaço- tempo prevista por Einstein  
– Fonte: Beatriz Alvarega (2013).

O lançamento da sonda Gravity Probe B, pela Nasa, em 2004, possuía quatro giroscópios capazes de detectar a movimentação da Terra. Com essa sonda foi possível confirmar a curvatura do espaço-tempo prevista por Einstein.

Um conceito muito importante para a Relatividade Geral é que toda massa deforma o espaço-tempo a sua volta. Einstein traz uma nova explicação para a gravidade Newtoniana: os corpos experimentam uma queda acelerada não mais por uma consequência de um campo gravitacional, e sim, pelo movimento adquirido quando o corpo está inserido no espaço encurvado. Quanto maior é a massa, maior é a deformação que ela causa a sua volta.

## **CAPÍTULO 2 - O ENSINO DA RELATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

No Ensino da Física, a questão da prática docente consiste em relacionar concepções de natureza ideológica que permeia o fazer da escola e do professor e como relacionar ações metodológicas do professor. É comum que se confundam dois aspectos relacionados com o trabalho mental do aluno no aprender.

A Física na Educação Básica é necessária e possível, mas existem muitos desafios à sua inserção. Um deles é a forma como se dá a aprendizagem desses novos conceitos pelo estudante, uma vez que é necessário que os professores utilizem novas metodologias diferenciadas em todas as aulas, que possibilitem a construção desses conhecimentos.

A contextualização deixa claro para o aluno que o saber é sempre mais amplo, que o conteúdo é mais complexo do que aquilo que está sendo apresentado naquele momento. Uma contextualização bem feita ajuda o aluno a compreender aquilo que já é de domínio dele (ALMEIDA, 2017). A contextualização do conteúdo dá-se quando o ensino orienta de modo a levar os estudantes à construção do conteúdo participando desse processo, criando oportunidade de levar os alunos a aprenderem e se argumentarem fornecendo respostas a partir dos seus pontos de vista (CARVALHO, 2012).

O aluno, para interpretar as coisas ou mundo, constrói e desenvolve um esquema ou modelo de agir altamente coerente, que envolve os recursos metodológicos da indução e dedução. A situação própria de Ensino deve ser um encontro de diálogo, em que professor e aluno se colocam como seres humanos. O ensinar ciências decorre das relações que o professor possa fazer entre seu conhecimento a respeito da cognição do aluno e da prática social. E para que haja aprendizagem é necessário que o aluno construa o entendimento do assunto com base no núcleo conceitual preexistente.

Uma das preocupações do estágio supervisionado está na observação realizada em sala de aulas tradicionais em que a concepção de ensino está centrada no modelo de transmissão – recepção e na concepção empirista – positivista de ciências. A necessidade de questionar essas concepções junto aos futuros professores, fazer uma crítica a esse ensino é criar condições para reestruturá-lo seus conceitos de ensino e de aprendizagem para futuras mudanças metodológicas (CARVALHO, 2012).

Como proposta para substituir o ensino tradicional, baseamos-nos em pressupostos construtivistas que ampliam os objetivos do ensino. Trabalhando com

conhecimentos prévios dos alunos, propondo que, ao ensinar os conteúdos específicos/ também se desenvolva a capacidade dos aprendizes de entender como vimos a saber, e por que acreditamos no que sabemos, estudando a interação professor – aluno que é uma das variáveis na caracterização entre o fazer lição e fazer ciências (CARVALHO, 2012). Logo, o professor precisa ter um apoio de um material investigativo, ser diretivo ao propor as questões aceitando as idéias dos alunos para criar um clima de confiança em suas aulas, dando condições para os alunos argumentarem sobre o conteúdo a ser estudado.

A aprendizagem ocorre quando novos significados são adquiridos e atribuídos pelo aprendiz, através de um processo de interiorização de novas idéias, com conceitos ou proposições relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva conforme AUSUBEL (1981 apud HEINECK, 1999, p. 232). Após contato com as aulas o aluno permanece com as mesmas concepções prévias, sem muitas mudanças advindas do processo de ensino aprendizagem, aprendendo o conteúdo como um corpo de conhecimentos prontos. Uma condição para que a aprendizagem seja significativa é que o conteúdo a ser aprendido seja articulável de maneira substantiva à estrutura cognitiva do aprendiz, sendo potencialmente significativo devendo ser articulável de modo que possa ser correlacionado com as idéias correspondentemente relevantes existentes no indivíduo.

Numa concepção Vygotskiana, a formação de conceitos exige a participação efetiva do sujeito na sua construção, pois é um processo criativo e não mecânico e passivo. Um problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos, de modo que o aprendizado se dá a partir das concepções espontâneas e do conflito cognitivo que terá como ponto de partida questões internas dos alunos.

As noções sobre as origens sociais das funções superiores se encontram articuladas ao ensino através da noção de zona de desenvolvimento proximal, definido como sendo:

a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com parceiros mais capazes (VYGOTSKY, 1994, p.112).

O bom ensino é aquele que se coloca à frente do desenvolvimento, centrando-se em tarefas que os indivíduos apenas dominam parcialmente, mas que são capazes de participar de sua execução mediante a assistência e a supervisão do

professor. Na visão Vygotskiana, interação social significa atividade envolvendo pelo menos dois indivíduos (um adulto e uma criança, por exemplo).

A sociedade exige uma educação capaz de preparar o cidadão social, técnica e cientificamente. Sendo assim cabe ao professor à mediação entre a sociedade da informação e os alunos, visando por meio da atividade reflexiva, construir um humano que seja produto da sabedoria exigida.

A articulação teoria – prática no estágio supervisionado busca compreender a concepção atual acerca do estágio na tentativa de articular a atividade teórica com a atividade prática.

A produção da década anterior é indicativa dessa possibilidade, quando o estágio foi definido como atividade teórica que permite conhecer e se aproximar da realidade. Mais recentemente, ao se colocarem no horizonte as contribuições da epistemologia da prática e se diferenciar o conceito de ação (que diz dos sujeitos) do conceito de prática (que diz das instituições), o estágio como pesquisa começa a ganhar solidez (PIMENTA 2007, P.44 apud, DUTRA).

O estágio supervisionado se caracteriza como momento fundamental, pois possibilita ao aluno, futuro professor, uma vivência nas diferentes situações de ensino – aprendizagem e a apreensão das dinâmicas de interação entre os elementos que compõem a prática pedagógica.

A prática do estágio supervisionado consiste necessariamente para a tomada de consciência dos futuros educadores acerca das teorias estudadas, estas teorias relacionadas ao saber, é satisfatória para o íntegro estágio da docência. Permanece uma necessidade dos estagiários vivenciarem a prática docente em escolas de educação básica.

É imprescindível, assim, a imersão nos contextos reais de ensino, para vivenciar a prática docente mediada por professores já habilitados, no caso, os orientadores dentro das universidades em parceria com os professores que já atuam nas salas de aula, essa é a maneira mais efetiva de proporcionar aos estagiários um contato com o ambiente em que irão atuar (PIMENTA, p.199, 2007).

Perante isso, faz-se necessário o subsídio do professor supervisor da disciplina juntamente com o professor orientador da escola, no direcionamento das tarefas a serem desenvolvidas pelos licenciandos no período do estágio.

A competência do professor na prática de sala de aula é aprender fazendo e com suas habilidades, construindo-se no seu ambiente educativo que é o espaço que está inserido, mediante transformação que poderá planejar assim o professor só construirá

cotidianamente quando tem a coragem de abandonar modelos antigos e ultrapassados e aceita o novo.

A realização de experimento na sala de aula pode ser de forma demonstrativa ou investigativa; a experiência demonstrativa é mais fácil de ser conduzida, ela é usada para demonstrar conceitos discutidos anteriormente, onde os resultados do experimento não são priorizados.

Utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações (CARVALHO et al., 1999, apud, CAMARGO).

A experimentação investigativa é empregada anteriormente à discussão dos conceitos e tem como principal objetivo buscar, encontrar informações que subsidiem a discussão, a reflexão e as explicações para que os alunos compreendam, aprenda os conceitos e também a forma de pensar e falar sobre o mundo da Ciência.

Utilizações de atividades experimentais apresentam duas vantagens na abordagem do conteúdo curriculares que traja motivação e a concretização de conceitos físicos princípios dando prioridade a escolha de experimentos que funcionem bem e que apresente bons resultado priorizando a conteúdos com quais tenha menos familiaridade.

Diante da necessidade de sincronização conceitual entre os desenvolvimentos propiciados pela parte da física moderna e aquilo que é veiculado no Ensino Médio principalmente sobre o conceito da grandeza massa, fazendo uso de uma questão de Enem buscando exemplificar do ponto de vista técnico os equívocos cometidos na interpretação de alguns conceitos físicos, bem como a pertinência e emergência deste assunto (CUNHA; GOMES, 2012).

Quanto ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) não há uma cobrança gradativa acerca da inserção da Física Moderna (FM). No entanto órgãos como a Sociedade Brasileira de Física têm estimulado os organizadores a tomarem medida nesse sentido. Imagina-se que a tendência é que o ENEM também passe a avaliar conhecimentos relativos à FM.

Segundo Charlot (2013) a socialização de experiências adquire de forma que oportunize os reconhecimentos de saberes fora o do professor, aprender é uma construção de si que só é possível pela intervenção do outro. Ensinar é uma ação que só tem êxito se encontra o sujeito em construção, nesse sentido viabiliza ao estudante

aprender de uma forma mediada pelo aluno da escola- campo de estágio onde está sendo concretizada a experiência prática.

Os professores não priorizam o ensino do conteúdo de Física Moderna devido à falta de formação nos temas envolvidos. E priorizam os conteúdos da Física Clássica pelo o qual se sente mais seguro, sendo mais fácil continuar lidando com os conteúdos mais tradicionais. Então insistir nessa postura significa privar os estudantes dos benefícios de conhecerem um pouco mais sobre FM. Considerando que o ensino médio é último contato com a educação formal em Física, com isso em mente cabe ao professor encarar este desafio.

Ostemann (2000) questiona o estilo didático, os enfoques com que tem sido tratado nas escolas e apontam erros conceituais mais comuns dos docentes de nível médio, esses erros são ao tentar explicar idéias relativísticas através das noções de Newton, conduzindo a confusão de conceitos e a uma interpretação inadequada de fenômenos que variam de uma teoria a outra.

Em relação ao conteúdo Física Moderna ser ensinado que possibilitará ao estudante entender os problemas do mundo atual, refletindo a uma visão de educação voltada para o próprio conteúdo específico substituindo por tópicos que auxiliem o estudante a participar da sociedade em que está inserido.

Para romper com um ensino centrado apenas na memorização, tem como proposta a ampliação do conceito de conteúdo escolar, incluindo aspectos conceituais procedimentais e atitudinais, com um planejamento de atividades de ensino que possibilite aos estudantes desenvolver de forma inter – relacionada esses três aspectos do conteúdo (CARVALHO, 2012).

Na perspectiva da aprendizagem significativa serão explorados os limites modelos clássicos. A partir do sistema hipermídia denominado de tópicos de Física Moderna. Onde o texto didático incluirá cotejos entre conceitos clássicos e modernos, procurando explicitar semelhanças e diferença e as limitações e ainda para facilitar o estabelecimento de pontes entre ideias já estudadas e novas concepções, serão usados textos.

Durante o século XX o ensino de física se reduzia a divisão de blocos tradicionais, na área de ensino de Física Moderna encontrava uma grande pobreza e semelhanças nos currículos nas escolas brasileiras, sendo excluída dos currículos escolares (Ostermann, 2000).

Os novos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) tem mostrado uma lista de conteúdos para serem abordados pelo professor na educação básica, então trata que a organização dos conteúdos deve ser vinculada ao dia a dia do estudante, e propõe também uma renovação de conteúdos que proporcione aos estudantes condições que desenvolva uma atualizada visão de mundo.

