



TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA: PROPOSIÇÃO DE ENSINO NA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE DILATAÇÃO DO TEMPO PARA ALUNOS COM RETINOSE PIGMENTAR

Eranildo da Conceição Sobral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional no Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Edney Ramos Granhen

Marabá, PA
Maio, 2019

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA: PROPOSIÇÃO DE ENSINO NA
CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE DILATAÇÃO DO TEMPO PARA ALUNOS
COM RETINOSE PIGMENTAR

Eranildo da Conceição Sobral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional no Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

BANCA EXAMINADORA

Dr. Edney Ramos Granhen

Dr. Bruno Wallacy Martins Lima

Dr. Danilo Teixeira Alves

Marabá, PA
Maio, 2019

MODELO de FICHA CATALOGRÁFICA

S586p ~~Silva, Sergio Tobias da~~

~~——— Propagação do Som: Conceitos e Experimentos / Sergio Tobias da Silva – Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2011.~~

~~——— viii, 77 f.: il.;30cm.~~

~~——— Orientador: Carlos Eduardo Aguiar~~

~~——— Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2011.~~

~~——— Referências Bibliográficas: f. 74-77.~~

~~——— 1. Ensino de Física. 2. Som. 3. Velocidade do som. I. Aguiar, Carlos Eduardo. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Propagação do Som: Conceitos e Experimentos.~~

Dedico esta dissertação a minha esposa Cristiana, a minha mãe Filomena, a minha irmã Ivanilde.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me iluminar durante esta árdua jornada acadêmica e por está ao meu lado em todos os dias de minha vida. Agradeço aos meus pais, Antônio Vieira Sobral e Filomena Maria da Conceição pelo amor, carinho, orações em meu favor e por despertarem e alimentarem desde minha infância, a sede pelo conhecimento e a importância deste em minha vida.

A minha eterna namorada Cristiana da Silva Rodrigues Sobral, pelo apoio, incentivo e compreensão de minhas ausências em determinados momentos, te amo. Aos amigos que me apoiaram mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Edney Ramos Granhen, pela dedicação profissional, paciência e compreensão.

A UNIFESSPA e aos professores que ministraram as disciplinas do curso, por dedicarem seu tempo e esforços para a formação de bons educadores, cobrando quando necessário e, sendo compreensivos quando preciso.

Aos meus amigos do curso por todos os momentos em que passamos juntos, alegres, tristes, apreensivos e risinhos. Espero que continuemos nossa relação de amizade mesmo após o fim curso.

Agradeço também a CAPES, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – Brasil (CAPES)- Código de financiamento 001.

RESUMO

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA: PROPOSIÇÃO DE ENSINO NA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE DILATAÇÃO DO TEMPO PARA ALUNOS COM RETINOSE PIGMENTAR

Orientador:

Prof. Dr. Edney Ramos Granhen

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional no Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este estudo tem como objetivo desenvolver uma sequência didática bem como experimentos e materiais de apoio que facilite o aprendizado da Teoria da Relatividade Restrita (TRR), no que tange a dilatação temporal, para alunos com Retinose Pigmentar (RP). Para tanto foram construídos uma tabela tátil que exprime a relação entre o tempo para o observador em repouso e viajante em velocidade próxima a da luz, e um simulador que permite uma melhor inferência sobre a dilatação do tempo. Para o cálculo foi construída uma fita em escala proporcional á dilatação do tempo para as velocidades que em se aplicam a TRR. O aporte teórico teve a contribuição de Ausubel. Participaram da pesquisa a equipe de Atendimento Especial Especializado (AEE) do Instituto Federal do Maranhão (IFMA), e a estudante do terceiro ano curso técnico de meio ambiente, que tem (RP). Este trabalho visou contemplar suas particularidades. Os dados iniciais foram coletados por meio de entrevistas aplicadas a equipe de AEE e á estudante EAC. Após a pesquisa inicial foi aplicada a sequência didática com o uso do material e posteriormente uma nova entrevista. A interatividade da aluna com o material aconteceu de forma rápida, tornando mais lúdico os efeitos da dilatação temporal. Tomando como base essa iniciativa e seus frutos, podemos concluir que é possível proporcionar uma educação mais inclusiva, para os alunos com RP. Os resultados mostraram que houve aprovação dos experimentos pelos professores e pela aluna, ela conseguiu realizar suas observações experimentais, aquisição das informações do contexto histórico, construiu o conceito de referencial inercial, dilatação temporal, bem como a quantificação das dilatações temporais de maneira proporcional, de forma mais significativa tanto a cunho conceitual como nos fenômenos físicos abordados. Pode-se concluir que é possível proporcionar uma educação mais inclusiva e interativa entre alunos com RP e alunos videntes desde que sejam utilizados recursos didáticos, que levem em consideração os sentidos remanescentes dos alunos com RP.

Palavras-chave: Aprendizado. Dilatação. Temporal. Retinose. Pigmentar. Inclusão.

Marabá, PA
Maio, 2019

ABSTRACT

THEORY OF RESTRICTIVE RELATIVITY: PROPOSITION OF TEACHING IN THE CONSTRUCTION OF THE CONCEPT OF TIME DILATING FOR STUDENTS WITH PIGMENTARY RETINOSIS

Advisor:

Prof. Dr. Edney Ramos Granhen

Master's Dissertation presented to the Post-Graduate Program Professional Master's Degree in Physics Teaching in the Professional Master's Degree Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requisites required to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

This study aims to develop a didactic sequence as well as experiments and support materials that facilitate the learning of Restricted Relativity Theory (RRT), in terms of temporal dilation, for students with Retinitis Pigmentosa (RP). For this, a tactile table was constructed that expresses the relation between the time for the observer at rest and the traveler at a speed close to that of the light, and a simulator that allows a better inference about the time dilation. For the calculation a scale tape proportional to time dilation was constructed for the rates that apply to TRR. The theoretical contribution was made by Ausubel and Vygotsky. Participated in the research the Specialized Specialized Attendance (AEE) team of the Federal Institute of Maranhão (IFMA), as well as the student of the third year technical course of environment, the student has (RP) and work aimed to contemplate their particularities. The initial data were collected through interviews with the ESA team and the EAC student. After the initial research was applied the didactic sequence with the use of the material and later a new interview. The interactivity of the student with the material happened quickly, making the effects of temporal dilation more playful. On the basis of this initiative and its fruits we can conclude that it is possible to provide a more inclusive education for students with PR. The results showed that the experiments were approved by the teachers and the student, she was able to carry out her experimental observations, acquired the information of the historical context, constructed the concept of inertial referential, temporal dilation, as well as the quantification of temporal dilations in a proportional way, most significant both conceptual and physical phenomena. It can be concluded that it is possible to provide a more inclusive and interactive education between PR students and sighted students, provided that teaching resources are used that take into account the remaining meanings of students with PR.

Keywords: Learning; Dilation; Temporal; Pigmentary Retinosis; Inclusion.

Marabá, PA
May, 2019

Lista de Figuras

Figura 1: Imagens comparativas da retina de um olho com normal e um olho com retinose Fonte: CESTARI, 2012.	22
Figura 2: Imagens comparativas de um olho com normal e um olho com retinose. Fonte: CESTARI, 2012.	23
Figura 3: Campo visual da aluna EAC. Fonte: Autor, 2018.	29
Figura 4: Dispositivo construído para o ensino do conceito de dilatação do tempo para alunos com BV. Fonte: Autor.	32
Figura 5: Movimento retilíneo entre os sistemas S e S'.	38
Figura 6: Relação de coordenadas entre os sistemas S e S'. Fonte: Autor.	38
Figura 7: Em (a) Maria mede o intervalo de tempo que chamamos de tempo próprio e em (b) o intervalo de tempo medido por João. Fonte: Autor, 2018.	41
Figura 8: O dispositivo educacional que chamamos de Tela Cinética, para exemplificar o conceito de dilatação temporal, vista de lado. Fonte: Autor, 2018.	43
Figura 9: Vista de cima do dispositivo, mostrando a parte que deve ser rabiscada na tela e que deve mostrar a trajetória do pulso luminoso na experiência. Fonte: Autor, 2018.	44
Figura 10: Vista superior da ela, todas as medidas são dadas em cm. Fonte: Autor, 2018.	44
Figura 11: Visão lateral do dispositivo. Fonte: Autor, 2018.	45
Figura 12: Situação em que a Tela está desligada, simulando a experiência do feixe luminoso dentro da nave ou do trem. Fonte: Autor, 2018.	46
Figura 13: Imagem da aluna medindo o tempo para observador dentro da nave. Fonte: Autor, 2019.	46
Figura 14: A situação mostra o momento em que a Tela está ligada e simula a medida feita pelos observadores que estejam de fora da nave ou do trem. Fonte: Autor, 2019.	47
Figura 15: Situação em que a aluna faz as medições na diagonal da Tela, essa situação simula o tempo medido pelo observador de fora da nave que passa com velocidade v. Fonte: Autor, 2019.	48
Figura 16: Quadro relativístico, em que cada conta, ou pontinho, no quadro equivale a 3s, assim temos quatro grupos de seis linhas, e cada linha, pelo número de "contas", corresponde ao valor em segundos do que deve ser acrescido ao tempo, que supostamente o evento deve levar. Cada grupo de seis linhas foi feita para um valor de velocidade, são elas: $v=0,1c$, $v=0,2c$, $v=0,3c$ e $v=0,4c$. Fonte: Autor, 2019.	40
Figura 17: Fitas relativística, cada rolo de fita corresponde a um percentual da velocidade da luz, são este: 40%, 70% e 80%. Fonte: Autor, 2019.	41
Figura 18: Imagem da caixa conceitual. Fonte: Autor, 2019.	42
Figura 19: Imagem das palavras chaves usadas na caixa conceitual. Fonte: Autor, 2019.	42
Figura 20: Referenciais S e S'. Fonte: Nussenzveig, 1998. pag 186.	50
Figura 21: Logo do produto educacional da Tela Cinética. Fonte: Autor, 2019.	52
Figura 22: Situação 1: Ilustração do evento que se passa na nave com o observador dentro fazendo as medidas do tempo do feixe de luz. Fonte: Autor, 2019.	53
Figura 23: Imagem da Situação 1 que deve ser realizada pela aluna, mostrando a figura da nave e o supor usado como guia para que a aluna faça a rabisco que representa o feixe luminoso. Fonte: Autor, 2018.	53
Figura 24: Situação 2: em que mostra o observador de fora da nave fazendo as medidas do tempo que o evento leva pra ocorrer. Fonte: Autor, 2019.	54

Figura 25: Esquematização da trajetória do feixe para o cálculo do tempo no observador de fora da nave. Fonte: Autor, 2019.....	54
Figura 26: Imagem da aluna fazendo as medidas. Fonte: Autor, 2019.....	55
Figura 27: Várias retas: modelo a ser reproduzido pelo aluno. Fonte: Autor, 2019.....	55
Figura 28: - Imagem de um palmo da aluna: unidade utilizada para fazer medidas nos sistemas S e S'. Fonte: Autor, 2019.....	56
Figura 29: A situação mostra o momento em que a Tela está ligada e simula a medida feita pelos observadores que estejam de fora da nave ou do trem. Fonte: Autor, 2019.	56
Figura 30: Momento de comparação das medidas feitas pela aluna. Fonte: Autor, 2019.....	57
Figura 31: O Quadro relativístico. Fonte: Autor, 2019.	62
Figura 32: Gráfico do tempo medido pelo referencial em repouso quando em relação ao tempo medido para alguém que se encontra a 10% da velocidade da luz. Fonte: Autor, 2019.....	64
Figura 33: A aluna de baixa visão manuseando a o quadro tátil relativístico. Fonte: Autor, 2019.....	65
Figura 34: Imagens de três fitas relativística, de 40% de c, 70% de c e 80% de c. Fonte: Autor, 2019.....	67

Lista de Siglas

AV-Acuidade visual

BV - Baixa Visão

BPC - Benefício de Prestação Continuada da Assistência Social

CAP - Centro de Apoio Pedagógico Para o Deficiente Visual Ignácio Batista Moura

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CID-10 - Classificação Estatística Internacional das Doenças e Problemas relacionados à Saúde

DMS - Doença macular senil

EJA - Educação de Jovens e Adultos

FMC - Física Moderna Contemporânea.

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

NAIA - Núcleo de Acessibilidade e Inclusão Acadêmica.

RP - Retinose Pigmentar.

SBF - Sociedade Brasileira de Física.

SI - Sistema Internacional.

TG – Transformações de Galileu

TL – Transformação de Lorentz

TMA - Técnico de Meio Ambiente

TRR - Teoria da Relatividade Restrita.

OD - Olho direito

OE - Olho Esquerdo

AEE - Atendimento Especial Especializado

IFMA - Instituto Federal do Maranhão

UNIFESSPA - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

SBF- Sociedade Brasileira de Física

LDB - Lei de Diretrizes de Bases

TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa

INSS - Instituto Nacional de Seguro Social

MEC - Ministério da Educação

SEEP - Secretaria de Educação Especial

PNEE - Política Nacional de Educação Especial

MRU - Movimento Retilíneo Uniforme

PROEJA - Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica, na Modalidade de Jovens e Adultos

PRONATEC- Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego

TNT - Tecido não Tecido

PROEP- Programa de Extensão da Educação Profissional

DV - Deficiente visual

DT - Dilatação Temporal

CIO - Conselho- Internacional de Oftalmologia

AE - Atividade Experimentais

NC - Nistagmo Congênito

CIDID - Classificação Internacional de Deficiências, Incapacidades e Desvantagens

TC -Tela Cinética

QR - Quadro Relativísco

CC - Caixa conceitual

FR - Fita Relativística

Sumário

Lista de Figuras.....	8
Lista de Siglas	10
1 Capítulo 1	14
Introdução.....	14
2 Capítulo 2	18
Pressupostos teóricos	18
2.1 Deficiência visual.....	18
2.2 Baixa visão.....	20
2.3 Retinose Pigmentar.....	22
3 Capítulo 3	24
Público alvo e escolha do tema.....	24
3.1 Características do local de estudo e dos público alvo.....	24
3.2 Levantamento dos recursos pedagógicos disponíveis a aluna	27
3.3 Fatos observados quanto a aluna “Mayra”	29
3.4 Teoria da aprendizagem de Ausubel e o aluno com baixa visão	32
4 Capítulo 4	37
Subsunçores da Relatividade Especial.....	37
4.1 Transformações de Galileo.....	37
4.2 Equações da transformação de Lorentz	40
4.3 A relatividade do tempo.....	40
5 Capítulo 5	43
Aplicação do produto educacional e sua metodologia	43
5.1 Dispositivos didáticos que auxiliam a demonstração da dilatação do tempo	43
5.2 Uso da Tela como metodologia de ensino do conceito de dilatação temporal.....	45
6 Capítulo 6	39
Resultados e discussões	39
6.1 O quadro relativístico (QR).....	39
6.2 A Fita Relativística	41
6.3 A caixa conceitual.....	41
7 Capítulo 7	43
Conclusão	43
8 Referências Bibliográficas	46
9 Apêndice A: Demonstração das transformações de Lorentz.....	50

10	Apêndice B: GUIA DA ATIVIDADE COM A TELA	52
11	Apêndice C.....	58
	MATERIAL USADO NA CONSTRUÇÃO DA TELA	58
12	Apêndice D	62
	AUXILIARES EDUCACIONAIS DA TELA.....	62
12.1	Quadro Relativístico (QR).....	62
12.2	Material usado na construção do quadro.....	65
12.3	Fita Relativística (FR)	66
12.4	Material usado na construção da FR.....	68
12.5	Caixa Conceitual	69
12.6	Material na construção da Caixa Conceitual.....	69
13	ANEXOS	71

1 Capítulo 1

Introdução

Atualmente a inclusão escolar não é mais um assunto fora das rodas acadêmicas e núcleos de pesquisas. Algumas demandas significativas de artigos e produtos educacionais estão sendo estudados e desenvolvidos com o propósito de fazer a inclusão acontecer de fato e de direito nas escolas. Os desafios são muitos, e ao professor cabe contribuir para que a inclusão saia das páginas e entre nas salas de aula. Esse convite é feito ao ensino sobre a Teoria da Relatividade Restrita (TRR): Dilatação Temporal (DT) um conteúdo de Física Moderna Contemporânea (FMC).

A maioria dos alunos sai do ensino médio sem ter tido contato com a Física moderna contemporânea (FMC), alguns autores de livros didáticos sequer dão espaço para estes conteúdos em suas ementas. Fatores como: calendário escolar comprometido, qualificação dos profissionais de outras disciplinas que ministram física, greves e outros. Isso é tão preocupante que na tentativa de amenizar esse prejuízo pesquisadores como Sá (2015), sugere a transposição do tema, Teoria da Relatividade, para o primeiro ano do Ensino Médio. Apesar da viabilidade dessa transposição, o desafio não é apenas “quando” ministrar esse conteúdo? Mas como? Quais recursos? Que tipo de público terá na sala? Nessa última pergunta encontramos um universo de respostas, dentre elas os alunos com Retinose Pigmentar (RP).

Alunos com RP é um subgrupo da classe de estudantes que possuem Baixa Visão. BICAS (2002) define cegueira e baixa visão: Visão subnormal ou baixa visão é todo aquele que possui acuidade visual de 6/60 e 18/60 (escala métrica) e/ou um campo visual entre 20° e 50°. Ou seja o quê uma pessoa com a visão normal enxerga a 60 pés (um pé corresponde a 30,48 cm 60 pés seria aproximadamente 18,3m), uma pessoa baixa visão só consegue enxergar a 6 pés(aproximadamente 1,83m).

A RP é ocasionada por alterações genética hereditária, essa doença vai degenerando a retina, a parte do olho responsável em transformar a luz em sinais elétricos e enviá-los para o cérebro. O aluno vai perdendo a visão paulatinamente e nesse processo ele vai se sentindo excluído nas metodologias que comumente usamos. O termo visão subnormal ou baixa visão foi inserido relatório oficial no IV Congresso Brasileiro de Prevenção a

Cegueira (vol-1, págs. 427/433, Belo Horizonte,1980) pelo Conselho Internacional de Oftamologia (CIO) em consonância com *American Academy of Ophthalmology*.

Reservamos um capítulo inteiro para trabalhar os conceitos destes termos e dificuldades deste público nas aulas de Física. De forma breve, na prática, trata-se de alunos que vão perdendo sua visão gradativamente, na maioria das vezes começando pelo campo periférico da visão. Esses alunos normalmente ser assistidos de maneira muito especial, pois sua perda visual funciona como se fosse uma contagem regressiva que temos para provocar aprendizados significativos. O tempo que tão precioso é para esse público, é objeto de estudo deste trabalho, que trouxe consigo o desafio de oportunizar alunos com RP a aprender sobre esse efeito relativístico. Ensinar o que Albert Einstein (1905) disse acerca a DT e mensurar essa dilatação foram alguns dos objetivos trabalhados nesta tese. Certo que influência de assunto contribui para que o aluno compreenda melhor o mundo atual e suas inovações tecnológicas:

(...) A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau (TERRAZZAN, 1992, p. 209-210).

Nos últimos 20 anos foram crescentes as críticas entre os pesquisadores quanto ao modelo de ensino de Física adotado nas escolas públicas (SOTELO et al, 2010; LIMA e GAIO, 2009; ROSA e ROSA, 2005; SERÉ et al, 2003). As metodologias densamente Matemáticas e Mecânicas têm provocado baixos índices de associação da Física e o cotidiano, pouco contribuindo para o processo ensino e aprendizagem. Segundo (GOMES e CASTILHO, 2010; MARQUES 2014; ALVES et al, 2014). Dos fatores mais citados, destaca-se a escassez de atividades que desvinculam a disciplina de Física de um caráter estritamente matemático, a qual é composta quase que exclusivamente por aulas expositivas tradicionais, onde o aluno é apenas um agente passivo no processo de aprendizado.

Ensinar sobre TRR para alunos torna-se ainda muito desafiador, quando se tenta explicar para alunos de baixa visão, pois normalmente o que vemos são metodologias que idealizam dois extremos (alunos que enxergam perfeitamente e alguns experimentos embora poucos para alunos cegos).

Essa dificuldade motivou o desenvolvimento deste trabalho. Segundo o censo de 2010, o Brasil já havia mais 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual, desses, 582 mil

são cegas e, os demais são classificados como Baixa Visão (BV). Temos aqui um público de mais de 6 milhões de pessoas que nem sempre são assistidas pelos produtos educacionais.

Apresentamos a experimentação buscando trabalhar os subsunçores descritos por Ausubel, em sua teoria (1980) como ponte para construir conceitos sobre a dilatação do tempo. “É senso comum a importância das Atividades Experimentais (AE) para o aprendizado do aluno” (GOMES e CASTILHO, 2010; COUTO, 2009; CAVALCANTE et al, 2012).

O trabalho visa fazer ponte a esses dois universos, o aluno com BV e a construção do conceito básico sobre dilatação do tempo. Dando a ele um embasamento sobre TRR, através da adaptação curricular prescrita na Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB no artigo 59.

A pesquisa é do tipo qualitativa sobre método de um estudo de caso, que segundo Sturman (1988), é um termo genérico para pesquisa de um indivíduo, um grupo ou um fenômeno. A pesquisa foi realizada com uma aluna que estuda no Instituto Federal do Maranhão IFMA campus Açailândia. Neste trabalho a chamaremos de Mayra por questões éticas e preservação de sua identidade. Mayra tem RP e nistagmo congênito (NC). Todo o trabalho teve como prioridade atender as necessidades quanto a sua limitação visual.

Quanto à organização deste trabalho os próximos capítulos estão estruturados da seguinte forma: o capítulo 2 será dedicado aos temas: pressupostos teóricos, conceituando a deficiência visual, baixa visão e retinose pigmentar, dando ao leitor uma ideia clara de suas definições e características.

No capítulo 3 serão apresentados o público alvo e o tema proposto para o trabalho bem como a teoria de aprendizagem, nele descreve-se os recursos pedagógicos disponibilizados para a mesma, segue uma análise dos fatos observados pela aluna.

O capítulo 4 fundamenta-se o conteúdo eixo de nosso trabalho, os subsunçores da relatividade especial. No capítulo 5 a aplicação do produto educacional e sua metodologia deixando para o capítulo 6 os resultados e as discussões acerca da aplicação deste produto. No capítulo 7 deixamos para a conclusão deste trabalho e as considerações finais encerram o corpo do texto da dissertação.

A pesquisa se justifica pela inquestionável responsabilidade do professor em instrumentalizar e adaptar as aulas de Física, construindo uma aprendizagem inclusiva, levando o aluno com retinose pigmentar a se superar não só no aprendizado, mas também

na vida social e profissional. Justifica-se ainda, pela necessidade de novos materiais que não sejam atrelados apenas ao sentido da visão.

Sendo assim, o objetivo principal é construir experimentos que potencialize a aprendizagem dos alunos com retinose pigmentar aplicados a Teoria da relatividade restrita, usando a experimentação como base lógica de dedução e construção de conceitos da dilatação do tempo.

2 Capítulo 2

Pressupostos teóricos

2.1 Deficiência visual

Em 1980 a Organização Mundial de Saúde, publicou a Classificação Internacional de Deficiências, Incapacidades e Desvantagens (CIDID). 13 anos depois essa classificação foi reimpressa definindo deficiência como: *Qualquer perda ou anormalidade da estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica*. Representa a exteriorização de um estado patológico e, em princípio, reflete distúrbios no nível do órgão (FUNDAÇÃO DORINA NOWILL,s.d.,s.p.).

De acordo com MEC/SEESP (2006), dados da OMS, existem aproximadamente 40.000.000 de pessoas deficientes visuais no mundo, dos quais $\frac{3}{4}$ desse total são provenientes de regiões consideradas em desenvolvimento. O Brasil, segundo essa fonte, deve apresentar taxa de incidência de deficiência visual entre 1,0 a 1,5 % da população, sendo 1 entre 3.000 crianças com cegueira, e de 1 entre 500 crianças com baixa visão. Observa-se que a razão entre número pessoas com baixa visão e o número pessoas cegas é de 4 por 1. Estes índices poderiam ser diluídos a menos da metade, se fossem tomadas medidas preventivas eficientes.

De maneira bem objetiva Ricardo Ampudia (2011a, s.p) diz que deficiência visual “é o comprometimento parcial (de 40% a 60%) ou total da visão. Não são deficientes visuais pessoas com astigmatismo, miopia ou hipermetropia, que podem ser corrigido com o uso de lentes ou cirurgias”.

Algumas pessoas com grau idêntico de visão, determinado pelas medidas da acuidade e do campo visual, podem fazer uso bem distinto, com maior ou menor aproveitamento, da visão que possuem, Devido este motivo, no presente, os educadores tem adotado um conceito de cegueira que possibilita classificar os alunos com o tipo de atendimento educacional que melhor se ajuste a sua deficiência visual (LEMOS, 1978).

Segundo (MESSIAS; JORGE, and CRUZ, 2010) as principais escalas utilizadas para medir acuidade visual são: a decimal, a fração de Snellen, a frequência espacial e o logaritmo do ângulo visual. Na tabela abaixo, tomamos duas como referência para melhor entendimento das classificações.

Tabela 1: Tabela classes de acuidades visual classificação ICD-9-CM(WHO/ICO).