Os docentes não priorizam o ensino da Relatividade devido à falta de formação, no entanto seleciona mais os conteúdos da Física Clássica por se sentir mais seguro, então continuar com ensino tradicional se torna mais fácil. Insistir nesta postura significa privar os estudantes de conhecerem um pouco sobre a Relatividade.

O ensino da Relatividade compatível com conhecimento dos estudantes possibilita uma discussão em sala de aula, explorando seus limites e possibilidades, priorizando quantitativamente os conceitos físicos e com uso das tecnologias que serão considerados aspectos para a Relatividade e algumas de suas aplicações. Assim o esclarecimento dos limites de validade das concepções clássicas e explicitando suas diferenças em relação à Relatividade, evita uma visão simples possibilitando um entendimento mais correto da física.

Percebe que temas relacionados à Física moderna vem adquirindo maior espaço nos livros-texto do Ensino Básico. A tendência atual para inserção de Física Moderna nos implica uma maior exploração de conteúdos que relacionados com aplicações tecnológicas (JARDIM; OTOYA; OLIVEIRA, 2015).

O uso da aprendizagem significativa partirá da ideia do conhecimento clássico para se estabelecer o moderno utilizando as noções de concepções prévias dos estudantes nas condições subsunções para construção de novas concepções promovendo a reconciliação integrativa mostrando aspectos comuns e distinções entre os conceitos clássicos e modernos.

De acordo com a pesquisa há uma grande necessidade de abordagem do conteúdo de Física Moderna nas escolas sendo reconhecidas como pilares fundamentais para essa da Relatividade com essa proposta mudará o ensino tradicional que está sendo oferecido na escola incluindo este conteúdo na condição de um corpo de ideias capaz de proporcionar explicações para fenômenos até então não compreendidos (LOCH; GARCIA, 2001).

A utilização de atividades de simulações computacionais conduzirá estratégias na construção e de teste de hipóteses, que por meio das ocorrências experimentais evidenciará as dificuldades nas interpretações das relações entre a teoria e

observações que contribui para o entendimento de conceitos, como também no desenvolvimento de conteúdos procedimentais que são aspectos relevantes no processo de elaboração do conhecimento científico.

Exponho neste capítulo as implicações que decorrem de todas as observações efetuadas que tem por objetivo desenvolver as habilidades e competências de acordo com referenciais estabelecidos pelos Novos Parâmetros Curriculares Nacionais.

A introdução da Relatividade Especial e Geral é de fundamental importância para que o ensino complete discussões como um tema presentes na vida dos estudantes, sendo com leitura ou com aplicação tecnológica.

. Esta proposta de introdução a Relatividade visa ensinar de forma a evitar erros conceituais que são encontrados em análise nos livros didáticos de física, sendo assim propor aos estudantes.

Uma discussão com significado preciso do se entende por “medir” em Relatividade Restrita, distinguindo-o claramente daquilo que ordinariamente entendemos por “ver” ou “observar”, ou mesmo “fotografar”, ou ainda discutir a questão da aparência visual de objetos em movimento relativístico (OSTERMANN; RICCI, pág. 188, 2002).

Nesse sentido, a introdução correta da Relatividade na Educação básica está dentro dos devidos cuidados a ser usada pelo docente para evitar os erros conceituais mais fundamentais no ensino deste conteúdo, a apresentação do significado correto é algo que deve ser feito, de certa forma transmitir o conteúdo errado reforça no estudante as concepções encontradas de simples leituras do texto, e de leitura não – científica, para não correr o risco transformar uma educação científica em ficção científica.

Ensinar a Relatividade na Educação Básica é uma necessidade, mas muitas escolas ainda não estão preparadas para o enfoque desse assunto, a escola sabe da relevância, no entanto encontra muitas dificuldades na seleção do material didático.

Com base em crítica encontrado em análise de livros didáticos, sugere ao docente um método para inserir o correto ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio ao utilizar termos problemáticos, por exemplo, ao introduzir a contração dos comprimentos como “ver”, “observar” e “fotografar” ao invés de “medir” ou de outras expressões que possam induzir o estudante a pensar na contração como um encurtamento do material do objeto (OSTERMANN; RICCI, 2002).

Em termos de atividades experimentais que descrevem uma medida direta do tempo, no entanto a idéia é proporcionar aos estudantes uma evidencia experimental da dilatação do tempo.

Segundo Warrem (1976 apud OSTERMANN; RICCI, 2001, p. 179) as interpretações modernas que são dadas à relação de massa-energia proposta por Einstein. A partir da década de 60, está linha de concepções errada da relação  $E = m \cdot c^2$  estão em desacordo em livros sobre Relatividade e carecem de coerência lógica.

Vale ressaltar que a discussão para o conceito de massa, deverá ressaltar de forma adequada a energia total em função da quantidade de movimento e da energia de repouso, e chamando a massa como invariante, ou seja, uma grandeza que independe do referencial. Diante do exposto muitos livros didáticos não apresentam uma diferenciação entre a massa de repouso e massa relativística, apresentam de forma inadequada as relações de massa-energia.

Esse conceito de massa mostra com enorme discussão nos meios científicos e epistemológicos, além de ser pouco explorados e muitas vezes têm sua utilização na Relatividade Especial de maneira inadequada em vários livros didáticos (JARDIM; OTOYA; OLIVEIRA, 2015). A questão é discutir de maneira correta este conceito, uma vez que estão sendo excluído dos livros sendo somente apresentado em livros de nível superior.

Ensinar a Relatividade Geral na Educação Básica requer muito cuidado, por ser um assunto que exigem certo formalismo matemático pra entender aspectos que pode está distante dos estudantes, como a geometria do espaço curvo, então se os estudantes não têm o suporte matemático necessário à exposição do assunto, uma discussão sobre o principio de equivalência e a nova concepção de espaço-tempo. É um dos primeiros passos a entender a Relatividade Geral (GUERRA; BRAGA; REIS, 2007). Não só agora mas há variaias décadas.

### CAPÍTULO 3 - O RELATÓRIO DO ESTÁGIO

Este capítulo apresenta uma descrição analítica do período de intervenção do estágio supervisionado IV realizada na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Moraes, em uma turma de 3º ano do Ensino Médio no período da manhã, localizada na Cidade de Bonito de Santa Fé – PB.

A turma do 3º ano do Ensino Médio, em que ministrei as aulas de Física, era composta por 15 estudantes, que tinham entre 16 e 18 anos aproximadamente, de ambos os sexos, sua maioria residindo na cidade de Bonito de Santa Fé- PB e os demais em sítio circunvizinho.

Neste relato, constará uma seqüência de oito aulas que foram ministradas no estagio supervisionado IV, tendo uma carga horária de três aulas por dia de estágio e sendo realizadas duas aulas nas quintas-feiras e uma aula nas sextas-feiras num total de oito aulas de regência. A tabela 1 mostra a seqüência das aulas com seus respectivos temas.

**Tabela 1**

<b>AULA 01:</b> A RELATIVIDADE ESPECIAL
<b>AULA 02:</b> TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS DA MECÂNICA RELATIVÍSTICA
<b>AULA 03:</b> IMPOSSIBILIDADE DA SIMULTANEIDADE
<b>AULA 04:</b> A DILATAÇÃO DOS TEMPOS
<b>AULA 05:</b> A CONTRAÇÃO DOS COMPRIMENTOS
<b>AULA 06:</b> QUANTIDADE DE MOVIMENTO RELATIVÍSTICA E ENERGIA RELATIVÍSTICA
<b>AULA 07:</b> A RELATIVIDADE GERAL: INÉRCIA E GRAVITAÇÃO E O PRINCIPIO DA EQUIVALÊNCIA
<b>AULA 08:</b> A RELATIDADE GERAL: A CURVATURA ESPAÇO-TEMPO

Vale salientar que o tema da Aula 03 foi escrito de forma equivocada, pois existe a possibilidade da simultaneidade, a depender do referencial.

O plano das aulas realizado no estágio está no Anexo.

Para motivar os estudantes realizei estas aulas com o uso de atividades experimentais com o apoio de software baixado gratuitamente na internet. Durante as aulas usei os simuladores do software *modellus 4.01* disponíveis no site [www.if.ufrgs.br/public/ensino](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul–UFRGS. Também usei os Objetos Educacionais Digitais (OEDs) que estão disponíveis no site da editora Scipione, nos quais contribuíram para visualização destes conceitos abstratos.

Com estes recursos experimentais, explorei de forma cognitiva discutindo previamente o tema proposto contemplado. Os simuladores contribuíram para que os conhecimentos interagissem com aspectos relevantes da estrutura cognitiva dos alunos pois utilizaram em sua escrita, equação classicamente usadas em sala de aula.

A partir das observações realizadas anteriormente no mês de Junho e das atividades coordenativas no mês de julho de 2017 na turma do 3º Ano do Ensino Médio, busquei elaborar planos de aulas do que seria ministrado na primeira aula, esquematizando um plano de aula com base na realidade dos estudantes, de modo que eles pudessem compreender a importância do que está sendo ensinado. O planejamento das aulas contribui para a realização de aulas satisfatórias em que os estudantes se sintam estimulados, tornando o conteúdo mais agradável com vistas a facilitar a compreensão.

O levantamento de concepções prévias dos alunos é amplamente aceito como ponto de partida das estratégias de ensino, o que mostra a influência da perspectiva construtivista. Por isso, **apliquei o teste de indagação das concepções do aluno**, que tinha por objetivo identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre Relatividade de Galileu, estimulando tais aspectos como base para estudos posteriores (Do livro *Ciências Físicas nos Ensinos Fundamental e Médio: modelos e exemplos – Jesús Lahera*). Todos os itens propostos indagaram as concepções dos alunos sobre as descrições de movimento a partir dos sistemas de referência. Pode-se averiguar uma interpretação não absoluta do movimento, se todo movimento deve ser associado a um sistema de referência e, se pode ser observado de maneira diferente em relação a outro.

Tratando do questionário do Anexo 1, o item 1 descreve um fenômeno do cotidiano: o movimento de uma roda quando a bicicleta avança. Os alunos fizeram desenhos a partir de um referencial associado ao centro da roda e a partir do referencial exterior. A trajetória de um determinado ponto no raio da roda da bicicleta mostra uma trajetória circular, então esse movimento é circular. Um observador no centro da roda vê um objeto fixado, em um dado ponto do raio, mudar continuamente de direção

conforme o objeto se move pela trajetória circular. Os estudantes desenharam a trajetória das duas situações.

No item 2, como é a física em um sistema que se movimenta, nosso referencial é considerado fixo e o referencial de outro observador, em movimento com o móvel. Deste modo, solicita que faça a trajetória que o projétil faz para o observador no caminhão e para nós que nos encontramos fora do caminhão.

No item 3, para o observador terrestre, a Lua descreve um círculo e, para um hipotético observador solar, círculos sobre um círculo, uma espécie de espirais. No item 4, o observador O do trem vê caindo a moeda sempre em sua vertical; o observador O' vê uma curva, fenômenos estes que não foram mostrados por menos de um quarto dos alunos. Na interpretação do item 5, o observador O' no trem vê a moeda na trajetória reta, na subida e na descida; o observador O' exterior na plataforma, vê uma curva (parábola). Neste caso, um quarto dos alunos tiveram um melhor resultado na compreensão da trajetória do observador O do que para O'.

No item 6, o piloto O do avião vê em todo momento o objeto caindo sempre na vertical; o observador O', em terra, vê uma curva ao longo do movimento do avião, parábola foram concebida de forma correta apenas por dois alunos. Já no item 7, o marinheiro no barco vê que o objeto cai em todo momento na sua vertical; o observador em terra, vê uma curva para diante. Três alunos dão interpretação correta. Podemos constatar que uma quinta parte de alunos indica que não compreende o assunto ou não se decide a opinar.