CLASSIFICAÇÃO	ACUIDADE VISUAL SNELLEN	ACUIDADE VISUAL DECIMAL	AUXÍLIOS
VISÃO NORMAL	20/12 a 20/25	1,5 a 0,8	BIFOCAIS COMUNS
PRÓXIMA DO NORMAL	20/30 a 20/60	0,6 a 0,3	BIFOCAIS MAIS FORTES LUPAS DE BAIXO PODER
BAIXA VISÃO MODERADA	20/80 a 20/150	0,25 a 0,12	LENTE ESFEROPRISMÁTICAS LUPAS MAIS FORTES
BAIXA VISÃO SEVERA	20/200 a 20/400	0,10 a 0,05	LENTE ASFÉRICAS LUPAS DE MESA ALTO PODER
BAIXA VISÃO PROFUNDA	20/500 a 20/1000	0,04 a 0,02	LUPA MONTADA TELESCÓPIO MAGNIFICAÇÃO VÍDEO BENGALA / TREINAMENTO O-M
PRÓXIMO À CEGUEIRA	20/1200 a 20/2500	0,015 a 0,008	MAGNIFICAÇÃO VÍDEO LIVROS FALADOS, BRAILLE APARELHOS SAÍDA DE VOZ BENGALA / TREINAMENTO O-M
CEGUEIRA TOTAL	SPL	SPL	APARELHOS SAÍDA DE VOZ BENGALA / TREINAMENTO O-M
VISÃO NORMAL	20/12 a 20/25	1,5 a 0,8	BIFOCAIS COMUNS

Fonte: MESSIAS; JORGE e CRUZ, 2010.

De acordo com o laudo médico da estudante Mayra sua acuidade visual no olho direito 20/125 e no olho esquerdo 20/100 válido lembrar que a lentes não corrigem a sua visão, ou seja seu caso é baixa visão moderada e a causa é a retinose pigmentar.

Antigamente, os educadores baseavam-se nos critérios de classificação médica para a cegueira, fundamentados na acuidade visual e no campo visual. No entanto, essa

classificação médica, não oferecia condições de segurança para a execução de um processo educacional, em virtude das diferenças verificadas na utilização da visão residual (DIAS,2016).

2.2 Baixa visão

Antes de conceituar baixa visão faz-se necessário a construção do conceito de acuidade visual (AV), “é a capacidade de perceber a forma e o contorno dos objetos e também considerada um dos parâmetros de desempenho funcional do sistema visual. Quanto melhor for a acuidade visual, melhor será a nitidez dos objetos focados”. (INSS, 2104), Ou seja, é a habilidade de distinguir dois estímulos separados no espaço em contraste com o fundo.

Com base BRUNO (1997, p.07) temos baixa visão: “desde condições de indicar projeção de luz até o grau em que a redução da acuidade visual interfere ou limita seu desempenho”, ou seja, o aluno baixa visão se aplica aos casos que, como melhor correção, tenha ainda no máximo 30% de visão normal, mesmo com o uso de lentes convencionais, ou após tratamento clínico e/ou cirúrgico, utilizando recursos visuais para leitura e escrita.

Considera-se também baixa visão quando a medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60 graus, ou ainda, quando ocorrer simultaneamente quaisquer das condições anteriores. (DOMINGUES et. al., 2010, p.08).

A pessoa com baixa visão não usa o sistema braille, ela normalmente usa pós correção oftalmológicas (enxerga até no máximo 30%) para leitura em tinta, com fontes ampliadas descrita pós diagnóstico, mesmo com seu pequeno campo visual para desenvolver suas atividades diárias.

A baixa visão pode acarretar perda de campo visual e comprometer a visão central ou a periférica. Na definição de campo visual temos: “é quando fixamos um ponto, o fazemos com a mácula, cada olho poderá, em torno deste ponto de fixação, ver uma área ampla que se chama campo visual” (ROMAGNOLLI, 2012). E a visão periférica é medida pelo campo visual e é função dos bastonetes, que são as células da retina periférica especializadas em visão noturna.

O campo visual corresponde à área total da visão. Quando há uma perda no campo visual central, a acuidade visual fica diminuída, e a visão de cores pode ser afetada com possíveis alterações de sensibilidade ao contraste e dificuldade para ler e reconhecer pessoas. (DOMINGUES et. al., 2010, p.10).

Para esta situação o ideal é o aumento de contraste e o controle da iluminação. Para melhor visualização, uma característica das pessoas com baixa visão é mostrar preferências quanto às posições do olhar, da cabeça e do material a ser visualizado.

Já quando a alteração é no campo visual periférico a pessoa terá dificuldades para o reconhecimento de seres e objetos, orientação e mobilidade, além de reduzir a sensibilidade ao contraste. A orientação para o auxílio dessas pessoas é a regulação adequada da iluminação do ambiente e o aumento de contraste.

A perda da função visual se manifesta em níveis severo, moderado ou leve, podendo ser influenciada também por fatores ambientais inadequados. Pessoas com baixa visão necessitarão, para o desenvolvimento do seu processo de aprendizagem, de recursos específicos (lupas de apoio, telélupa, material com caracteres ampliados, etc.), capazes de maximizar a eficácia de seu resíduo visual.

De acordo com MEC/SEESP as Causas Congênitas da baixa visão (2010):

1. Retinopatia da Prematuridade (Por imaturidade da retina em virtude de parto prematuro ou por excesso de oxigênio na incubadora);
2. Corionetinite, por toxoplasmose na gestação;
3. Catarata congênita (rubéola, infecções na gestação ou hereditária);
4. Glaucoma congênito (hereditário ou por infecção);
5. Atrofia óptica por problema de parto (hipóxia, inóxia ou infecções perinatais);
6. Degenerações retinianas (Síndrome de Leber, doenças hereditárias ou diabetes);
7. Deficiência visual cortical (encefalopatias, alterações de sistema nervoso central ou convulsões).

Já as causas adquiridas são por doenças como: diabetes, descolamentos de retina, glaucoma, catarata, degeneração senil e traumas oculares.

Os sintomas mais comuns de alterações visuais são: Tonturas, náuseas e dor de cabeça; Sensibilidade excessiva à luz (fotofobia); Visão Dupla e embaçada.

Em sala de aula o aluno pode ser identificado pelo professor observando algumas características: Aperta e esfrega os olhos; Irritação, olhos avermelhados ou lacrimejando; Pálpebras com bordas avermelhadas ou inchadas; Purgações e terçóis; Estrabismos; Nistagmo 6 (olhos em constante oscilação); Piscar excessivamente; Crosta presente na área

de implante dos cílios; Franzimentos da testa, ou piscar contínuo, para fixar perto ou longe; Tropeço e queda frequentes; Desatenção e falta de interesse; Inquietação e irritabilidade; Dificuldade para leitura e escrita; objeto; Cautela excessiva ao andar; Aproximação excessiva do objeto que está sendo visto; Postura inadequada; Fadiga ao esforço visual. (MEC/SEESP, 2006).

Quando mais rápido a identificação e diagnóstico do aluno, mais as intervenções pedagógicas poderão ampliar as possibilidades de aprendizagem. Daremos uma atenção mais especial para retinose pigmentar por ser em especial o caso da aluna (EAC).

2.3 Retinose Pigmentar

Segundo (SORANZ, 2016) “a retinose pigmentar (RP) é a forma mais comum das distrofias hereditárias da retina, afetando 4% da população mundial. É caracterizada pela progressiva degeneração da retina, com acometimento de fotorreceptores e epitélio pigmentar”. Tayah et al ,(2004) afirma que o quadro típico é caracterizado por dificuldade inicial de adaptação ao escuro, chegando à cegueira noturna, com perda do campo visual periférico ainda na adolescência, o que pode se agravar levando à deterioração da visão central, podendo ocorrer a cegueira, em alguns casos, aos 30 anos.

Dados da Organização Mundial de Saúde apontam que aproximadamente 6 a cada 10 dos casos, são classificadas como cegueiras evitáveis, ou seja, 800 mil brasileiros cegos poderiam ter sido tratados. Dentro dos 40% restantes, que compreendem os casos de cegueiras inevitáveis, encontram-se os casos de retinose pigmentar (RP).

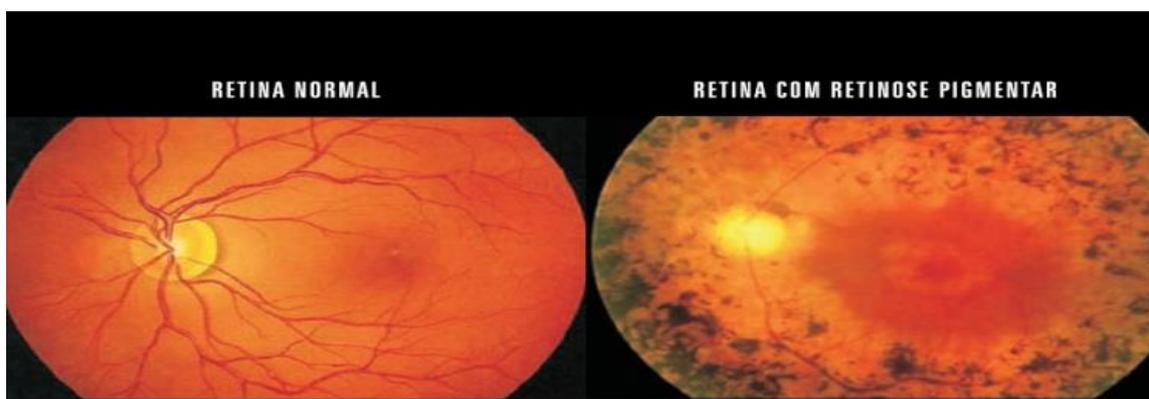


Figura 1: Imagens comparativas da retina de um olho com normal e um olho com retinose **Fonte:** CESTARI, 2012.

A **Figura 1** mostra os pigmentos pretos espalhados pelo olho, um dos primeiros sinais é a dificuldade de enxergar à noite, a chamada cegueira noturna. Os sintomas vão depender de como os bastonetes e cones são inicialmente afetados pela doença.

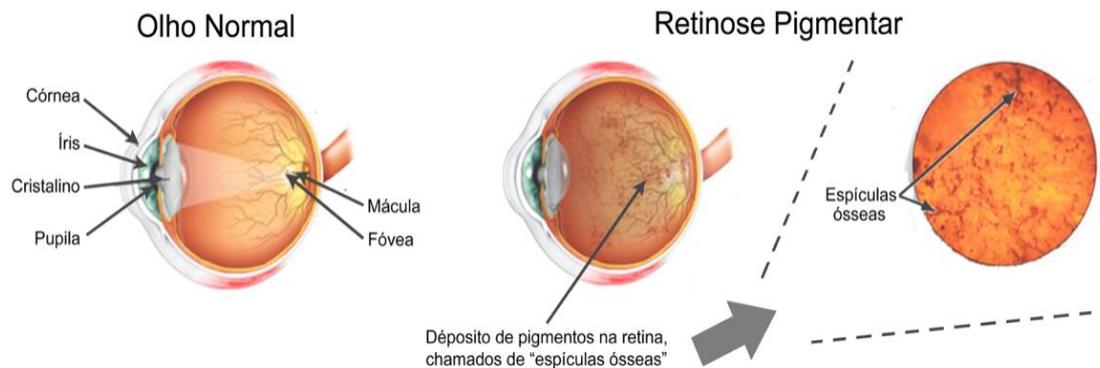


Figura 2: Imagens comparativas de um olho com normal e um olho com retinose. **Fonte:** CESTARI, 2012.

Na **Figura 2** vemos o depósito de pigmentos espícula óssea, na maioria das vezes os primeiros a serem prejudicados pela doença são os bastonetes que estão mais concentrados nas regiões periféricas da retina. Normalmente a pessoa começa a perder a visão lateral, o que acarreta tropeções ou esbarros em objetos ou móveis.

De acordo com o Manual Técnico de Procedimentos de Avaliação Médica Pericial das Funções da Visão, o fator influenciador é o do foco perfeito da luz procedente de um objeto sobre a mácula (área da retina responsável pela visão de detalhes), de sua conversão em estímulo (que através da via óptica alcançará a área visual no córtex occipital) e da resposta do indivíduo a este estímulo.

A AV quantifica a visão central, que é utilizada para focar um objeto ou ler. A acuidade visual depende, dentre outros fatores, da distância e da iluminação do objeto focado, bem como dos fatores inerentes ao observador, que são classificados como aferentes e eferentes.

3 Capítulo 3

Público alvo e escolha do tema

Podemos dizer que este trabalho apresenta vários objetivos adjacente ao objetivo principal, o principal, pode-se dizer, é de se levar ao conhecimento acadêmico a importância e relevância da construção de metodologias e estratégias de ensino que promovam a inclusão social de pessoas com deficiência visual, restringimos o nosso público alvo não porque era mais fácil a abordagem, e sim porque existem ainda muitos obstáculos a se vencer na promoção dessas atividades, podemos dar como exemplo a dificuldade que encontramos de localizar algumas pessoas que apresentavam deficiência visual, e mesmo depois de encontrá-las poder contar com a colaboração em nosso projeto, as vezes por falta de estrutura adequada para atendê-los, as vezes por falta de dados que apontassem onde estes estavam localizados. Falando um pouco sobre a falta de estrutura, podemos colocar como exemplo, a falta de salas e profissionais que possam atender estes indivíduos com alguma deficiência, todos estes problemas citados aqui fazem parte do cotidiano das pessoas com alguma deficiência, não só exclusivamente dos deficientes visuais, esta é uma área carente, faltando recursos, profissionais e professores que possam lidar mais humanamente possível com eles, além é claro de, por uma questão de responsabilidade jurídica, proporcionar o acesso a a sala de aula, poder fazer o acompanhamento, as intervenções necessárias e melhorar nas questões de ensino-aprendizagem deste público, dando a eles dignidade e respeito.

Em torno desse objetivo principal, alcançamos os objetivos adjacentes quando inserimos na discussão a escola ou instituição de ensino que apresente estudantes com deficiência visual, envolvemos os responsáveis pelos estudantes quando apresentamos a nossa proposta de ensino, conquistamos os alunos que se disponibilizaram a nos acompanhar nessa jornada acadêmica, participando da pesquisa, e também envolvemos os colegas quando apresentamos uma proposta e a executamos de modo a atender os alunos com baixa visão, que foi o caso, todos compartilham das alegrias em torno do aprendizado.

3.1 Características do local de estudo e dos público alvo

Em nossa pesquisa fizemos busca em escolas do interior do Maranhão para encontrar turmas ou discentes na condição de deficiência visual, e por conta de algumas dificuldades no espectro foi bastante reduzido, neste caso preservamos a identidade dos envolvidos, de modo que, localização, nomes dos participantes e outras características muito específicas que foram verificadas serão preservadas, podemos afirmar que todos os dados recolhidos e conclusões retiradas são baseadas em situações problema reais.

A instituição de ensino será apenas referida como Instituição de Ensino Federal (IEF) e sob gestão do Governo Federal e do Governo do Estado do Maranhão, por meio do convênio do PROEP (Programa de Expansão da Educação Profissional), inicialmente, ofertou cursos profissionais que levaram em consideração a dinâmica econômica da região e seus arranjos produtivos locais, por essa razão foram ofertados cinco cursos técnicos integrados ao ensino médio. Foram eles: técnico em alimentos, técnico em automação industrial, técnico em eletromecânica, técnico em florestas e técnico em alimentação escolar. Com a ampliação da estrutura física, o crescimento do quadro de servidores e da demanda externa para formação técnico-profissional, houve um aumento da oferta anual de vagas, estabelecendo uma média de duzentas vagas por ano para a educação profissional. Houve, também, a implantação de cursos superiores com ênfase na formação de professores nas áreas de ciências da natureza, a IEF que foi alvo de nossa pesquisa, conta com uma estrutura física que é descrita a seguir na Tabela 2:

Tabela 2: Estrutura física - IEF

Diretoria de Desenvolvimento do Ensino	01
Assistência de Aluno/DEST	01
Núcleo de Assistência ao Educando	01
Salas de Aula	09
Auditório	01
Sala dos Professores	01
Setor Médico	01
Laboratório de Informática	02
Laboratório de Metrologia	01
Laboratório de Eletricidade	01
Laboratório de Solos	01
Laboratório de Tornearia	01

Laboratório de Soldagem	01
Laboratório de Química	01
Laboratório de Alimentos	01
Laboratório de Desenho	01

Fonte: Autor, 2018

Centrado em identificar os alunos de baixa visão e construir experimentos que potencializem a aprendizagem dos conceitos da teoria da relatividade restrita, a primeira etapa da investigação consistiu em verificar o universo aos alunos que seriam diretamente envolvidos, como foi descrito sobre o local da instituição de ensino e o que estava a sua disposição. Com isso encontramos três alunos que poderiam auxiliar a nossa pesquisa, mas apenas um aluno estava disposto a participar, este que vamos nos referir como aluna Mayra, nome fictício, ver na Tabela 3. Embora parece um estudo de caso, só o é considerado assim por conta do número reduzido de participante, e no caso do discente em questão o aluno(a) se deu com deficiência visual classificada como visão subnormal com CID –10: H55.2, retinose pigmentar CID 10H35.5, nistagmo congênito CID 10 H55, estando o mesmo no último ano do ensino médio do curso Técnico em Meio Ambiente no IEF.

Tabela 3: Números de alunos com deficiência Visual - IEF

Nº	Aluno	Curso	Grau
01	F.B.L	Meio Ambiente (Integrado)	Ensino Médio
02	E.A.C	Meio Ambiente (Integrado)	Ensino Médio
03	L.G.J	Licenciatura em Química	Graduação

Fonte: Autor, 2018

Por razões éticas apresentam-se apenas as iniciais dos alunos. O aluno 01 concluiu o ensino médio no primeiro semestre de 2018, a aluna 02 está com a projeção de término para 2019 sendo que a mesma participou desta pesquisa e a aluna 03, universitária do curso de química, cursou apenas um período no primeiro semestre de 2018 e desistiu.

Alunos com baixa visão normalmente são despercebidos no planejamento, em tese o que se vê são produções experimentais que se adequam ao público vidente ou até mesmo para os alunos cegos. Os três alunos relatavam a equipe de Atendimento Educacional Especializado (AEE), as dificuldades encontradas em recursos e material que atendessem as suas limitações junto ao currículo.

3.2 Levantamento dos recursos pedagógicos disponíveis a aluna

A segunda etapa se deu com as visitas para identificar os recursos pedagógicos disponíveis à aluna, apesar de vários laboratórios o setor que mais assistiu a aluna é Núcleo de Assistência ao Educando (NAE), a legislações nomeia como Sala de Recurso Multifuncional, nela a aluna frequenta aulas no contra turno, ou seja, em horário alternado ao horário das aulas.

A Política Nacional da Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (2008) assegura o direito de toda criança frequentar a escola comum, orienta sobre o que é função da escola comum e o que é de competência da educação especial, destaca também que esta deve oferecer o AEE, ressaltando que é destinado a atender as necessidades educacionais especiais do público alvo da educação especial que são alunos com: deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação, que eliminem as barreiras para a plena participação dos alunos, considerando as suas necessidades específicas.

De 2008 a 2010 o Ministério da Educação tinha uma pasta que era voltada para a Educação inclusiva, conhecida como Coordenação-Geral de Articulação da Política de Inclusão nos Sistemas de Ensino, como coordenadora a professora Sinara Pollom Zardo, ela atuou junto a Secretaria de Educação Especial ligada ao Ministério. Entre 2005 à 2008 a pasta distribuiu cerca de 5.551 salas multifuncionais, as salas são classificadas como salas do tipo I e tipo II, como Sinara explica: *“O tipo 1 tem uma estrutura básica capaz de atender a qualquer deficiência e a sala do tipo 2 é mais voltada para os alunos cegos”*, na tabela a seguir a lista de recursos que a compõe:

Tabela 4: Recursos sala tipo I

Equipamentos	Materiais Didático/Pedagógico
02 Microcomputadores	01 Material Dourado
01 Laptop	01 Esquema Corporal
01 Estabilizador	01 Bandinha Rítmica
01 Scanner	01 Memória de Numerais I
01 Impressora laser	01 Tapete Alfabético Encaixado
01 Teclado com colméia	01 Software Comunicação Alternativa
01 Acionador de pressão	01 Sacolão Criativo Monta Tudo
01 Mouse com entrada para acionador	01 Quebra Cabeças - seqüência lógica
01 Lupa eletrônica	01 Dominó de Associação de Idéias
Mobiliários	01 Dominó de Frases
01 Mesa redonda	01 Dominó de Animais em Libras
04 Cadeiras	01 Dominó de Frutas em Libras
01 Mesa para impressora	01 Dominó tátil
01 Armário	01 Alfabeto Braille
01 Quadro branco	01 Kit de lupas manuais
02 Mesas para computador	01 Plano inclinado – suporte para leitura
02 Cadeiras	01 Memória Tátil

Fonte: MEC, 2010 (rever essa fonte)

Na Instituição de Ensino que serviu de base para a nossa pesquisa, desde 2015, que o primeiro aluno com deficiência ingressou, foram solicitados os recursos para atendê-lo.

Tabela 5: Recursos sala tipo II

Equipamentos e Matérias Didático/Pedagógico
01 Impressora Braille – pequeno porte
01 Máquina de datilografia Braille
01 Reglete de Mesa
01 Punção
01 Soroban
01 Guia de Assinatura
01 Kit de Desenho Geométrico
01 Calculadora Sonora

Fonte: MEC, 2010

Durante a pesquisa notamos na observação do AEE, realizado por conta da necessidade de se produzir um material ampliado, que o mesmo não é feito com certa periodicidade, mas os profissionais que atendem são capacitados e foram, durante todo o tempo da pesquisa, o maior apoio encontrado, tanto na coleta de dados, quanto na disponibilização do espaço e acompanhamento das atividades dos experimentos. A função do AEE é:

O atendimento educacional especializado tem como função identificar, elaborar e organizar recursos pedagógicos e de acessibilidade que eliminem as barreiras para a plena participação dos estudantes, considerando suas necessidades específicas. As atividades desenvolvidas no AEE diferenciam-se daquelas realizadas na sala de aula comum, não sendo substitutivas à escolarização. Esse atendimento **complementa e/ou suplementa a formação dos estudantes com vistas à autonomia e independência** na escola e fora dela. (BRASIL, 2008, p.15)

A atividade complementar trabalha com os recursos que possibilitam ao aluno transpor barreiras impostas à sua aprendizagem na classe comum. A suplementar, maximiza sua participação na classe comum, potencializando suas habilidades, garantindo a expansão do acesso a recursos tecnológicos e materiais pedagógicos, todas as atividades dão oportunidade aos discentes com deficiência a participação em pesquisas e desenvolvimento de produtos e materiais diversos, entre outros.

3.3 Fatos observados quanto a aluna “Mayra”

Durante a produção da dissertação, a discente Mayra, disse que tinha muita dificuldade com cálculo, pois não conseguia enxergar o todo de uma equação e das figuras geométricas, palavras dela: “... tudo fica como um quebra cabeça e não dá pra juntar”, logo, tivemos que buscar uma metodologia que pudesse contornar esse desafio.

Seus olhos se movimentam o tempo todo tentando achar o foco. Certa vez entregamos uma fita métrica a ela e pedimos que tentasse descrever, em centímetros, o seu campo visual; de braços esticados, um letreiro foi colocado a sua frente para que, com uma trena, pudesse nos dar a ideia do que estava dentro do seu campo visual, com muita dificuldade ela chegou a medida de 10 cm, ou seja, ela só conseguia ver o que estava dentro desse campo ou espaço de 10 cm, sem dar definição ao que estivesse na periferia desse espaço pouco visível.



Figura 3: Campo visual da aluna EAC. **Fonte:** Autor, 2018.

Na descrição dela, seus olhos veem, mas não definem o campo periférico e no caso de precisar movimentar os olhos para procurar por tal definição nestes limites, sua visão

embaça novamente. Mayra relatou que possui extrema dificuldade nas deduções matemáticas, isso porque ela só consegue ver parte das equações e não ela como um todo, acompanhar uma dedução matemática é uma tarefa árdua, pois ela tem que juntar mentalmente os registros de imagens para formar o todo. Então podemos entender a dificuldade da aluna usando como comparativo um quebra-cabeça, com a dificuldade de estar recebendo uma peça por vez e ao final, depois de receber todas as peças, ter que monta-lo, juntando todas as peças, mentalmente para formar a figura.

O tamanho das fontes e o contraste delas com o fundo das imagens nem sempre são favoráveis para ela. Uma pessoa sem alteração visual pode perceber determinado objeto a 125m ela perceberá a 20m

Também falou que gosta de desafios, e por essa razão sempre que a física propõe aulas teóricas a mesma sempre se identifica mais. A aluna não consegue fazer uso das lupas disponíveis, e a ampliação do material em tinta é feito na fonte 32.

Sabendo que a visão periférica da aluna é comprometida, os móveis da sala eram organizados de forma a evitar as colisões, ou seja, com o máximo de trânsito permitido para que o aluno de BV pudesse se movimentar pela sala. Fatores como este podem ajudar e muito com o aprendizado do aluno com DV, como exemplo citamos alguns:

- A posição que o aluno senta, bem como;
- O tamanho da fonte usada pelo professor e o contraste das letras ou das imagens com o fundo do quadro;
- A iluminação da sala;
- Ampliação do material didático;
- Experimentos, de preferência em combinações de cores confortáveis para o aluno.

Além destes cuidados, trabalhos criativos que possam explorar outros sentidos (audição, tato, paladar e olfato), são outras maneiras de fazer com o que os discentes que possuem alguma deficiência visual possam estar inseridos na educação. Mayra não tem uma rotina fixa na sala AEE, apenas quando sente necessidades ou quando é direcionada pelos professores, fator que as vezes compromete a aprendizagem, mas esta é uma realidade que está presente na maioria das escolas do país que contam com recursos de salas multifuncionais.