### 3.2 Relato da aula 1 e 2 (PLANO DE AULA – ANEXO)

No dia 27 de Julho de 2017 realizei a primeira aula, iniciei com a **Relatividade Especial: Os postulados da Relatividade Especial**, inicialmente enfatizei que a teoria da Relatividade foi uma teoria elaborada em duas etapas, problematizei **o que é a Relatividade Especial?** Dizendo que é uma teoria válida apenas para referenciais inerciais, mostrei uma experiência familiar, não se distinguem um referencial inercial do outro, mostrando que um avião voando regularmente a duas vezes a velocidades do som onde praticamente não existe turbulência, para um vôo em linha reta, o referencial do avião pode ser considerado inercial. Fazendo o uso de analogia mostrei que a comissária de bordo serve, uma refeição como se o avião

estivesse parado em terra, mostrei que não se distingue um referencial inercial do outro e para se compatibilizar como a teoria eletromagnética desenvolvida no século XIX, enfatizando que essa teoria modificou a mecânica newtoniana.

Em seguida apresentei que Einstein conseguiu basear a teoria em dois postulados, por último apresentei estes dois postulados e mostrei exemplos de suas aplicações. Ensinei que o fato de não sentirmos, em termos de forças, um movimento retilíneo uniforme, apesar de sentirmos quando estamos sofrendo acelerações, dizendo que este era o resultado já conhecido por Galileu. Para o segundo postulado mostrei que decorre da constância da velocidade da luz, que aparece na teoria eletromagnética de Maxwell e no fato de a experiência de Michelson e Morley não indicar variações na velocidade da luz à medida que o interferômetro era girado. Mostrei também que a teoria da Relatividade Especial mostra que a velocidade da luz no vácuo é também uma velocidade-limite, que não pode ser atingida e muito menos ultrapassada por qualquer partícula material.

A segunda aula ministrada no dia 27 de Julho de 2017 teve início com a transformação de coordenadas da mecânica relativística, sem realizar dedução de como é deduzida as transformações de Lorentz, comparei as equações com as equações da transformação Clássica (transformação de Galileu), então em seguida illustrei que na Teoria da Relatividade Especial, quando o movimento relativo dos dois sistemas inerciais se dá na direção  $X$ , apresentei que são diferentes e dizendo que a variável tempo assume um caráter relativo e não absoluto. Logo em seguida ressalttei que na mecânica relativística as situações que resultam dessas transformações diferem das descritas na mecânica newtoniana, falei que a velocidade da luz no vácuo é igual a todos os observadores inerciais e representa um valor-limite para todos os objetos materiais.

Em seguida illustrei a adição de velocidades na mecânica relativística, comparei com a forma de calcular da mecânica newtoniana e discuti as alterações, no final desta aula solicitando aos estudantes como atividade extraclasse, um quadro comparativo entre a Física Clássica e a Física Relativística, explicando e exemplificando as idéias apresentadas sobre os seguintes itens: a questão do éter; as equações de transformação de coordenadas de um sistema de referência inercial a outro, que se encontra em movimento relativo, e a variável tempo e espaço, e o limite de velocidades.

### 3.3 Relato da aula 3 (PLANO DE AULA – ANEXO)

No dia 28 de Julho 2017 realizei a terceira aula, o assunto discutido foi a **Impossibilidade da simultaneidade** (Vale a pena salientar que este tema se encontra equivocado, visto que a simultaneidade é possível, a depender dos eventos e dos referenciais adotados). Inicialmente, elenquei que uma das consequências do segundo postulado de Einstein, ocorre o conceito de simultaneidade, em seguida dizendo que dois eventos são simultâneos se eles ocorrem no mesmo instante de tempo. Mostrei uma animação considerando uma fonte luminosa bem no meio do compartimento de uma nave especial.

A figura 14: Print screen da animação 5.3 - simultaneidade do softwares modellus 4.01

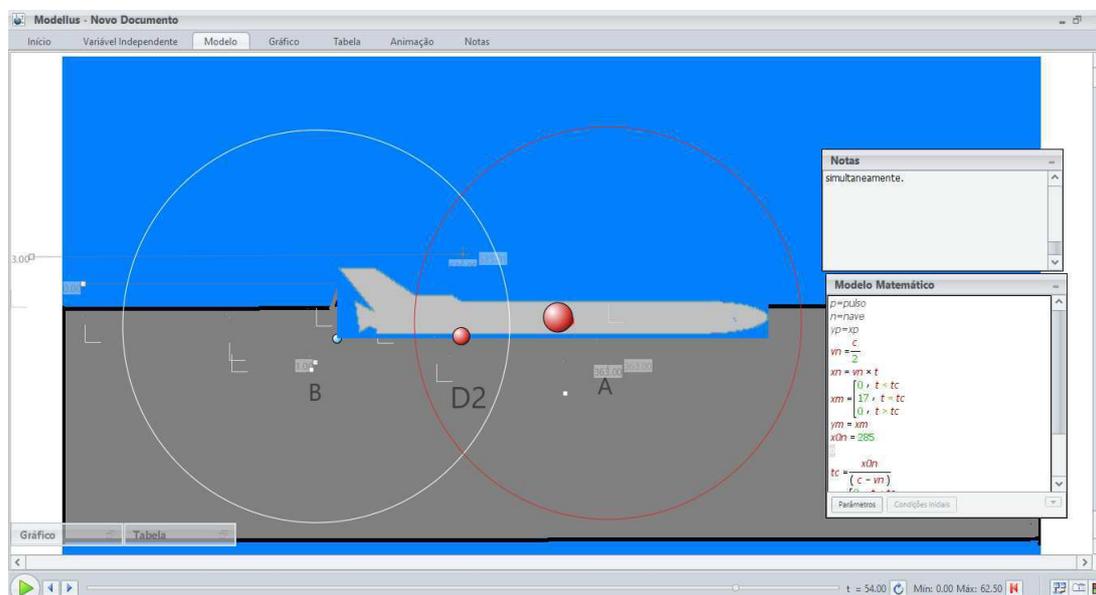


Figura 14 – No referencial das antenas: dois pulsos luminosos emitidos pelas antenas A e B são detectados simultaneamente pelo detector D2.

Quando a fonte é ligada, a luz se espalha em todas as direções com a velocidade igual a da luz  $c$ , enfatizei que para um observador que esteja dentro dele constata que a luz alcança a extremidade frontal no mesmo instante em que chega à extremidade oposta, com esta discussão falei que isso ocorre se a nave espacial se encontrava em repouso ou se movendo com uma velocidade constante, definido pela chegada da luz a cada uma das extremidades os pulsos luminosos são detectados simultaneamente para o observador no interior da nave espacial.

Já para observador que se encontra fora da nave e que vê os dois eventos em outro sistema de referencia, que não se move junto com a nave? Para este observador mostrei que esses eventos não são simultâneos, a partir do momento que a

luz propaga da fonte, o observador vê a nave mover-se para frente, de modo que a traseira do comprimento se move em direção ao feixe de luz enquanto a frente se move no sentido oposto.

A figura 15: Print screen da animação 5.4 - simultaneidade do softwares modellus 4.01

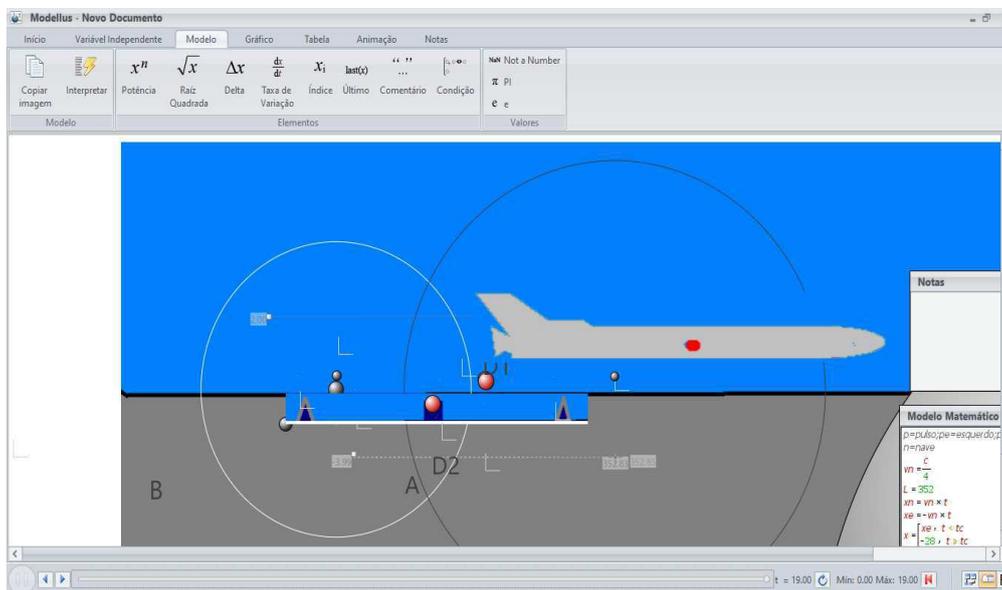


Figura 15 – no referencial da nave: dois pulsos luminosos emitidos pelas antenas A e B não são detectados simultaneamente pelo D1.

Como um pouco de raciocínio mostrei que um observador em outra nave espacial que se move em sentido oposto registra que a luz chega primeira à frente do comprimento, essa não simultaneidade de eventos num sistema de referencia quando eles são simultâneos em outro sistema é um resultado puramente relativístico, disse mais que é uma consequência de que a luz sempre se propaga com a mesma velocidade para todos os observadores, a velocidade da nave é da mesma ordem da velocidade da luz para que os efeitos relativísticos apareçam.

### 3.4 Relato da aula 4 (PLANO DE AULA – ANEXO)

A quarta aula foi realizada no dia 04 de Agosto de 2017 sobre **a dilatação do tempo**, de inicio elenquei que a dilatação do tempo é uma consequência direta do principio da Constancia da velocidade da luz e da cinemática elementar, em seguida disse que uma disparidade deve ocasionar pelo seguinte motivo, se as distâncias percorridas por um ponto material dependem do referencial considerado e a velocidade da luz não, alguma consequência em relação à medida do tempo. Em outro instante da aula examinamos a noção de que o tempo pode ser alongado, imaginando que você de alguma maneira é capaz de observar um flash de luz pra cá e pra lá entre em dois

espelhos, com uma animação mostrei que este relógio de luz se encontra dentro de uma nave espacial transparente que se move com alta velocidade. A figura abaixo representa o experimento do relógio de luz no referencial da plataforma.

A figura 16: Print screen da animação 3.2 - dilatação do tempo softwares modellus 4.01



Figura 16 - Referencial em S (Dilatação do Tempo)

A partir desta animação demonstrei que no primeiro caso em que observador estão no mesmo corpo (o trem) onde o referencial se fixou o referencial  $S'$ , por isso o intervalo de tempo medido é chamado de **tempo próprio**, no segundo caso, o intervalo de tempo é medido por dois observadores,  $O_1$  e  $O_2$ , situados em um corpo externo à plataforma onde se fixou o referencial  $S$ , além disso, discuti com os estudantes que esses dois modos diferentes de medir têm uma consequência extraordinária **essas medidas não são iguais**, em outro instante desta aula disse onde cada medida era realizada, enfatizei também que os observadores têm que se comunicar de algum modo, pelo seguinte motivo: como o tempo dessa comunicação é limitado pela velocidade da luz, a medida do tempo do observador externo será sempre maior do que a medida do tempo próprio, sendo assim enfatizei que esse fenômeno costuma se chamar de **dilatação do tempo**.

Logo em seguida determinei a relação entre o intervalo de tempo próprio do evento ocorrido em um corpo onde se fixou um referencial  $S'$  e o intervalo de tempo desse mesmo evento medido de um corpo onde se fixou um referencial  $S$  que se move com movimento retilíneo uniforme de velocidade de módulo  $V$ , em relação a  $S'$ , por ultimo expressei a equação da dilatação do tempo, em que  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.