Em uma das etapas de levantamento observou-se o comportamento discente em sala de aula, principalmente durante as aulas de Física. O fato da deficiência não ser algo

exposto ou chamativo, tende a passar despercebido suas particularidades, o professor que não tem treinamento específico, não se apercebe de usar os recursos visuais, adaptados, que podem ajudar às necessidades da aluna, a exemplo disso, quando o professor usa nas apresentações fundos claros, letras pequenas e pretas que dificultam o acompanhamento da leitura e possíveis anotações, os alunos com BV podem passar como alunos distraídos, desinteressados, e por essa razão o público de BV não se sente contemplado com essas aulas.

Para fortalecer esta visão trazemos uma experiência vivida pelo autor deste trabalho num dos momentos do levantamento da pesquisa:

“Certa vez, assistindo uma das aulas, em que na sala haviam alunos com DV, dentre eles um jovem com retinose pigmentar, no final da explicação do professor sugeri que o mesmo fizesse uma mudança, uma pequena substituição de cores, passando para um fundo preto com letras brancas. Feito isso, percebi o aluno R. pegando seu celular, ligando a lupa.... começou ler, ao final observei uma lágrima caindo, foi quando ele disse: - Eu nunca li assim!”.

Deste dia em diante nasceu o desafio de produzir trabalhos que pudessem contribuir de alguma forma, o aprendizado, deste público. A inclusão acontece de fato, depois da matrícula, no perceber e agir para contribuir e melhorar o aprendizado destes alunos, que tem todo o direito a sua cidadania garantida pela constituição e através da educação.

Foi com esta vontade que decidimos levar a inclusão um dos conceitos mais complexos da Teoria da Relatividade Restrita, a dilatação do tempo, isso não só se mostrou um verdadeiro desafio, por ser voltado para o público com BV, mas porque o conceito já é complexo mesmo para o público vidente, ou seja, sem deficiência, justamente porque este conceito é muito abstrato. Foi em uma conversa com o orientador em que a ideia do dispositivo foi “ventilada”, nas palavras do orientador do trabalho:

“Poderíamos produzir algum desenho numa tela, e a mesma, entrar em movimento, primeiramente o estudante faria um rabisco em linha reta simulando a observação de um evento em que ele estivesse em repouso com este evento, e em seguida o estudante faria o mesmo rabisco, da mesma forma, só que com a tela em movimento”

Pensando nisso, pensei em criar um dispositivo no formato de uma mesa, com uma lona, em que estava desenhada uma representação de uma nave espacial, a lona entraria em movimento por conta de um motor de ventilador. Colocando um apoio ao estudante para que fizesse um rabisco em linha reta na tela. Quando a tela está parada, sem nenhum movimento, a ideia de fazer o rabisco em linha reta simula a experiência de um observador em repouso com relação ao evento dentro da nave, se o evento em questão é o feixe de luz disparado do solo da nave para o teto, e este evento para este observador que estará dentro da nave é apenas uma linha reta na vertical. Quando a tela se encontra em movimento, o aluno deve fazer, com a ajuda do suporte, o mesmo rabisco, da mesma forma, em linha reta, sobre a tela. Como a tela está em movimento o resultado desse rabisco não é mais uma linha na vertical, mas uma linha feita ao longo da diagonal da tela, e este rabisco simula a resultado verificado pelo observador de fora a da nave, que veria esse feixe de luz de um modo diferente, assim como revelaria que os tempos medidos por ambos observadores são diferentes. A Figura 4 deste dispositivo é mostrada a seguir, detalhes de como funciona e como fora construído, o faremos nas seções seguintes.



Figura 4: Dispositivo construído para o ensino do conceito de dilatação do tempo para alunos com BV. **Fonte:** Autor.

3.4 Teoria da aprendizagem de Ausubel e o aluno com baixa visão

O direito a educação excede o ato da matrícula, e está ligado a condições de aprendizagem ofertada a este aluno, quando se trata do aluno com deficiência as políticas educacionais como: Constituição, Lei de Diretrizes e Base da Educação, Lei N.º 8069 de 13 de julho de 1990, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 e a mais recente lei de nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência).

Toda esta legislação sinaliza para uma escolarização preferencialmente em ensino regular e com atendimento educacional especializado, no entanto nos deparamos com a realidade de professores que se preparam para receber o aluno com deficiência.

Consequentemente, para que eles possam ter condições de aprendizagem equivalentes aos outros, é necessário garantir que tenham acesso aos conteúdos escolares pelos sentidos que lhes permite dar significado ao mundo, além de ser preciso também proporcionar a estes um maior tempo nas atividades devido à maneira como interagem com o objeto de estudo. Dessa forma o ensino tradicional baseado no uso da lousa tem-se tornado, “pedra de tropeço” para o progresso escolar de alunos com cegueira (REILY, 2004, p.13).

Os profissionais que prestam serviço ao aluno de baixa visão não têm que meramente rotulá-lo por sua deficiência, é necessário entender suas dificuldades educacionais ajudá-lo a superá-las, vislumbrando a potencialidade dos outros sentidos. É comum que o aluno com baixa visão apresente velocidade de leitura e habilidade para copiar reduzidas. Porém, ao demonstrar falta de interesse e constante distração ele está revelando que o plano de aula, o ambiente e/ou a dinâmica do professor não estão adequados às suas necessidades. Estudos nessa área têm demonstrado que do ponto de vista intelectual, não existe diferença entre cegos e os indivíduos com visão, o potencial do aluno não é alterada pela deficiência visual (SÃO PAULO, 1993).

Cada órgão dos sentidos interroga o objeto à sua maneira: a visão não é nada sem um certo olhar, ou seja, a maneira que o sujeito dirige e passeia seu olhar é de um modo diferente da sua mão explorando tátilmente. Nunca o campo tátil está inteiramente presente em cada uma de suas partes como o objeto visual (MASINI, 2007, p. 24).

Autor da teoria da aprendizagem significativa, dentro de uma visão cognitivista prioriza a aprendizagem de significados. Ausubel (apud MOREIRA, 1997, p.1), “*A aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento*”.

Ensinar por significados é aproveitar os conhecimentos prévios dos alunos, para aquisição dos novos conceitos. Chamados de *conhecimentos subsunçores* ou *conceitos âncoras* (AUSUBEL, 1980), levam esse nome por dá sustentação aos novos conhecimentos e os tornando-o mais significativo e eficazes.

No entanto nem sempre os conhecimentos âncoras existem, principalmente quando o público alvo é DV, levando consideração os conteúdos programáticos de física. A

sugestão do autor é a aplicação dos organizadores prévios, que são pontes que ligam o que o aluno sabe com o conceito do que ele deve saber, algumas vezes são chamados de “*pontes cognitivas*, material potencialmente significativo apresentado antes que o motivem a querer receber a informação posterior” (MOREIRA, 1982).

Ausubel, indica duas condições essenciais para aprendizagem significativa, a primeira é a disposição do aluno para aprender; com esta condição os aspectos cognitivos estarão abertos e alertas para os conteúdos a serem ensinados. E a segunda é o material didático desenvolvido, que deve ser, sobretudo, significativo para o aluno. Muito da aprendizagem alcançada diz respeito o quanto o material utilizado pelo docente é atrativo, inovador, se usa linguagens e termos condizentes com a realidade da turma. Não necessariamente se ele gosta ou não da disciplina, através da mediação do docente, interagindo e mostrando significados associados aos conhecimentos prévios deles.

Em síntese: “*Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos*” (AUSUBEL, 1980).

Na disciplina de física o pensamento cognitivo dessa teoria se aplica, uma vez que os conteúdos, obedecendo a hierarquia conceitual e suas ligações entre si, conferem a evolução dos conceitos novos, sempre dependente de um conceito âncora relevante para a nova estrutura cognitiva a ser formada, obedecendo assim a hierarquia conceitual e suas ligações.

Ausubel reconhece a importância da linguagem como principal instrumento facilitador da aprendizagem significativa. A representação das palavras facilita a manipulação de conceitos e proposições. As principais vantagens dessa teoria são:

- ✓ O conhecimento é retido e lembrado por mais tempo;
- ✓ Facilita novas aprendizagens;
- ✓ Facilita a aprendizagem ocorra novamente, em caso de esquecimento;
- ✓ Aumenta a capacidade da estrutura cognitiva de receber novas informações;
- ✓ A nova idéia subordina-se a idéias pré-existentes mais gerais e abrangentes;
- ✓ O novo material é assimilado como um exemplo específico de um conceito previamente estabelecido na mente do sujeito, ou então de alguma maneira, ilustra uma proposição mais geral.

A principal função do professor nesse método é (AUSUBEL apud MOREIRA, 1997):

- Identificar os conceitos e princípios unificadores mais inclusivos (com maior poder explanatório) e organizá-los hierarquicamente para abranger os menos inclusivos;
- Determinar as âncoras que o aluno deve ter para poder aprender significativamente o conteúdo;
- Diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos;
- Utilizar princípios e recursos adequados para auxiliar o aluno a assimilar e organizar os novos conteúdos;

Construir uma aprendizagem significativa ao aluno com deficiência é um passo imprescindível para inclusão educacional. Ausubel (apud MOREIRA, 1997, p.1), “*A aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento*”.

Ao produzir recursos didáticos especializados e adaptar ferramentas para o processo de ensino e aprendizagem de alunos cegos, o educador não beneficia somente este aluno, mas consequentemente beneficia toda a classe, facilitando a compreensão dos conceitos, principalmente daqueles mais abstratos, como, por exemplo, aqueles na disciplina de Física. Dessa forma, o professor diante de uma sala de aula onde estejam inseridos alunos cegos, não precisa mudar seus procedimentos, porém deve fazer muito mais uso de materiais diversificados e adaptados que ajudam na abstração dos conceitos, em uma classe heterogênea (FILGUEIRAS; PEREIRA; MELCA, 2008).

A competência pedagógica e a qualificação profissional do professor configuram-se como aspectos relevantes à Educação Inclusiva, especialmente se o educador elabora materiais adaptados e metodologias de ensino direcionadas para ensinar a turma toda e não apenas o aluno com cegueira, de forma individual.

No momento em que se percebe, que um estudante em classe, apresenta dificuldades de aprendizado, o professor deve ficar atento para este aluno, ou alunos, para que os mesmos não fiquem desassistidos do ensino, ou que fiquem à margem da educação e também que não deixem prevalecer a tese de que inclusão da trabalho e simplesmente, por questões burocráticas, avancem estes alunos as series seguintes, sem que realmente tenham aprendido algo significativo para suas formações acadêmicas, é por esse motivo que nosso trabalho se propõe a apresentar uma metodologia aliada a um dispositivo que visa

compartilhar os conceitos aqui tratados, tão caros a teoria da relatividade restrita, por que este tema, por mais complexo que seja, é um conhecimento da humanidade, não de um grupo ou de alguns e portanto deve ser compartilhado.

4 Capítulo 4

Subsunções da Relatividade Especial

4.1 Transformações de Galileo

Ao contrário do que muita gente pensa Albert Einstein, não foi o pioneiro no que tange os estudos sobre a relatividade, em meados do século XVII já se falava sobre isso, estudiosos como: Galileo Galilei e Isaac Newton já sinalizavam interesse pela temática, seus registros foram alicerce para evolução de conceitos sobre movimento e referenciais.

Galileo Galilei estabeleceu o seu princípio da relatividade em duas obras: **Diálogos Sobre os Principais Sistemas do Mundo** (1632) e **Diálogo acerca de duas novas ciências** (1636). Segundo ele: dois observadores que se movem com velocidade uniforme, um relativamente ao outro, devem formular as leis da natureza exatamente da mesma forma. Em particular, nenhum observador inercial pode distinguir entre repouso absoluto e movimento absoluto, com apelo exclusivo as leis da natureza. Não existe, pois, movimento absoluto, mas apenas movimento relativo (De um observador relativamente ao outro).

A demonstração matemática da relação entre as coordenadas dos dois referenciais inerciais é bastante conhecida, podemos recomendar o livro do professor Bassalo (1997) ou mesmo nos livros básicos do curso de graduação em Física Halliday (2009).

Podemos definir evento como sendo, qualquer acontecimento e que pode ser associado à coordenadas $(x, y, z$ e $t)$ medidas num referencial inercial, um exemplo de evento que podemos dar, pode ser de um feixe de luz, este acontecimento pode ocorrer para dois referenciais inerciais distintos, sendo que um referencial está se deslocando com uma certa velocidade v com relação ao outro. Um referencial é inercial se a soma vetorial de todas as forças aplicadas à ele for nula, e o mesmo deve permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, além disso dizemos que um referencial é dito inercial se as Leis de Newton são válidas, sob este ponto de vista a relatividade de Einstein encontra justamente as “falhas” que mais tarde servirão de alicerce para sua construção.

Para todo e qualquer, referencial que esteja em MRU em relação a um outro referencial inercial, este é também inercial. Já, um referencial não inercial é aquele que não apresenta as características descritas acima, ou seja, sofre uma aceleração, ou não obedece às leis de Newton. Vamos considerar que um evento ocorra no sistema de referencia S' ,

que se move com uma velocidade v em relação a um segundo sistema de referência S e na direção do eixo “ x ” deste último, conforme mostra a Figura 5 abaixo:

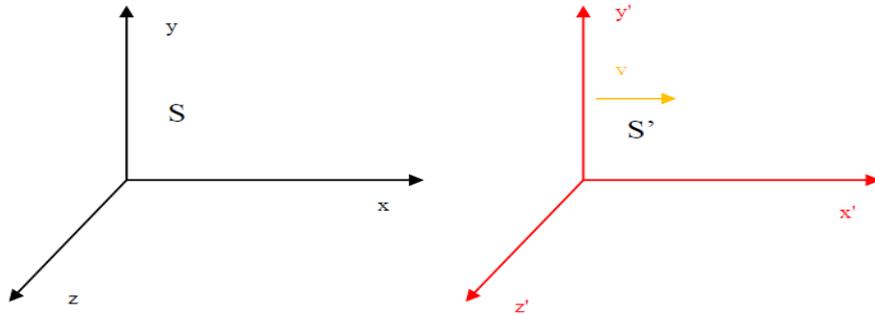


Figura 5: Movimento retilíneo entre os sistemas S e S' .
Fonte: Autor, 2018.

Vamos considerar que no instante inicial, as origens coincidam. Instantes depois ocorre um evento em um ponto R que apresenta coordenadas (x, y, z, t) para o referencial S e (x', y', z', t') para o referencial S' . Como sugere a Figura 6 abaixo:

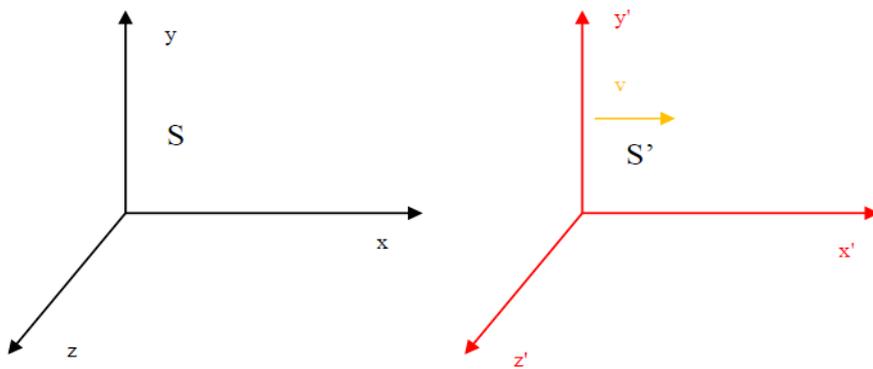


Figura 6: Relação de coordenadas entre os sistemas S e S' . **Fonte:** Autor.

Assim podemos correlacionar às coordenadas do referencial S e S' da seguinte forma:

$$x' = x - vt \quad (1)$$

$$y' = y \quad (2)$$

$$z' = z \quad (3)$$

$$t' = t \quad (4)$$

As expressões acima são conhecidas como transformações de Galileo (Halliday, 2009), a partir dessas equações podemos observar que os tempos medidos em ambos os

referencias distintos, são iguais. Partindo dessas transformações concluía-se que o tempo era uma grandeza absoluta e, portanto, não dependia do referencial.

O físico Britânico Isaac Newton deu sequência a essa linha de raciocínio e no dia 5 de julho de 1687 publicou uma das obras mais importante de todos os tempos “PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA NATURAL”, ao tratar do tópico invariância do tempo Newton diz: “(...) Da mesma forma que a ordem das partes do tempo é imutável, assim também é a ordem das partes do espaço. (...) Todas as coisas são colocadas no tempo de acordo com uma ordem e sucessão”.

Por conta disso decorre a lei de composição de velocidades:

$$v'_x = v_x - v, \quad (5)$$

Esta relação também leva a igualdade nas acelerações e, portanto, a as forças medidas por esses referenciais, o que também se concluí que se as leis básicas da dinâmica não se alteram, também é “impossível detectar um movimento retilíneo uniforme de um referencial em relação a outro por qualquer meio sob as leis da dinâmica” (Nussenzveig, 1998), este é o princípio da relatividade da Mecânica. Este princípio deixa de ser válido nas situações em que os referenciais são não - inerciais, e mais, ao tentarmos estender essas aplicações a eletrodinâmica podemos chegar a mesma conclusão que Einstein, e que só restava duas opções para aparente contradição encontrada, sendo ele:

1. A Mecânica Newtoniana e as equações de Maxwell são válidas, mas o princípio da relatividade não se aplicaria a todas as leis da Física, exigindo, portanto, um referencial absoluto e preferencial, ou;

2. O princípio da relatividade é aplicado a todas as leis da Física, e neste caso a Mecânica Newtoniana está correta e as equações de Maxwell devem ser modificadas, e neste caso desvios nas leis da eletrodinâmica devem ser observados, ou;

3. O princípio da relatividade é aplicado a todas as leis da Física e nesse caso as equações de Maxwell estão corretas e as leis da Mecânica e as transformações de Galileu não estão corretas e deve ser possível observar desvios na mecânica Newtoniana.

E neste caso a opção mais favorável aos fatos experimentais é a terceira opção. Com isso Einstein inaugurou os dois princípios básicos da sua teoria, conhecidos como os Postulados da Relatividade:

1. O princípio da relatividade especial: que afirma que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

2. A constância da velocidade da Luz: que afirma que velocidade da luz no vácuo é a mesma em todas as direções e independe da velocidade da fonte, sempre tendo o mesmo valor de aproximadamente $c = 300000 \text{ km/s}$.

A seguir abordaremos as transformações de Lorentz, que são as constantes que decorrem destes princípios da relatividade Einstein.

4.2 Equações da transformação de Lorentz

As equações corretas para a transformação são deduzidas a partir dos postulados de Einstein e são as seguintes (Dedução das equações de Lorentz, ver Apêndice):

$$x' = \gamma(x - vt); \quad (6)$$

$$y' = y; \quad (7)$$

$$z' = z; \quad (8)$$

$$t' = \gamma(t - vx/c^2), \quad (9)$$

onde,

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (10)$$

é conhecido como fator de Lorentz e $\beta = v/c$ é o parâmetro de velocidade, e no limite em que a velocidade v é muito inferior a velocidade da luz, este fator de Lorentz tende ao valor unitário, retomando, portanto, aos valores conhecidos das transformações de Galileu, o leitor pode observar que as variáveis x e t se misturam nas equações (6) e (9) e como é colocado por Halliday (2009), “*esta foi uma inovação da teoria de Einstein que seus contemporâneos tiveram dificuldade de acreditar*”.

4.3 A relatividade do tempo

Neste momento é oportuno mostrar o exemplo que usaremos para demonstrar a relatividade do tempo no cálculo do intervalo de tempo entre dois eventos, este exemplo é visto no (Halliday, 2009). No exemplo do livro a Figura 7 mostra um experimento realizado

pelos observadores João e Maria, ambos fazem a medição de um evento que se dá no interior do vagão de um trem. No exemplo é considerado que a observadora Maria

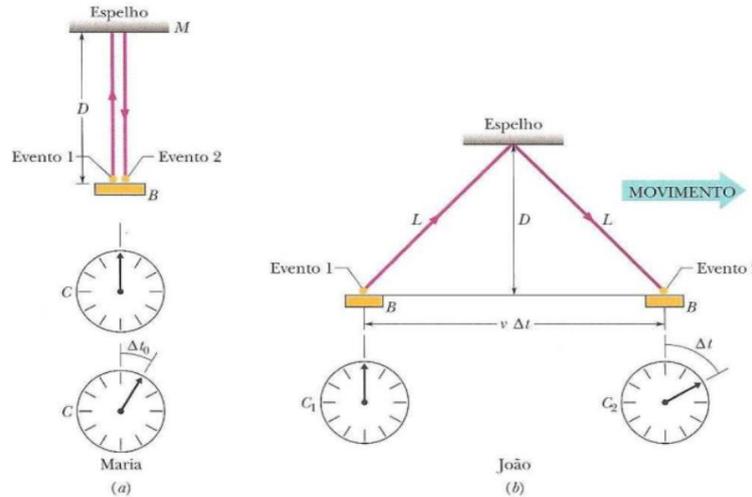


Figura 7: Em (a) Maria mede o intervalo de tempo que chamamos de tempo próprio e em (b) o intervalo de tempo medido por João. **Fonte:** Autor, 2018.

que se encontra em repouso dentro do vagão do trem faz a medição do intervalo de tempo de um pulso luminoso emitido dentro do vagão. Este pulso parte de uma fonte do chão para o teto e reflete num espelho que se encontra no teto, o pulso refletido retorna ao chão é medido em um detector no chão. Já o intervalo de tempo medido pelo observador João, que se encontra fora do trem e em repouso na plataforma de uma das estações, de acordo com o que diz a teoria da relatividade especial de Einstein, é diferente do intervalo medido pela observadora Maria e estes tempos estão relacionados entre si por um fator conhecido como fator de Lorentz, como mostraremos a seguir. Maria mede um intervalo de tempo Δt_0 entre os dois eventos, que está relacionado à distância D entre a fonte e o espelho pela equação:

$$\Delta t_0 = \frac{2D}{c} \quad (11)$$

Considerando agora que os dois eventos são medidos por João que está na plataforma da estação, os dois eventos ocorrem em pontos diferentes como mostrado na Figura 7 e para ele o intervalo de tempo medido por João é:

$$\Delta t = \frac{2L}{c}, \quad (12)$$

onde

$$L = \sqrt{\left(\frac{1}{2}v\Delta t\right)^2 + D^2}. \quad (13)$$

substituindo a eq. $\Delta t_0 = \frac{2D}{c}$ (11) em Eq. $L =$

$$\sqrt{\left(\frac{1}{2}v\Delta t\right)^2 + D^2}. \quad (13) \text{ temos:}$$

$$L = \sqrt{\left(\frac{1}{2}v\Delta t\right)^2 + \left(\frac{1}{2}c\Delta t_0\right)^2}, \quad (14)$$

e por último substituindo a Eq. $\Delta t = \frac{2L}{c}$, (12) em

$$\text{Eq. } L = \sqrt{\left(\frac{1}{2}v\Delta t\right)^2 + \left(\frac{1}{2}c\Delta t_0\right)^2}, \quad (14) \text{ e isolando } \Delta t, \text{ chegamos a}$$

relação entre os tempos medidos tanto por João quanto por Maria:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}. \quad (15)$$

Com o uso da definição da constante γ em $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$

(10) a relação pode ser simplificada para:

$$\Delta t = \gamma\Delta t_0, \quad (16)$$

ainda segundo o autor do livro (Halliday, 2009) dois exemplos de demonstração experimental são citados no livro como prova da eficácia da teoria tanto a nível *microscópico* quanto *macroscópico* e que podemos também citar aqui. No caso microscópico as partículas subatômicas chamadas de *múons* são instáveis, quando um múon é produzido ele dura apenas um curto período de tempo antes de decair e transformar-se em outras partículas, no referencial em repouso com relação do próprio múon o tempo médio de vida dele é de $\Delta t_0 = 2,200\mu\text{s}$ em quanto que no referencial do laboratório o valor verificado deve ser de $\Delta t = 63,510\mu\text{s}$ e o que é comprovado experimentalmente. A nível macroscópico o livro cita um experimento que foi realizado por físicos da universidade de Maryland, como um experimento de maior precisão da dilatação do tempo a nível macroscópico:

Em outubro de 1977 Joseph Hafele e Richard Keating executaram o que deve ter sido um experimento extenuante: transportaram quatro relógios atômicos portáteis duas vezes em volta do mundo a bordo de aeronaves comerciais, uma vez em cada sentido. Objetivo era “testar a teoria da relatividade de Einstein com relógios macroscópicos”. Essa comprovação pode ser feita usando relógios de verdade e com altíssima precisão em se tratando de relógios atômicos modernos, Hafele e Keating confirmaram a teoria com uma precisão dentro da margem de erro de 10%, e alguns anos mais tarde físicos da universidade de Maryland executaram experimento semelhante, em que transportaram em um avião um relógio atômico de um lado para outro sobre a baía Chesapeake em voos de 15h de duração, e verificaram com mais precisão que a dilatação dos tempos estava de acordo com a Teoria de Einstein dentro de uma margem de erro de 1%.