### 3.5 Relato da aula 5 (PLANO DE AULA – ANEXO)

No dia 10 de Agosto foi realizada quinta aula sobre o conteúdo **contração do comprimento**, inicialmente problematizei que quando os objetos se movem através do espaço-tempo, tanto no espaço com no tempo sofrem alterações neste instante. Destaquei que o espaço sofre contração fazendo com que os objetos pareçam mais curtos ou mais longos quando estão se movendo em relação a nós com velocidades relativísticas. Em seguida apresentei que essa contração foi proposta pela primeira vez pelo físico George F. Fitz Gerald e expressa matematicamente por outro físico, Hendrick A. Lorentz. Disse que enquanto estes físicos fizeram a hipótese de que era a própria matéria que sofria contração, Einstein percebeu que o que sofre contração é o próprio espaço.

Em seguida realizei um experimento mental para determinar o comprimento do trem em que ele viaja. Mostrei pra um observador A que viaja no trem meça o comprimento próprio, chamado assim porque é medido em um referencial fixado ao próprio trem o observador pode cronometrar o intervalo de tempo entre a passagem da frente traseira do trem por um ponto fixo na ferrovia.

Conhecido o modulo da velocidade constante do trem em relação à ferrovia e o intervalo de tempo medido esse observador pode fazer a conta para comprimento próprio  $l_0$ , mas para um observador B, localizado fora do trem poderá medir com trem em movimento, supondo de esse observador conheça o modulo da velocidade  $V$  com que trem passa por esse ponto, então mostrei que basta medir o tempo próprio, pois observador B pode obter com único cronômetro. Logo seu comprimento pode ser medido no referencial externo ( $L$ ), *sendo  $v$  o modulo da velocidade do trem (a velocidade do trem em relação a plataforma é a mesma velocidade da plataforma em relação ao trem)*. Em seguida ensinei que dividido membro a membro destas expressões obtidas, e substituindo a expressão da dilatação do tempo, obtemos a expressão da contração dos comprimentos.

Assim, a dilatação do tempo é apenas resultado da sua medida em relação a referencias diferente, e que neste caso também não há contração física dos comprimentos (eles continuam os mesmos), o que muda é o resultado de sua medida quando feita de referenciais diferentes.

### 3.6 Relato da aula 6 (PLANO DE AULA – ANEXO)

E sexta aula também foi realizada no dia 10 de Agosto de 2017, desta vez o conteúdo discutido foi **Quantidade de movimento relativística e Energia relativística**, neste momento inicial apresentei que todas as conseqüências dos dois postulados da teoria da Relatividade Especial, que citamos, são vista na cinemática, pois elas envolvem os conceitos de espaço e tempo que estão na base de toda a Física. Discuti que com essa revisão de conceitos básicos, que a quantidade de movimento e energia cinética de uma partícula teve de ser reescritas, em seguida mostrei que a quantidade de movimento e energia de uma partícula passou a ser dadas pelas expressões relativísticas.

Em outro instante depois de ter expressado esta expressões relativísticas mostrei porque é impossível colocar uma partícula material na velocidade da luz. Em seqüência apresentei que Einstein chegou à equação que relaciona a massa de objeto com uma nova forma de energia, a energia de repouso, também expressei que a energia cinética relativística passa ser dada, subtraindo da energia relativística a energia do repouso.

Em seguida apresentei uma nota sobre o conceito de massa, aquela medida com o objeto em repouso, que traduz a quantidade de matéria desse objeto, falei também quando uma grandeza não varia quando se muda de referencial, se diz que é **invariante e para entendermos a utilização atual de conceitos equivalentes, como massa** e energia realizaram os cálculos, mostrei porque se optou por designar a grandeza invariante associada a determinada partícula como massa, e por ultimo enfatizei a massa de um feixe de luz, analisando o caso da energia de uma partícula de massa  $m$  e de velocidade  $v$ . Frisei que a massa de repouso não pode ser apenas muito pequena, deve ser exatamente zero, finalizando nossa análise da equação da energia de uma partícula, vemos que ela depende de duas grandezas  $m$  e  $v$ , assim disse que a energia ou a quantidade de movimento da luz serem indeterminadas, existem uma relação entre elas.

### 3.7 Relato da aula 7 (PLANO DE AULA EM ANEXO)

Para que o estudo da teoria da Relatividade ficasse somente com a abordagem da teoria da Relatividade Especial, então conhecer a teoria da Relatividade

Geral focalizando algumas idéias mais importantes dessa teoria e tendo como critério principal o interesse em despertar nos estudantes adequações ao seu provável nível cognitivo. Verificando com se comportam sistemas acelerados.

No dia 24 de Agosto foi realizada sétima **aula sobre a teoria da Relatividade Geral: uma revisão de Inércia e gravitação e princípio de equivalência**. Iniciei este estudo por uma questão igualmente mal resolvida que foi a chave para que Einstein formulasse a teoria da Relatividade Geral, iniciei com uma situação da existência de uma relação entre inércia e gravitação percebida pelos físicos onde ficou evidente a equivalência entre os conceitos de **massa inercial** e **massa gravitacional** realizou duas situações com uma mola presa em um bloco, fiz isto com a ilustração da figura 17.

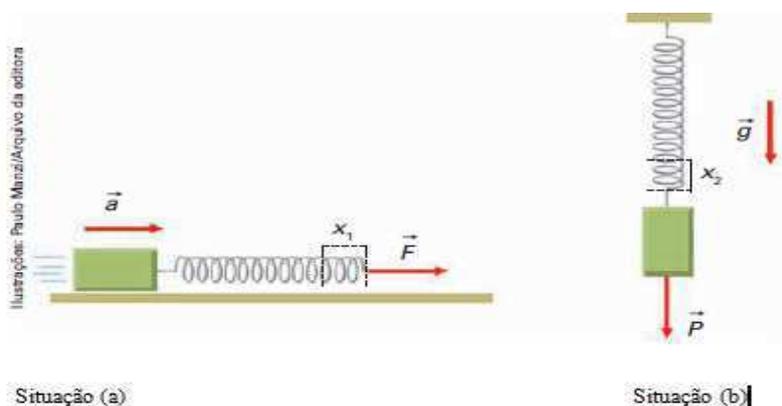


Figura 17- a relação entre Inércia e gravitação.

Onde primeiro tratei de uma situação dinâmica em que a massa do bloco por ser obtida facilmente da segunda lei de Newton e da lei de Hooke, ambas em módulos, demonstrei matematicamente no quadro. Disse que essa massa era chamada massa inercial até o início do século XX, pois está relacionada apenas à inércia do bloco e determinar o módulo da aceleração por ela adquirida.

Na outra situação o peso alongou a mola até que o sistema fique em equilíbrio estático que pode ser obtida facilmente da expressão do peso e da lei de Hooke, mostrei também que da relação entre essas duas expressões possibilitou a determinação das massas inerciais e gravitacionais por meio de situação fisicamente distintas, diferenciar o calculo dessas duas massas para o mesmo corpo foi fracassada.

Em seguida apresentei o **princípio da equivalência** fiz o exemplo quando um elevador começa a subir rapidamente onde sentimos um aumento de peso, e que o

oposto acontece quando o elevador desacelera bruscamente, com isso, mostrei a diferença entre massa inercial e massa gravitacional e que nesse caso segundo Einstein, as duas massas são iguais  $m_{inercial} = m_{grav}$ .

Em outro instante enfatizei que em decorrência da equivalência, esse efeito em referencial acelerado pode ser usado para cancelar a sensação de peso causado pela gravidade. Pode-se concluir o seguinte para um observador que esteja no interior de um recinto fechado, não existe nenhuma experiência física que permita distinguir se o local está sob ação de um campo gravitacional uniforme ou se é um referencial acelerado.

### 3.8 Relato da aula 8 (PLANO DE AULA EM ANEXO)

**A oitava aula foi sobre Relatividade Geral: a curvatura do espaço-tempo.** Iniciei com está problemática se para o homem que cai do telhado o peso não existe, o que o faz cair? Dizendo que depois de descobrir o princípio de equivalência, Einstein constatou que poderia formular matematicamente sua nova teoria em termos de espaço curvo e geometrias não euclidianas, em seguida falei que a grande novidade introduzida por Einstein em relação a estes trabalhos dos matemáticos foi uma geometria em quatro dimensões. Então com a idéia de que uma grande massa criaria uma curvatura no espaço-tempo foi representada

A figura 18: Print screen do conteúdo de multimídia disponível na editora Scipione

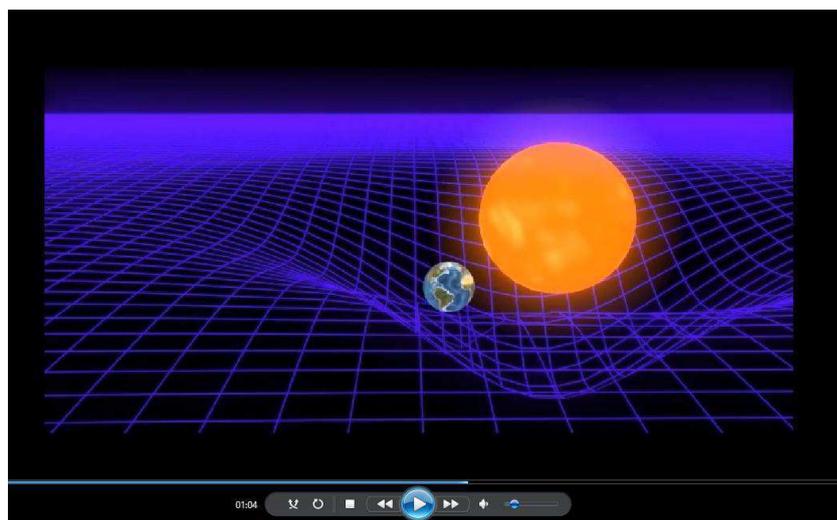


Figura 18 – a presença de grande massa cria uma deformação no espaço-tempo

Em seguida frisei que quanto maior a massa maior é a deformação que ela causa no espaço-tempo a sua volta. Veja a ilustração dessa situação apresentadas aos estudantes em sala de aula.

No momento seguinte enfatizei que a curvatura do espaço-tempo também é experimentada pela luz, conforme a figura 19: Print screen do conteúdo de multimídia disponível na editora scipione.

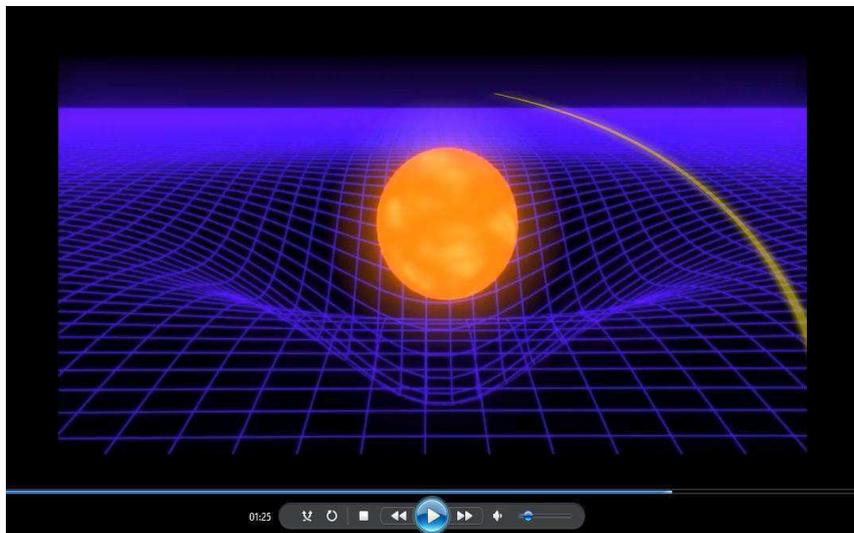


Figura 19 – desvio do raio de luz

Mostrei que Einstein propõe nova compreensão da gravidade os corpos não caem sobre a Terra porque ela os atrai, mas porque ela, a sua massa deforma a configuração do espaço onde ela está – todos os corpos tendem a cair ou mover-se naturalmente para baixo como se deslizassem em um imenso tobogã até atingirem a superfície terrestre.

Com esta representação de uma superfície bidimensional, e a curvatura do espaço é causada por uma grande massa, como o Sol ou a Terra, ressaltai o seguinte para nós que observamos de fora, a trajetória de uma partícula se curva nas vizinhanças da grande massa ao procurar seguir o caminho mais curto. Veja a figura 20: Print screen do conteúdo de multimídia disponível na editora scipione.

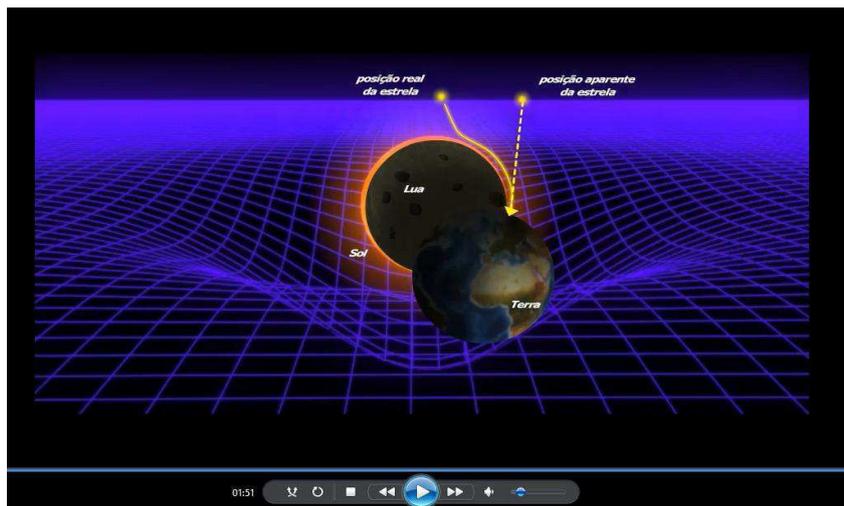


Figura 20 – a posição aparente vista de uma estrela ligeiramente desviada da sua posição real próxima do sol

Essa ilustração acima mostrou a observação o desvio da luz de estrelas próximas ao Sol durante o eclipse total do Sol ocorrido em todos os casos, em que a luz curva-se ao passar próximo do Sol, por isso a estrela é vista em uma posição aparente ligeiramente desviada da sua posição real.

Logo depois comentei que a nova lei da gravitação decorreria do comportamento das partículas ao descreverem trajetórias nesse espaço-tempo, curvando por uma grande massa que ilustrei pela seguinte figura 21.

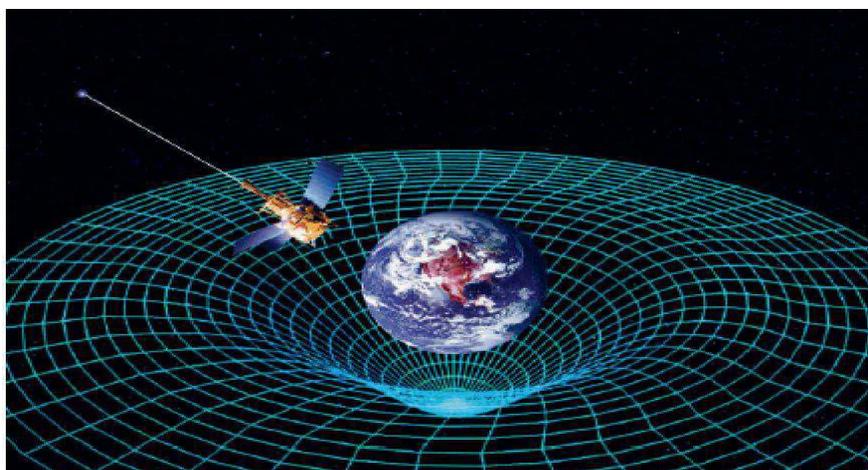


Figura 21 – grande concentração de massa cria uma curvatura no espaço- tempo.

Um lançamento da sonda Gravity Probe B, pela Nasa, em 2004, que possuía quatro giroscópios capazes de detectar a movimentação da Terra, confirmando que com essa sonda foi possível confirmar a curvatura do espaço-tempo prevista por Einstein.

Ilustrei como Einstein entendia a gravidade a massa de um corpo como a figura acima, produz uma deformação no espaço-tempo realcei que entenda isso como o

nosso universo. Pra deformação elenquei que é um tipo de raio luminoso que aprisiona qualquer outro corpo que passar por perto.

E, por último, reproduzi um vídeo para explicação da gravidade de acordo com a concepção de Einstein (figura 22). Disse que a gravidade é ocasionada devido ao fato da matéria encurvar o espaço, então se colocar massa em um lugar ela provoca curvatura no espaço-tempo e o os objetos não estão sentindo a força de gravidade, mas seguindo a trajetória de menor energia.



Figura 22 – Gravidade Visualizada – Fonte: You Tube

Os objetos encurvam o espaço-tempo. Quanto maior a massa, maior será essa curvatura. Podemos representar este fenômeno colocando bolas de diferentes massas no tecido representado na figura 22. Iniciando um movimento de uma pequena bola ao redor da bola de maior massa, percebemos que aquela entra em órbita em relação à esta.

### 3.9 Relato da Avaliação (ANEXO)

A avaliação foi (como mostra no anexo) aplicada no dia 31 de Agosto de 2017, em duas horas aulas, os estudantes estavam bem preparados, com relação à prova foi um processo contínuo e ficou da seguinte maneira: as atividades propostas nos final das aulas valeram um terço e o restante da nota foi a avaliação, O resultado obtido pelos estudantes foram bons, veja a tabela 2.

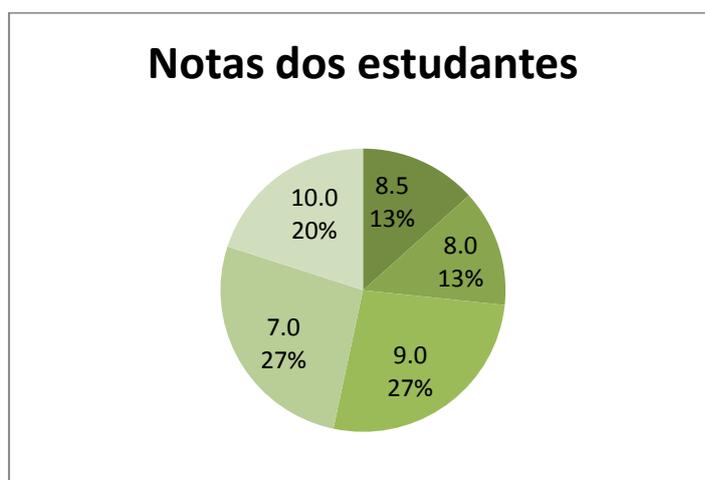
Tabela 2.

<b>Nota final</b>	8.5	8.0	9.0	7.0	10.0
-------------------	-----	-----	-----	-----	------

<b>Número de estudantes</b>	2	2	4	4	3
-----------------------------	---	---	---	---	---

A nota média dos estudantes nessa Avaliação foi 8.5, três estudantes se destacaram e tiram nota máxima, e apenas seis estudantes tiram nota sete, então foi possível constatar nesta avaliação que os estudantes presentes compreenderam o conteúdo apresentado durante as aulas.

No gráfico seguinte, estão representadas as porcentagens da notas dos estudantes.



As questões propostas na avaliação eram conceituais. Os estudantes obtiveram êxito. Neste quarto momento analisei os resultados através da realização de uma avaliação que possibilitou aos estudantes a oportunidade de expressarem seus conhecimentos e o desenvolvimento do processo cognitivo, viabilizou a identificação de elementos que revelaram aspectos importantes do processo de elaboração de conhecimento, sobre as produções dos estudantes em diferentes instrumentos.

Realizei no dia 01 de setembro, a entrega das provas e como também as correções de cada questão. Perguntei aos estudantes presentes (eram meninos e meninas sendo que a maioria eram meninas) se elas não haviam entendido a questão, se a questão não estava clara e uma aluna (aluna esta que tirou 7.0 na avaliação) respondeu: “A prova estava boa, errei a 4ª questão pois esqueci na hora a resposta”. A estudante que tirou 8 disse que sim e só não tirou uma nota melhor porque não prestou atenção na 3ª questão. E as outras aluna ficaram caladas. Já para as demais questões propostas a grande maioria obtiveram êxito.

## CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), conclui que a seqüência didática com a Relatividade Especial e Geral é importantíssima para os estudantes e também constatei que o Estágio Supervisionado IV realizado na turma 3º Ano - A do Ensino Médio no Componente Curricular Física, consistiu em um instrumento de grande relevância para minha formação docente, pois é uma forma de encontrar com a minha verdadeira vocação, como também de me firmar enquanto educador, construindo assim minha identidade docente. Acredito que com todos os problemas que abrangem o processo de ensinar e aprender, o estágio supervisionado é indispensável na existência dos futuros educadores.

Os capítulos introdutórios deste trabalho apresentaram condições para ensinar esta temática de física moderna em sala de aula tradicional, adotei novo método de ensino para organização de conceitos que já existem na estrutura cognitiva do aprendiz. Assim ao introduzir a Relatividade na Educação Básica possibilitou conhecer este tema, pois quase não é abordado pelo professor regente devido à falta de tempo.

O Estágio Supervisionado IV no Ensino de Física me permitiu refletir a docência a partir das aprendizagens diversas, e em distintos contextos e com pessoas singulares. Permanente claro que o trabalho de formação de profissionais que o educador desempenha, é um trabalho complexo, pois o docente se depara com diferentes classes sociais.

A realidade observada durante o período de o estágio consistir em de uma educação clássica, em que o docente aproveita como instrumento metodológico indispensável o livro didático e automaticamente acionam um procedimento que reprime e limita a fala dos estudantes e sua competência interpretativa. Isso se ajuíza espontaneamente na aprendizagem dos estudantes, pois estes se convivem exclusivamente a transcrever dos livros e a receber conteúdos prontos e, quando são instigados a escrever e a articular o que raciocinam de um assunto, apresentam muitas dificuldades.

Além disso, percebi a importância do Estágio Supervisionado IV para a pertencente à formação acadêmica, possibilitando aos futuros licenciandos em Física novas experiências que serão vivenciadas na sala de aula. Contudo, o momento que vivenciei durante o estágio supervisionado desde as discussões em sala de aula, até o momento de observação e Regência, me permitiu repensar algumas concepções diante

da prática docente. A partir do contato com os outros professores e com os alunos que irei nortear o meu perfil profissional e a minha prática dentro da sala aula.

No que se refere à participação e o comportamento dos estudantes durante as aulas, quase todos os estudantes tiveram uma boa participação na realização das atividades, mas, nem sempre todos os estudantes participaram de todas as atividades, pois haviam aqueles que tinham certa resistência. Os estudantes realizavam as atividades com pontualidade e com uma participação regularmente na aula para o bom desempenho nas atividades e aprendizagem em relação ao conteúdo específico. Os estudantes eram bastante comportados respeitando o professor, educados por serem de famílias de origem pacata.

Entretanto, os espaços para aprendizagens nesta escola possuem uma biblioteca, não tem uma sala de leitura, não possui laboratório de Física, tem laboratório de informática, acesso a internet através de banda larga e os computadores são de uso exclusivo para os alunos, neste período os computadores em uma quantidade de 10 dez se encontrava sem utilidade nenhuma devido à falta de manutenção e alguns se encontravam danificados. A escola recebeu do governo tablets, mas a mesma não faz uso deste dispositivo como recurso didático.

Na realização das aulas, tivemos muitas dificuldades, por exemplo, os recursos didáticos disponíveis para a utilização das TCIS (Tecnologia da Informação e comunicação) para que possam ser reproduzidos softwares educativos durante as aulas de regência, a escola não possui quase nada desses recursos, possui uma data show com sistema educacional, mas se encontra danificado esperando recursos para manutenção.

Diante a falta de Data Show foi necessário levar da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza (UACEN), quando estivesse disponível. Durante as aulas usei o meu notebook que apresenta as simulações. Os estudantes não tiveram contatos com o computador apenas mostrei como baixar os softwares.