5 Capítulo 5

Aplicação do produto educacional e sua metodologia

Neste capítulo falaremos sobre o dispositivo que construímos pensando no público com DV, mas especificamente aplicado ao estudante com retinose pigmentar. Os detalhes do dispositivo e como ele funciona, os desenhos especificando as medidas para a sua construção, o uso do produto pela aluna na sala de AEE. Mostramos como o professor pode explorar o uso do dispositivo para abordar o conceito de dilatação temporal.

5.1 Dispositivos didáticos que auxiliam a demonstração da dilatação do tempo

O exemplo de João e Maria como observadores do evento que se passa dentro do trem será usado como modelo do experimento didático produzido neste trabalho. A **Tela Cinética (TC)** é o nosso dispositivo que deve dar a ideia sobre o conceito de dilatação temporal, ela tem o formato de uma mesa e nela uma tela com a figura de uma nave espacial desenhado em uma lona que deve passar por dois cilindros giratórios, estes cilindros estão conectados a um motor de máquina de lavar que é acionado quando ligamos uma chave de on-off. Quando ligado, a impressão que temos é do movimento da nave, sobre a tela, colocamos uma guia de madeira, que deve servir para que a aluna possa riscar com um pincel sobre a mesma, fazendo o movimento do pulso luminoso que seria acionado dentro da nave.



Figura 8: O dispositivo educacional que chamamos de Tela Cinética, para exemplificar o conceito de dilatação temporal, vista de lado. **Fonte:** Autor, 2018.

As Figura 8 e Figura 9 mostram o dispositivo, o mesmo foi levado numa feira de ciências na IEF que foi alvo da pesquisa e foi um bom ver que não só os alunos com deficiência puderam usar o dispositivo, como também os alunos videntes, fazendo com que ambos pudessem socializar entre si, trocando experiências pessoais e compartilhar com o conhecimento do conteúdo abordado:



Figura 9: Vista de cima do dispositivo, mostrando a parte que deve ser rabiscada na tela e que deve mostrar a trajetória do pulso luminoso na experiência. **Fonte:** Autor, 2018.

Já nas Figura 10 e Figura 11 apresentamos as especificações técnicas do dispositivo, no caso a Tela Cinética:

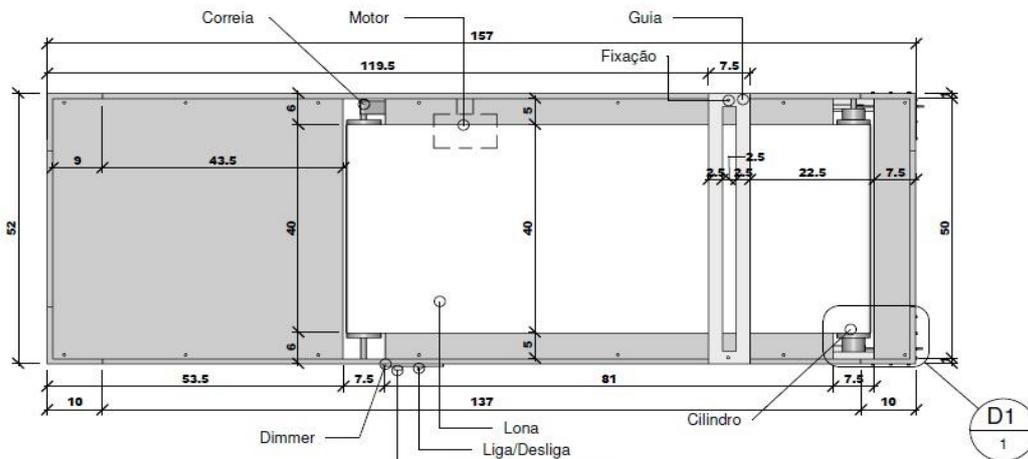


Figura 10: Vista superior da tela, todas as medidas são dadas em cm. **Fonte:** Autor, 2018.

Todos os valores das medidas mostradas nas figuras são dados em centímetros, os itens que fazem parte da construção da TC, assim como suas especificações, serão encontrados no apêndice.

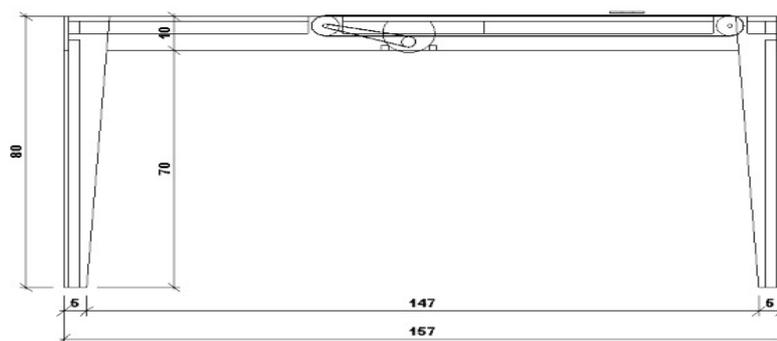


Figura 11: Visão lateral do dispositivo. **Fonte:** Autor, 2018.

5.2 Uso da Tela como metodologia de ensino do conceito de dilatação temporal

Vamos descrever nessa seção como usamos a Tela Cinética para repassar o conceito de dilatação temporal, e mostraremos como o professor pode também usá-la para abordar este assunto e talvez até outros conceitos seguindo uma metodologia ajustada para trabalhar com pessoas com retinose pigmentar. Toda a atividade fora baseada no exemplo que é abordado no livro do Halliday (2009), em que temos como os observadores fictícios João e Maria, a aluna deve fazer o papel destes observadores nas duas situações. Vamos resumir as etapas realizadas no experimento aqui nesta seção, mas mais detalhes e os cálculos realizados são mostrados no apêndice, a seguir:

- Na primeira situação, em que o dispositivo está desligado, ou seja, no momento em que a Tela está desligada, a aluna faz o risco, apoiada no suporte que existe na mesa para esse propósito, o risco deve ser uma linha reta na vertical, simulando a situação do observador Maria no exemplo do livro, que está em repouso dentro da nave, esta circunstância é mostrada na Figura 12;
- Em seguida, com a ajuda de uma fita de TNT, a aluna faz a medição do tamanho dessa linha. A fita de TNT tem cor amarela, facilitando assim a pouca percepção visual que ela tem, e de posse de uma lupa, ou simplesmente buscando se aproximar para perceber o risco na Tela, verificar que o risco fora feito em linha reta. A medição que a aluna fez é algo que o professor pode se ajustar dependendo que pode ser de interesse do professor de abordar e explorar o conhecimento, no nosso caso, exploramos que a

aluna pudesse demonstrar seus conhecimentos acerca de medições e propusemos que ela usasse as medidas da própria mão, assim, estabeleceu-se como unidade de medida o palmo da mão da discente, dando a ela uma



Figura 12: Situação em que a Tela está desligada, simulando a experiência do feixe luminoso dentro da nave ou do trem. **Fonte:** Autor, 2018.

noção do tamanho deste rabisco. Esta situação é verificada na Figura 13;

- Após a aluna fazer a medição, explicamos que esta medida deve ser associada ao tempo, ou seja, ao tempo que o evento dentro da nave deve ter levado para ser acontecer;



Figura 13: Imagem da aluna medindo o tempo para observador dentro da nave. **Fonte:** Autor, 2019.

- No segundo momento, agora com o dispositivo ligado, a aluna deve novamente fazer outro risco, seguindo o mesmo movimento da situação anterior, com a ajuda do suporte da tela, o risco deve agora ser uma linha reta, só que ao longo da diagonal da tela. Nesta circunstância o resultado deve simular a situação verificada pelo observador João, de fora da nave, relacionamos assim a situação em que a tela está em “off” com a situação descrita no exemplo pela observadora Maria, e na situação em “on” pelo observador João, situação mostrada na Figura 14;



Figura 14: A situação mostra o momento em que a Tela está ligada e simula a medida feita pelos observadores que estejam de fora da nave ou do trem. **Fonte:** Autor, 2019.

- Novamente a aluna usa a fita de TNT para fazer as medições, usando o palmo de sua própria mão como unidade de medida. A aluna deve comparar estas medidas e perceber que, tatilmente, os comprimentos são diferentes e esta é uma conclusão qualitativa a respeito do significado da dilatação do tempo. A medição feita pela aluna é mostrada na Figura 15;

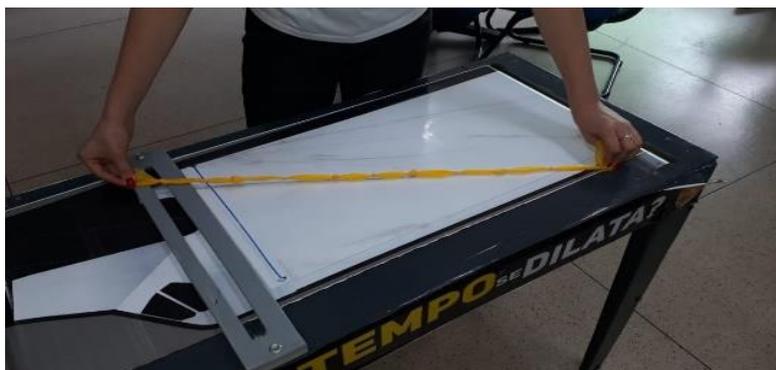


Figura 15: Situação em que a aluna faz as medições na diagonal da Tela, essa situação simula o tempo medido pelo observador de fora da nave que passa com velocidade v . **Fonte:** Autor, 2019.

Este é um experimento lúdico que tem a intenção de provocar no estudante de baixa visão uma compreensão a respeito do conceito de dilatação temporal, de modo que é opcional o uso de cálculos, o professor é claro, pode usar qualquer meio à sua disposição para poder repassar a ideia das medidas, no nosso caso, usamos um pequeno pedaço do Tecido não Tecido (TNT), mas poderia ter sido barbante ou mesmo uma régua, desde que observado o tipo de deficiência do estudante, no caso em específico o uso do TNT amarelo, deve-se ao fato de ficar confortável para a aluna perceber o contraste, quanto facilitou a percepção dos nós no uso do tato, esse material é encontrado sem muita dificuldade em lojas de papelaria. Usou-se o TNT para medir o comprimento do rabisco na Tela, tanto na condição que simulava o repouso quanto na situação de movimento, atribuindo uma regularidade, como por exemplo, marcando “nós” igualmente espaçados por quatro dedos. Atribuindo as medidas à equivalência ou correspondência com o tempo medido por estes observadores João e Maria. Na situação em repouso verifica-se que essa distância corresponderia a um valor de intervalo de tempo que é menor do que a correspondência associada à situação do movimento, pois quando a Tela está em movimento, a ação de rabisco na vertical, resulta uma linha desenhada na diagonal, na sequência usa-se o TNT como medidor deste comprimento, temos que, o resultado é bem maior do que aquele medido na situação de repouso. Fazendo a equivalência destas distâncias com o tempo, verifica-se a compreensão de que o tempo é dilatado por conta do movimento.

Ao final dessas observações são feitas inferências pelo professor para introdução da dedução matemática da dilatação do tempo. No caso da aluna Mayra já foi citado anteriormente sua limitação em deduções, então o objetivo era agregar o conceito de como essa dilatação acontece e quais são os fatores que contribuem para tal dilatação observada, para qual referencial o tempo seria medido de maneira a ser percebida uma dilatação em

relação ao outro. Todos esses conceitos foram agregados e a aluna não só mediu como explicou os fatos desejados.

Segundo Demo (2008, p.19) Metodologia consiste em descrever os métodos e técnicas utilizados na realização da pesquisa apresentando uma preocupação instrumental, que “cuida dos procedimentos, das ferramentas, dos caminhos”. É a parte fundamental para o desenvolvimento de um trabalho científico, pois conforme discorrem Prodanov e Freitas (2013, p. 14) é a aplicação dos procedimentos e técnicas que servem para observar a construção do conhecimento. Quanto a sua utilização eles indagam:

A Metodologia, em um nível aplicado, examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações, visando o encaminhamento e à resolução de problemas e/ou questões de investigação.

Particularmente, para dar a noção um pouco mais precisa da dilatação do tempo, ou seja, para quantificar o que a aluna estava medindo, propusemos uma metodologia adicional, supondo por exemplo que o tempo do evento observado pelo observador em repouso dentro da nave, fosse um valor mínimo de 10 minutos, começamos com esse valor e aumentamos de 10 em 10 min. Substituindo este valor inicial de 10 min na relação definida na eq. (16), e para uma nave que viaje a uma velocidade em torno de 10% da velocidade da luz, ou seja, $v = 0,1c$, obtemos como resultado, um intervalo de tempo aproximadamente de 10 min e 3 s, estes três segundos adicionais ao valor que se pressupõe que o evento deve tomar, foi associado a uma “conta”, uma bolinha de plástico, destas que encontra-se facilmente em lojas de papelaria, mantendo este valor de velocidade, podemos observar que o adicional de tempo é sempre de 3s, de modo que, para 20 min de tempo do evento na nave o acréscimo será de 6s, ou seja, o tempo total para o observador fora da nave será de 20min e 6s, este adicional corresponde a duas “contas”, a medida que aumentamos o tempo, de 10 em 10min, são adicionadas as “contas” como adicional de tempo. Esta lógica nos permitiu criar um quadro que foi chamado de Quadro Relativístico, e que vamos explicar mais adiante nas discussões dos resultados sobre seu funcionamento e como ele pode auxiliar a aluna na compreensão da dilatação do tempo. Esta proposição é claro foi específica para a aluna, devendo portanto, ao professor adequar a situação de seus alunos com deficiente visual, e mesmo o tempo mínimo que não é padrão para suposição de um evento como este, já que estamos tratando do tempo que um feixe de luz leva sair da fonte e ir até um espelho no teto da nave. É razoável que o tempo que este evento dure

não seja mais de um minuto, no entanto, estes acréscimos serão muito pequenos e talvez de difícil correlação. Aqui é oportuno dizer que esta hipótese foi levantada, mas não foi executada, podendo inclusive ser passível de contestação.