Durante as aulas cometi alguns erros na escolha do conteúdo a exemplo da impossibilidade da simultaneidade (pois é possível) ocorre a dois eventos simultâneos. Mas o que diz a impossibilidade da simultaneidade dois eventos podem ocorrer simultaneamente para um observador, mas não para outro. E também ao denominar tempo impróprio na dilatação dos tempos.

O docente necessita trabalhar novas metodologias de ensino e renovar seus métodos, deixando de trabalhar exclusivamente com o livro didático e com temas que não apresenta ligação com a realidade dos estudantes. Isso acaba por causar desinteresse

nas aulas, em que muitos estudantes estudam somente “para passar de ano” constituindo necessário apenas memorizar e transcrever o texto para a prova. A partir do entrelaçamento dos conhecimentos, a aprendizagem em todos os sentidos se torna mais prática e de grande importância funcional durante o método ensino- aprendizagem.

Seria conveniente adotar um método de ensino que tivesse mais relação com a realidade e o cotidiano do alunado. Os experimentos dos estudantes necessitam ser aproveitadas e problematizadas em sala de aula, pois que a escola apresenta um forte papel social para o desenvolvimento do ser humano e de sua cidadania. Contudo, trabalhar este saber cotidiano é um desafio para todos nós.

Enfatizo que a partir dessa experiência vivenciada no Estágio Supervisionado IV, contribui bastante para seguir em frente a minha formação docente, pois é pelo meio dela que poderei considerar o tudo que a educação necessita ser completada, tendo em vista que precisamos nos qualificar cada vez mais para capacidade a atuar na sala de aula, como também descobrir novas atitudes e possibilidades para me assiste na investigação constante de poder preencher uma educação de qualidade que vise à aprendizagem dos educando no Ensino de Física que serão o futuro do nosso país.

A relevância deste trabalho foi apresentar esta seqüência na educação básica onde permitiu o estabelecimento de conexão com diferentes campos de estudos com aplicação no cotidiano do estudante, com a abordagem da Relatividade em duas etapas a especial e geral, que valorizei uma metodologia construtivista de aprendizagem mediado pelo uso do computador.

Compete a nós futuros professores vencer e superar a metodologia de uma Física como Componente Curricular estática que consistir em e permanece sendo trabalhada nas escolas. Para romper com tal modelo, é preciso estimular a curiosidade e a capacidade criadora do estudante para que ele possa se sentir envolvido o satisfatório para apresentar suas contribuições para a sala de aula, ocasionando um ambiente onde permaneça trocas de informação, conversação e analogia com realidades diferentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### ➤ BIBLIOGRAFIA BÁSICA

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013.

LUZ, A.M.R.; ÁLVARES, B.A. **Curso de física**; (Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

HEWITT, P.G. **Física conceitual**. 11<sup>a</sup> ed. Editora: Bookman, 2011.

### ➤ BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. 8<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

ALMEIDA, G.P. **Transposição didática: por onde começar?** São Paulo: Cortez, 2007.

CARVALHO, A.M.P. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004.

CARVALHO, A.M.P. **Os estágios nos Cursos de licenciatura** – São Paulo: Cengage Learning, 2012. (Coleção em ação).

CHARLOT, B. **Da relação com o saber às práticas educativas** – 1<sup>a</sup> Ed. – São Paulo: Cortez, 2013. – (Coleção docência em formação: saberes pedagógicos).

CUNHA, A. R; GOMES, G. G. **Física Moderna no Ensino Médio e sua necessidade de sincronização conceitual**. Disponível em Física na Escola, v. 13, n. 1, 2012.

GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**. Tradução Coimbra de Souza; revisão técnica Antonio Manoel Mansanares. – 3<sup>a</sup> Ed. – São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

GUERRA, A; BRAGA, M; REIS, J.C. **Teoria da Relatividade Restrita e Geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.20, n.4, p. 575-583, (2007).

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física, volume 4: Óptica e Física Moderna**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

**Investigação no ensino de ciências**. Acessível em [http://: www.if.ufrgs.br/ienci](http://www.if.ufrgs.br/ienci).

JARDIM, W.T; OTOYA, V.J.V; OLIVEIRA, C.G.S. **A teoria da Relatividade Restrita e os livros didáticos do Ensino Médio: Discordâncias sobre o conceito de massa.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 2, 2506 (2015).

LAHERA, J. **Ciências Físicas nos Ensinos Fundamentais e Médio: modelos e exemplos-** Porto Alegre: Artmed, 2006.

LOCH, J; GARCIA, N.M.D. **Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio, Encontro de pesquisa em Educação em ciências.** Florianópolis, 9 de Novembro de 2000.

OSTEMANN, F.; MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa – física moderna e contemporânea no ensino médio. Investigações em Ensino de Ciências,** v.5, n.1, pp.23-48,2000.

OSTERMANN, F; RICCI, T.F. **Relatividade Restrita no Ensino Médio Contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física.** Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n.2: p. 176-190, ago. 2002.

PIMENTA, S.G, LIMA, M.S.L. **Estágio e Docência: Diferentes Concepções.** Revista Poíesis – v.3, n.3 e 4, p. 5 -24, 2005/2006.

RENATO, H. **O Ensino de Física na escola e a Formação de professores: Reflexões e alternativas.** Disponível em cad. Cat. Ens. Física, v.16, n.2, p. 226 – 241, Agosto, 1999.

TIPLER, P.A; LLEWELLYN, R.A. **Física Moderna.** Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. 5ª Ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2010.

VASCONCELOS, Y.L; MANZI, S.M.S. **Processo Ensino-Aprendizagem e o paradigma construtivista.** Interfaces Científicas – Educação – Aracajú, v.5, Nº. 3, p.66 – 74, 2017.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** 5. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

YOUNG, H..D; FREEDMAN, R.A. **Física IV: Ótica e Física Moderna.** [ colaborador A. Lewis Ford]. Tradução Cláudia Martins: revisão técnica Adir Moysés Luiz. – São Paulo: Addison Wesley, 2009. Título original: Sear and Zemansky's University physics. 12 ed. Americana.

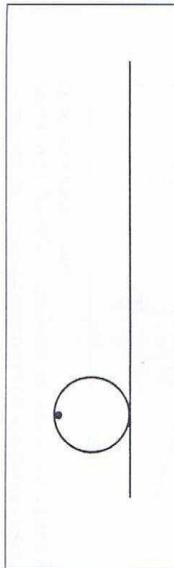
# **ANEXOS**

# ANEXO 1: TESTES DE CONCEPÇÕES DOS ALUNOS: RELATIVIDADE DE GALILEU

## ATIVIDADE AVANÇADA: RELATIVIDADE DE GALILEU

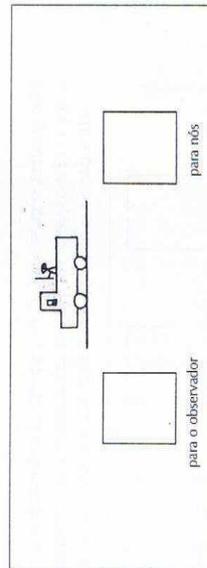
Esta unidade temática é ampliada com o ensaio de atividades com lápis e papel em torno de exemplos de relatividade galileana, em paralelismo com o considerado no Nível I, estimando tais aspectos como base para estudos posteriores, no marco da introdução da física moderna no ensino secundário e bacharelado (Lahera, 1995).

1. No desenho marca-se com ■ a válvula de encher de uma roda de bicicleta. Quando está em *movimento*, avançando, 1) você pode desenhá-lo o movimento que a válvula faz, visto por nós? e 2) como é o movimento para um hipotético e minúsculo observador que se deslocasse com o centro da roda?



RESPOSTA: .....

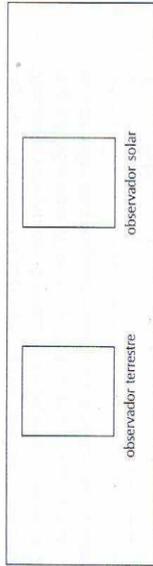
2. De um caminhão em movimento, um passageiro observador dispara uma espingarda *verticalmente* para cima.



Desenhe a trajetória que o projétil faz.

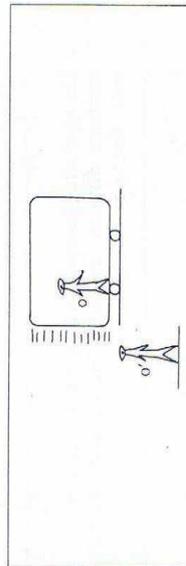
RESPOSTA: .....

3. Como você sabe, a Lua gira ao redor da Terra dando voltas e, por sua vez, a Terra gira ao redor do Sol, também dando voltas. Desenhe como dois observadores, um situado na terra e o outro, hipotético – e resistente –, no Sol, vêem o movimento da Lua.

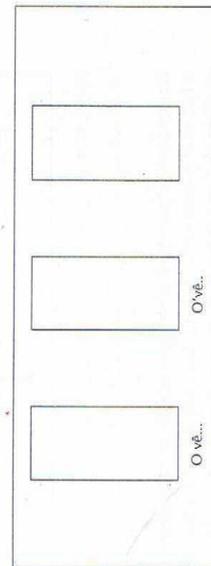


RESPOSTA: .....

4. Uma pessoa (a quem chamamos observador O) em um trem em movimento com velocidade constante deixa cair uma moeda no chão. Outra pessoa (a quem chamamos observador O') observa atentamente o experimento da plataforma.



Nos quadros seguintes desenhe, em relação ao movimento da moeda, o que O vê e o que O' vê. Se você não compreende o assunto ou não se decide a dar uma resposta, ponha um X no terceiro quadro.



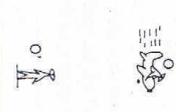
RESPOSTA: .....

5. Continuamos com o trem e os personagens O e O' da figura anterior. Agora o observador O joga uma moeda para cima, que sobe e desce. Nos quadros seguintes, desenhe, em relação ao movimento da moeda, o que O vê e o que O' vê. Se você não compreende o assunto ou não se decide a dar uma resposta, coloque um X no terceiro quadro.

O vê...	O' vê...	

RESPOSTA: .....

6. Um tripulante (observador O) que está em um avião em velocidade constante, deixa cair um objeto. Outra pessoa (observador O'), do chão, observa com atenção.


O' vê...

RESPOSTA: .....

Nos quadros seguintes, desenhe, em relação ao movimento do objeto, o que O vê e o que O' vê. Se você não compreende o assunto ou não se decide a dar uma resposta, ponha um X no terceiro quadro.

O vê...	O' vê...	

RESPOSTA: .....

7. Um assunto já proposto por Galileu. Do alto de um mastro de uma barca em movimento (com velocidade constante) o passageiro deixa cair um objeto. Da terra, o observador O' observa atentamente.


O' vê...

RESPOSTA: .....

Nos quadros seguintes, desenhe, em relação ao movimento do objeto, o que O vê e o que O' vê. Se você não compreende o assunto ou não se decide a dar uma resposta, ponha um X no terceiro quadro.

O vê...	O' vê...	

**PLANO DA AULA 1 E 2**

<b>DATA: 27/07/2017</b>
-------------------------

**INFORMAÇÕES GERAIS**

**Duração da Aula:** [45] minutos.

**Ensino Médio:** [3º] Ano

**Conteúdos:** A Teoria da Relatividade Especial: Os postulados da teoria da Relatividade Especial.

**OBJETIVOS****Objetivo Geral**

- Compreender os postulados da teoria da Relatividade Especial.

**Objetivos Específicos:**

- Apresentar o 2º postulado da Teoria da Relatividade Especial;
- Reproduzir o conteúdo de multimídia;
- Ilustrar para o 1º e 2º postulado da TER.
- Elencar que a Teoria da Relatividade como uma nova mecânica diferente da Mecânica Clássica;
- Demonstrar a expressão relativística para a velocidade relativa,
- Comparar a expressão clássica, com o intuito de discutir os limites de validade da Mecânica Clássica.

**METODOLOGIA**

O estudo acontecerá através de aula teórica com sua exposição O estudo acontecerá através de aula, que caracteriza - se pela Inter - relação entre teórica e pratica com melhor forma de explicar os conceitos, o desenvolvimento ocorrera com a abordagem do seu conteúdo inicialmente dedutiva em direção aos conceitos, em seguida a realização da atividade experimental virtual e obtenção dos resultados da atividade experimental. E discussão de acordo a leitura previa e com possibilidade de intervenção dos estudantes.

**PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS****O que é teoria da Relatividade Especial?**

Inicialmente com está problemática dizendo que é uma teoria válida apenas para referenciais inerciais, e para se compatibilizar como a teoria eletromagnética desenvolvida no século XIX, enfatizar que essa teoria modificou a mecânica newtoniana. Em seguida apresentarei que Einstein conseguiu basear a teoria em dois postulados, por ultimo apresentarei este dois postulados e mostrarei exemplos de suas

aplicações.

### RECURSOS

HUMANOS: Professor mediador da disciplina e discentes.

MATERIAS: livro, quadro- giz, data show, notebook, animação em Flash.

### AVALIAÇÃO

Conforme a participação dos estudantes a aula, dos cumprimentos às leituras e das realizações das atividades práticas.

### Bibliografia (Para o/a Estudante da Prática do Ensino)

YOUNG, H.D. **Física IV: Ótica e Física Moderna**, 12. Ed. Americana – São Paulo: Addison Wesley, 2009.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da Relatividade Especial e Geral**, - Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

### Bibliografia (Para o/a Estudante do Ensino Fundamental)

DOCA, R. H. D; BISCUOLA, G. J; BÔAS, N. V. – **Física 3 - Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**, 2., Ed. – São Paulo: Saraiva 2013.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de física**; (Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

## PLANO DE AULA 3

**DATA: 28/07/2017**

### INFORMAÇÕES GERAIS

**Duração da Aula:** [45] minutos.

**Ensino Médio:** [3º] Ano

**Conteúdos:** A impossibilidade da simultaneidade

### OBJETIVOS

#### Objetivo Geral

- Compreender que a impossibilidade da simultaneidade não se limita a ao atraso inevitável na chegada das informações por ter um significado ainda mais intrigante.

**Objetivos Específicos:**

- Perceber a impossibilidade da simultaneidade em diferentes meios de comunicação;
- Observar atentamente dois eventos que podem ocorrer simultaneamente para um observador, mas não para outro;
- Mostrar que a simultaneidade é um conceito relativo;
- Vincular a medida do tempo de um evento como o referencial em relação ao qual esse evento é observado não se limita a negação da simultaneidade.
- Realizar a simulação.

**METODOLOGIA**

O estudo acontecerá através de aula teórica com sua exposição O estudo acontecerá através de aula, que caracteriza - se pela Inter - relação entre teórica e pratica com melhor forma de explicar os conceitos, o desenvolvimento ocorrera com a abordagem do seu conteúdo inicialmente dedutiva em direção aos conceitos, em seguida a realização da atividade experimental virtual e obtenção dos resultados da atividade experimental. E discussão de acordo a leitura previa e com possibilidade de intervenção dos estudantes.

**RECURSOS**

HUMANOS: Professor mediador da disciplina e discentes.

MATERIAS: livro, quadro- giz, data show, notebook, animação em Flash.

**AVALIAÇÃO**

Conforme a participação dos estudantes a aula, dos cumprimentos às leituras e das realizações das atividades práticas.

**Bibliografia (Para o/a Estudante da Prática do Ensino)**

YOUNG, H.D. **Física IV: Ótica e Física Moderna**, 12. Ed. Americana – São Paulo: Addison Wesley, 2009.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da Relatividade Especial e Geral**, - Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

**Bibliografia (Para o/a Estudante do Ensino Fundamental)**

DOCA, R. H. D; BISCUOLA, G. J; BÔAS, N. V. – **Física 3 - Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**, 2., Ed. – São Paulo: Saraiva 2013.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de física**; (Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

## PLANO DA AULA 4

**DATA:** 03/08/2017

### INFORMAÇÕES GERAIS

**Duração da Aula:** [45] minutos.

**Ensino Médio:** [3º] Ano

**Conteúdos:** A dilatação do tempo

### OBJETIVOS

#### Objetivo Geral

- Compreender a dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da Constância da velocidade da luz e da cinemática elementar.

#### Objetivos Específicos:

- Discutir qualitativamente os conceitos de dilatação do tempo e suas implicações;
- Desenvolver a concepção de que esses efeitos só são observáveis para movimentos com velocidades próximas à da luz;
- Realizar simulação computacional de dilatação do tempo;
- Obter a expressão da dilatação do tempo.

### METODOLOGIA

O estudo acontecerá através de aula teórica com sua exposição O estudo acontecerá através de aula, que caracteriza - se pela Inter - relação entre teórica e pratica com melhor forma de explicar os conceitos, o desenvolvimento ocorrera com a abordagem do seu conteúdo inicialmente dedutiva em direção aos conceitos, em seguida a realização da atividade experimental virtual e obtenção dos resultados da atividade experimental. E discussão de acordo a leitura previa e com possibilidade de intervenção dos estudantes.

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### O que é a dilatação do tempo?

Iniciarei dizendo que a dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da Constância da velocidade da luz e da cinemática elementar, em seguida ilustração mental imaginando um carrinho que se desloca com velocidade  $v$ , constante em relação ao solo, possui um intervalo de tempo, medido no referencial do carrinho, depois permutarei com esses dois eventos são observados por uma pessoa que está fora do

carrinho, enquanto o carrinho passa por ela? Logo depois dizer que para medir o intervalo de tempo entre a emissão e o retorno do pulso, precisa de dois relógios sincronizados. Em seguida estabelecerei a relação entre dois intervalos de tempos, o próprio e impróprio, considerando uma simulação computacional onde será representada a trajetória da luz emitida pela lâmpada, por último expressarei a equação da dilatação do tempo.

### RECURSOS

HUMANOS: Professor mediador da disciplina e discentes.

MATERIAS: livro, quadro- giz, data show, notebook, animação em Flash.

### AValiação

Conforme a participação dos estudantes a aula, dos cumprimentos às leituras e das realizações das atividades práticas.

### Bibliografia (Para o/a Estudante da Prática do Ensino)

YOUNG, H.D. **Física IV: Ótica e Física Moderna**, 12. Ed. Americana – São Paulo: Addison Wesley, 2009.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da Relatividade Especial e Geral**, - Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

### Bibliografia (Para o/a Estudante do Ensino Fundamental)

DOCA, R. H. D; BISCOLOLA, G. J; BÔAS, N. V. – **Física 3 - Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**, 2., Ed. – São Paulo: Saraiva 2013.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de física**; (Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

## PLANO DE AULA 5

DATA: 03/08/2017

### INFORMAÇÕES GERAIS

**Duração da Aula:** [45] minutos.

**Ensino Médio:** [3º] Ano

**Conteúdos:** A contração dos comprimentos

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

- Compreender que quando os objetos se movem através do espaço-tempo, tanto o espaço como tempo sofrem alterações.

### Objetivos Específicos:

- Discutir qualitativamente os conceitos de contração dos comprimentos e suas implicações;
- Desenvolver a concepção de que esses efeitos só são observáveis para movimentos com velocidades próximas à da luz;
- Realizar simulação computacional da contração dos comprimentos e experimento mental;
- Obter a expressão da contração dos comprimentos.

## METODOLOGIA

O estudo acontecerá através de aula teórica com sua exposição O estudo acontecerá através de aula, que caracteriza - se pela Inter - relação entre teórica e pratica com melhor forma de explicar os conceitos, o desenvolvimento ocorrera com a abordagem do seu conteúdo inicialmente dedutiva em direção aos conceitos, em seguida a realização da atividade experimental virtual e obtenção dos resultados da atividade experimental. E discussão de acordo a leitura previa e com possibilidade de intervenção dos estudantes.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### O que é a contração do comprimento?

Inicialmente com está problemática utilizarei o mesmo exemplo do vagão de trem que se move com velocidade  $v$ , constante em relação ao solo, para comparar medidas do comprimento do vagão feitas por diferentes observadores. Logo depois dizendo que Vejamos agora o observador que está no solo, fora do vagão. Para ele medir o comprimento do vagão, basta usar um único relógio e medir o intervalo de tempo entre as passagens dos pontos A e B, extremos do carro. No instante seguinte expressarei  $L_0$  é o comprimento próprio, medido pelo observador em repouso no interior do vagão, e  $L$  é o comprimento medido pelo observador fora do vagão, o qual se desloca com velocidade constante  $v$  em relação ao solo. por ultimo realizarei um experimento computacional e representação gráfica do mesmo.

## RECURSOS

HUMANOS: Professor mediador da disciplina e discentes.

MATERIAS: livro, quadro- giz, data show, notebook, animação em Flash.

## AVALIAÇÃO

Conforme a participação dos estudantes a aula, dos cumprimentos às leituras e das realizações das atividades práticas.

## Bibliografia (Para o/a Estudante da Prática do Ensino)

YOUNG, H.D. **Física IV: Ótica e Física Moderna**, 12. Ed. Americana – São Paulo: Addison Wesley, 2009.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da Relatividade Especial e Geral**, - Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

## Bibliografia (Para o/a Estudante do Ensino Fundamental)

DOCA, R. H. D; BISCUOLA, G. J; BÔAS, N. V. – **Física 3 - Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**, 2., Ed. – São Paulo: Saraiva 2013.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de física**; (Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

Simulação computacional – Contração do comprimento



## PLANO DA AULA 6

DATA:10//08/2017

## INFORMAÇÕES GERAIS

Duração da Aula: [45] minutos.

**Ensino Médio: [3º] Ano**

**Conteúdos:** Quantidade de movimento relativístico e energia relativística

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo Geral**

- Compreender que o princípio da conservação da quantidade de movimentos seja válido na Relatividade é necessário redefinir a quantidade de movimento podemos expressar a energia de repouso.

#### **Objetivos Específicos:**

- Definir quantidade de movimento relativístico;
- Expressar a nova definição de quantidade de movimento relativístico;
- Mostrar que para valores de  $v$  muito menores que  $c$ , a expressão da quantidade de movimento se reduz a forma clássica;
- Determinar a expressão da equivalência massa-energia;
- Expressar a energia total relativística de um corpo;
- Relacionar a massa de um de um objeto com uma nova forma de energia;
- Mostrar que para valores de  $v$  muito menores que  $c$ , a expressão da quantidade de movimento se reduz a forma clássica;
- Determinar a expressão da equivalência massa-energia;
- Definir energia total relativística;
- Expressar a energia total relativística de um corpo.

### **METODOLOGIA**

O estudo acontecerá através de aula teórica com sua exposição O estudo acontecerá através de aula, que caracteriza - se pela Inter - relação entre teórica e pratica com melhor forma de explicar os conceitos, o desenvolvimento ocorrera com a abordagem do seu conteúdo inicialmente dedutiva em direção aos conceitos, em seguida a realização da atividade experimental virtual e obtenção dos resultados da atividade experimental. E discussão de acordo a leitura previa e com possibilidade de intervenção dos estudantes.

### **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **O que é quantidade de movimento relativística? O que é energia relativística?**

Iniciarei está aula revendo alguns conceitos já conhecidos pelos estudantes sobre quantidade de movimento, na seqüência apresentarei as expressões nova definição de quantidade de movimento dizendo que deve se reduzir a definição clássica para velocidades muito menores que a da luz, em seguida associar a grandeza de um corpo que tende ao infinito quando a sua velocidade tende a alcançar a velocidade da luz é a quantidade de movimento, em outro instante representar graficamente a quantidade de movimento relativístico de um corpo em função da velocidade. Em outro momento com uma revisão conceitual da energia de uma partícula, diz que tive que ser rescrita, em seguida mostrará que Einstein chegou à equação que relacionando a massa de um objeto com uma forma de energia. Logo depois expressarei a energia relativística da energia cinética. Apresentarei em outro instante uma nota sobre o conceito de massa que é

tendência atual a massa de repouso, e depois enfatizar a massa de um feixe de luz, discutindo o caso da energia de uma partícula relativística.

## RECURSOS

HUMANOS: Professor mediador da disciplina e discentes.

MATERIAS: livro, quadro- giz, data show, notebook, animação em Flash.

## AVALIAÇÃO

Conforme a participação dos estudantes a aula, dos cumprimentos às leituras e das realizações das atividades práticas.

## Bibliografia (Para o/a Estudante da Prática do Ensino)

YOUNG, H.D. **Física IV: Ótica e Física Moderna**, 12. Ed. Americana – São Paulo: Addison Wesley, 2009.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da Relatividade Especial e Geral**, - Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

## Bibliografia (Para o/a Estudante do Ensino Fundamental)

DOCA, R. H. D; BISCUOLA, G. J; BÔAS, N. V. – **Física 3 - Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**, 2., Ed. – São Paulo: Saraiva 2013.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de física;**(Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

**LABORATÓRIO VIRTUAL**

Velocidade  $u$   
◀ 0.5 c ▶

**Ajuda** Fechar

Em um minúsculo planeta distante, onde a gravidade pode ser desprezada, dois aliens brincam de arremessar bolas. A bola de massa  $m_A$  é arremessada pelo alien **A** na direção vertical, partindo de uma nave que se desloca com uma velocidade  $u$  em relação ao alien **B**.

O alien **B**, em repouso no planeta, lança sua bola de massa  $m_B$  também na direção vertical, tal que as duas bolas percorram a mesma distância vertical  $d$  até uma colisão elástica (em 1 segundo medido no referencial do alien **B**).

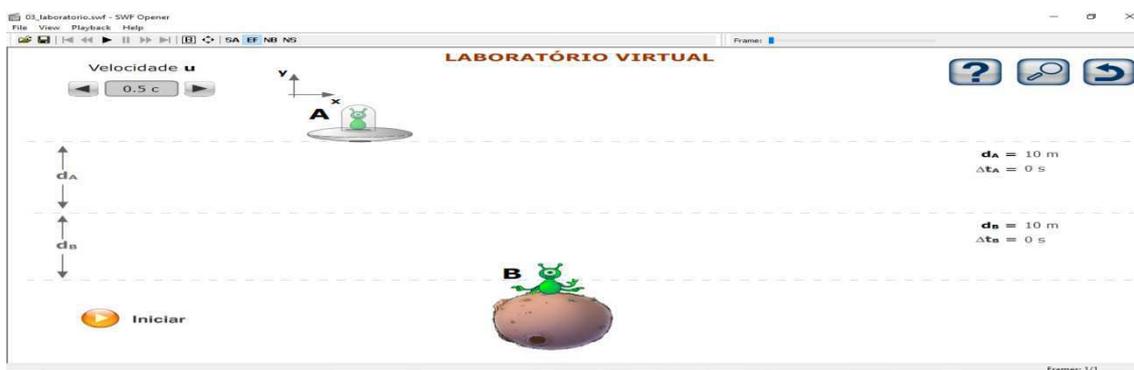
A animação mostra a trajetória das duas bolas observada pelo alien **B**. Este, no entanto, desconfia que a bola de **A** não possui a mesma massa (1kg) que a dele, conforme combinado quando estavam em repouso um com relação ao outro.

O alien **B** resolve, pela conservação do momentum na direção vertical, verificar se a massa ( $m_A$ ) da bola de seu amigo está variando com sua velocidade.

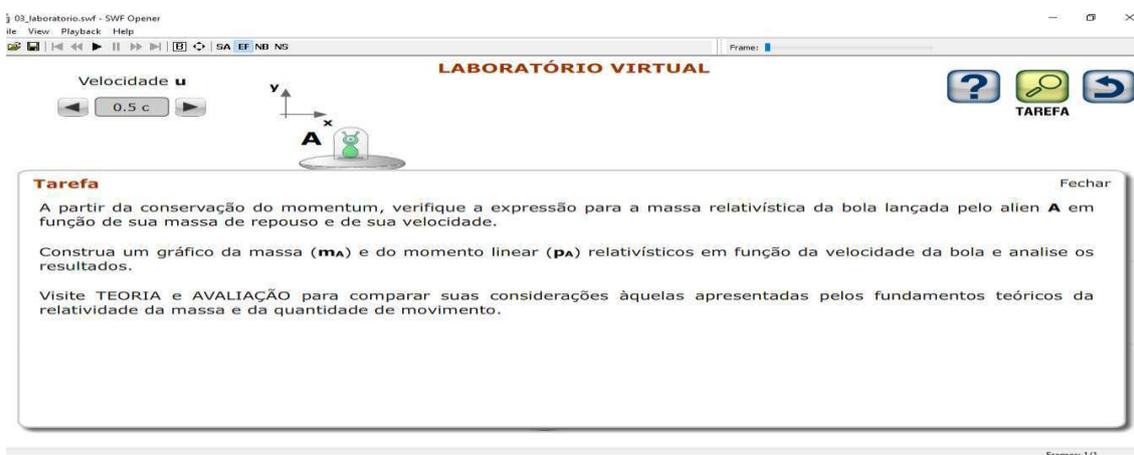
Varie a velocidade  $u$  da nave e verifique se o alien **B** está fazendo as contas corretamente. Considere que, para  $u \neq 0$ ,  $u \gg v_y$ , ou seja,  $u = v_{Ax} \approx v_A$ .

Frames: 1/1

## Esquematisação



## Tarefa



## PLANO DA AULA 7

**DATA:24/08/2017**

### INFORMAÇÕES GERAIS

**Duração da Aula:** [45] minutos.

**Ensino Médio:** [3º] Ano

**Conteúdos:** A Teoria da Relatividade Geral: Inércia e Gravitação, o Princípio de Equivalência

### OBJETIVOS

#### Objetivo Geral

- Compreender a generalização da teoria da Relatividade Geral os referenciais acelerados (não inerciais) e o princípio de equivalência.

#### Objetivos Específicos:

- Entender a existência de uma relação entre Inércia e gravitação;
- Saber diferenciar referenciais inerciais de não inerciais
- Entender a força fictícias;

- Expressar o princípio da equivalência;
- Ilustrar as leis da física dentro de um elevador;
- Realização simulação computacional do princípio da equivalência.

### **METODOLOGIA**

O estudo acontecerá através de aula teórica com sua exposição O estudo acontecerá através de aula, que caracteriza - se pela Inter - relação entre teórica e pratica com melhor forma de explicar os conceitos, o desenvolvimento ocorrera com a abordagem do seu conteúdo inicialmente dedutiva em direção aos conceitos, em seguida a realização da atividade experimental virtual e obtenção dos resultados da atividade experimental. E discussão de acordo a leitura previa e com possibilidade de intervenção dos estudantes.

### **RECURSOS**

HUMANOS: Professor mediador da disciplina e discentes.

MATERIAS: livro, quadro- giz, data show, notebook, animação em Flash.

### **AVALIAÇÃO**

Conforme a participação dos estudantes a aula, dos cumprimentos às leituras e das realizações das atividades práticas.

### **Bibliografia (Para o/a Estudante da Prática do Ensino)**

YOUNG, H.D. **Física IV: Ótica e Física Moderna**, 12. Ed. Americana – São Paulo: Addison Wesley, 2009.

EINSTEIN,A. **A teoria da Relatividade Especial e Geral**, - Rio de janeiro: Contraponto, 1999.

### **Bibliografia (Para o/a Estudante do Ensino Fundamental)**

DOCA, R. H. D; BISCUOLA, G. J; BÔAS, N. V. – **Física 3 - Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**, 2., Ed. – São Paulo: Saraiva 2013.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de física**;(Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL – O PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA



### PLANO DA AULA 8

**DATA: 24/08/2017**

#### INFORMAÇÕES GERAIS

**Duração da Aula:** [45] minutos.

**Ensino Médio:** [3º] Ano

**Conteúdos:** A curvatura do espaço tempo

#### OBJETIVOS

##### Objetivo Geral

- Compreender a uma nova compreensão da gravidade proposta por Einstein, em que os corpos não caem sobre a terra porque ela os atrai, mas porque a sua massa deforma a configuração do espaço onde está.

##### Objetivos Específicos:

- Apresentar a novidade introduzida por Einstein em relação ao tempo;
- Entender a nova lei da gravitação decorre do comportamento das partículas;
- Descrever as trajetórias nesse espaço-tempo curvado por grande massa;
- Representar uma superfície bidimensional a curvatura do espaço;
- Simular uma hipotética criatura bidimensional vivendo em uma superfície sem pode olhar pra fora;
- Notar que a trajetória da partícula se aproxima da grande massa ao passar em sua vizinhança;
- Ilustrar uma estrela sendo engolida por um buraco negro e a curvatura do espaço-tempo na vizinhança do buraco negro.

#### METODOLOGIA

O estudo acontecerá através de aula teórica com sua exposição O estudo acontecerá através de aula, que caracteriza - se pela Inter - relação entre teórica e pratica com melhor forma de explicar os conceitos, o desenvolvimento ocorrera com a abordagem do seu conteúdo inicialmente dedutiva em direção aos conceitos, em seguida a realização da atividade experimental virtual e obtenção dos resultados da atividade experimental. E discussão de acordo a leitura previa e com possibilidade de intervenção dos estudantes.

### **RECURSOS**

HUMANOS: Professor mediador da disciplina e discentes.

MATERIAS: livro, quadro- giz, data show, notebook, animação em Flash.

### **AVALIAÇÃO**

Conforme a participação dos estudantes a aula, dos cumprimentos às leituras e das realizações das atividades práticas.

### **Bibliografia (Para o/a Estudante da Prática do Ensino)**

YOUNG, H.D. **Física IV: Ótica e Física Moderna**, 12. Ed. Americana – São Paulo: Addison Wesley, 2009.

EINSTEIN, A. **A teoria da Relatividade Especial e Geral**, - Rio de janeiro: Contraponto, 1999.

### **Bibliografia (Para o/a Estudante do Ensino Fundamental)**

DOCA, R. H. D; BISCUOLA, G. J; BÔAS, N. V. – **Física 3 - Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**, 2., Ed. – São Paulo: Saraiva 2013.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física, vol. 3 – Eletromagnetismos e Física Moderna**, 2. ed.; São Paulo: Ática, 2013

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de física**;(Coleção). 6.ed. SÃO PAULO: Scipione, 2008.

### **Avaliação de Física**

**PROBLEMA 01** (3.0) Uma das diferenças entre a teoria da Relatividade Geral e a Especial diz respeito às suas condições de validade.

- a) A que tipo de restrição estava sujeita a teoria da Relatividade Especial de 1905 e que desapareceu na teoria da Relatividade Geral de 1915?
- b) Qual foi o princípio usado por Einstein na teoria da Relatividade Geral que permitiu a inclusão de referenciais acelerados?
- c) O que diferencia as duas teorias na maneira de conhecer o espaço-tempo?

**PROBLEMA 02** (3.0) Critique a seguinte afirmação. “A teoria Geral da Relatividade só se aplica a objetos extremamente densos, como estrelas de nêutrons ou buracos negros, não valendo para massas como a da Terra, que obedece à lei da gravitação de Newton?”

**PROBLEMA 03** (2.0) Quando fazem manobras muito bruscas, os pilotos de caça usam uma vestimenta especial que comprime suas pernas, impedindo que o sangue flua para elas e provoque desmaios. Com essas vestimentas elas conseguem suportar acelerações da ordem de  $9g$ 's. Comente o significado da última frase, sob o ponto de vista do princípio da equivalência.

**PROBLEMA 04** (2.0) Na teoria da Relatividade Especial vimos que uma pessoa que observa um relógio em movimento percebe um atraso quando comparada com a marcação do seu próprio relógio. Na teoria da Relatividade Geral, além desse efeito, o ritmo de avanço do tempo é influenciado pela gravidade. Como se comparam os ritmos de avanço do tempo de dois relógios em repouso, um no nível do mar e outro numa altitude elevada? (Lembre-se de que a aceleração da gravidade varia com a altitude.)