6 Capítulo 6

Resultados e discussões

Nesta seção apresentamos os resultados obtidos com nosso dispositivo, a Tela, aplicada para o ensino do conceito de dilatação temporal, da relatividade restrita de Einstein, à uma aluna diagnosticada com retinose pigmentar, doença degenerativa na região da retina. Tanto do ponto de vista qualitativo quanto do quantitativo a aluna correspondeu as nossas expectativas, e acreditamos que a metodologia aplicada possa ser estendida as demais pessoas com Deficiência Visual, no quesito quantificação, ou seja, no intuito de atribuir uma valor para as medições feitas, propusemos mais dois dispositivos auxiliares para o aprendizado do conceito de dilatação temporal, que será comentado a seguir.

6.1 O quadro relativístico (QR)

Como dito no final da seção do capítulo anterior Após entender o processo de dilatação pelo experimento anterior o aluno vai precisar ter uma estimativa da proporção que esse tempo se dilata. Para isso criamos o quadro relativístico, que mesmo não apresentando uma precisão matemática, serviu perfeitamente para a aluna que participou da nossa pesquisa, ter uma noção próxima das proporções em suas devidas velocidades.

A ideia é que, para tempos hipotéticos de duração dos eventos, que ocorrem dentro da nave, com o uso da relação entre os tempos dado pela Eq. (16), possamos associar a diferença de tempos ao número de “contas”, sempre para um valor fixo da velocidade da nave. Inicialmente começamos com uma velocidade para a nave de $v = 0,1c$, e um intervalo de tempo hipotético para o evento dentro da nave de $\Delta t_0 = 10 \text{ min}$, encontramos que o intervalo de tempo que se passa para o observador de fora da nave é de $\Delta t = 10,05 \text{ min}$, esta dízima em minutos, transformamos em segundos, fazendo $0,05 \text{ min} = 0,05 \times 60 \text{ s} = 3,022 \text{ s}$, que aproximamos para $3,0 \text{ s}$ e associamos a este acréscimo uma “conta”, ou seja, cada “conta” deve equivaler a aproximadamente três segundos (3s), se aumentarmos para $\Delta t_0 = 20 \text{ min}$, encontramos que $\Delta t = 20 \text{ min } 6 \text{ s}$, este acréscimo, novamente associamos agora a duas “contas”, fazemos isso para um grupo de seis valores de proposições de tempo, iniciando com 10min até 60min de 10 em 10 min. Repetimos este processo agora para um valor de velocidade diferente da nave,

digamos que $v = 0.2c$, e novamente começamos de 10min o valor mínimo até 60min, também contando de 10 em 10min. Desta vez encontramos o primeiro resultado para esse valor de velocidade que é $\Delta t = 10.20min$ este acréscimo de $0.20min$ equivale a 12s, ou quatro “contas” de três segundos, aumentando os valores de tempo para o mesmo valor de velocidade e chegamos a construção do quadro, como pode ser observado na figura:

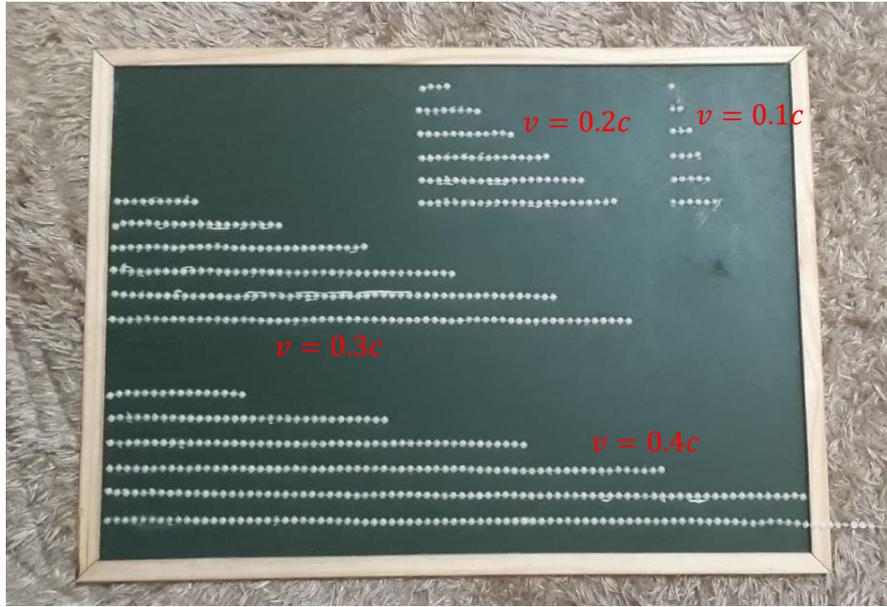


Figura 16: Quadro relativístico, em que cada conta, ou pontinho, no quadro equivale a 3s, assim temos quatro grupos de seis linhas, e cada linha, pelo número de "contas", corresponde ao valor em segundos do que deve ser acrescido ao tempo, que supostamente o evento deve levar. Cada grupo de seis linhas foi feita para um valor de velocidade, são elas: $v=0.1c$, $v=0.2c$, $v=0.3c$ e $v=0.4c$. **Fonte:** Autor, 2019.

Lembrando, o quadro acima só mostra a representação do acréscimo de tempo, em segundos, para o intervalo de tempo total medido pelo observador de fora da nave, de modo que a leitura correta pode ser escrita, em termos práticos, pela seguinte equação:

$$\Delta t = \Delta t_0 + \varepsilon, \quad (17)$$

onde ε é o parâmetro adicional que representa as “contas”, este termo é dado em segundos. Podemos escreve-lo em termos do número de “contas”, sabendo que uma “conta” equivale, no nosso exemplo em questão, a três segundos (3s), como:

$$\varepsilon = (3s) \cdot n, \quad (18)$$

em que n é o número de “contas”. À medida que aumentamos o valor da velocidade, acima de 30% da velocidade da luz, o quadro torna-se obsoleto, e é por isso que construímos a fita relativística, que comentaremos a seguir.

Mayra até conseguiu entender a lógica da tabela e em pouco tempo já localizava os resultados e fazia os cálculos mentalmente. O Interessante que ela também começou a fazer estimativas intermediárias, o que pra toda equipe foi uma grande surpresa.

6.2 A Fita Relativística

Quando temos velocidades maiores o quadro se torna inviável, e seguindo a mesma lógica matemática do quadro fizemos uma fita, marcando as proporções correspondente a 10min, ou seja, para um valor específico de velocidade, acima de 50% da velocidade da luz, iniciando sempre com o tempo mínimo de 10 min, colocamos as “contas” alinhadas num barbante, neste caso são necessários 31 “contas”, ou seja, $n = 31$ na eq. (18), para $\Delta t_0 = 20min$ temos que $n = 62$, este novo número de “contas” é separado do número anterior apenas por uma “conta” de cor diferente e de dimensão (tamanho) diferente, para que seja perceptível pelo tato da aluna, continuamos o processo até 60min e finalizamos com um carretel de “contas”, como se fosse um “rosário” que indica à aluna o tempo que deve ser acrescentado ao tempo inicial, ou tempo medido pelo observador em repouso com o evento dentro da nave. Toda esta etapa é novamente repetida, agora pra outros valores de velocidade da nave até 80% da velocidade da luz.

Todos estes resultados são mostrados na Figura 17 a seguir, sendo que cada rolo de fita corresponde a uma velocidade em específico.

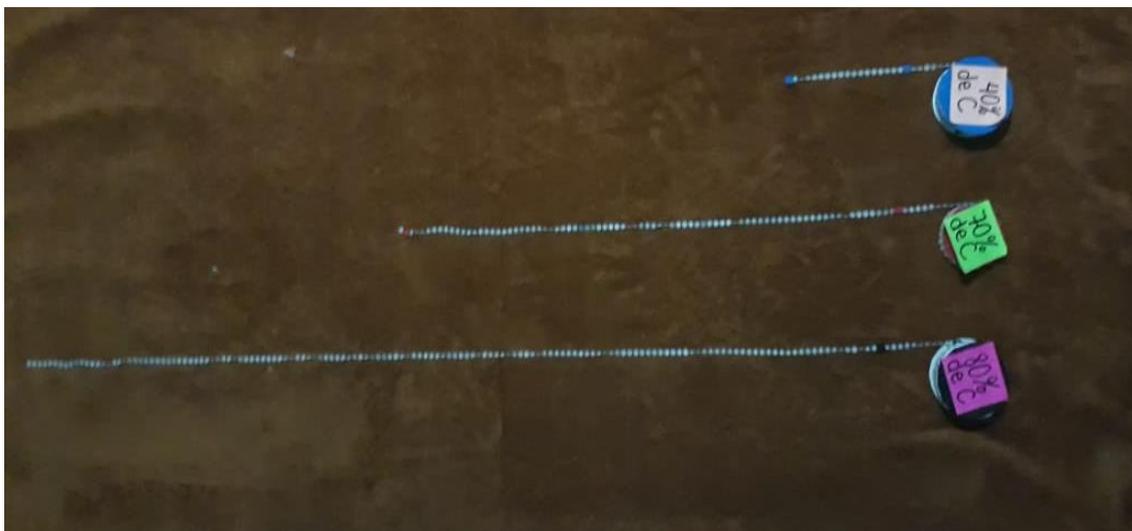


Figura 17: Fitas relativística, cada rolo de fita corresponde a um percentual da velocidade da luz, são este: 40%, 70% e 80%. **Fonte:** Autor, 2019.

6.3 A caixa conceitual

Nesse recurso usamos um vídeo que foi mais ouvido que visto pela aluna, onde foi providenciado um fone com abafador de som externo, para que ela se concentrasse o máximo possível no áudio do vídeo. A princípio pedimos a ela para assistir/ouvir um

vídeo, com linguagem descontraída e jovem, sobre a biografia de Albert Einstein (título na web: “Albert Einstein – Quem foi?”, canal: “Nem eu sabia”, publicado em 7/04/2016.), em seguida lhe seria entregue uma caixa contendo 16 palavras, onde 12 tinham algo haver com Albert Einstein e 4 não tinha. Ao final tabularíamos o resultado, e diríamos apenas quantos acertos. Em duas tentativas Mayra conseguiu os 12 acertos. Na Figura 18 e Figura



Figura 18: Imagem da caixa conceitual. **Fonte:** Autor, 2019.

19 mostramos a atividade que foi realizada com a aluna.

O objetivo desta tarefa verificou o aprendizado da aluna com relação ao tema do experimento, confirmando que alguns dos subsunçores trabalhados durante a atividade experimental com a Tela foram absorvidos por ela.



Figura 19: Imagem das palavras chaves usadas na caixa conceitual. **Fonte:** Autor, 2019.

7 Capítulo 7

Conclusão

A inclusão de fato é um desafio de todos: família, escola e estado. As discursões sobre esse tema, por mais exaustivas que pareçam já apresentam resultados visíveis na sociedade. Leis que asseguram a inserção de pessoas especiais, no mercado de trabalho e no planejamento de praticamente todos os setores sociais. A escola tem um papel importantíssimo nessa missão: proporcionar ao aluno a garantia de ser tratado, respeitando suas particularidades, e buscando meios de agregar conteúdo e valor dentro do processo ensino aprendizagem.

Os profissionais da sala de atendimento especializado são aliados do professor, pois identificam, elaboram e organizam recursos pedagógicos para auxiliar o aluno e o professor. Ensinar Física é um desafio para qualquer público e, dependendo do conteúdo, pode se tornar ainda mais árduo esse desafio. Ensinar requer o exercício do sentimento pelo próximo é que vai muito além de uma ementa.

Na melhor das intenções, as salas de aula e o público atendido nas escolas públicas já não suportam a inércia argumentativa das aulas tradicionais. É necessário romper com alguns paradigmas de modelos obsoletos. Quando o autor conheceu o público de alunos com baixa visão, mais de perto, tivemos a sensação de ver uma ampulheta virada com a areia descendo, a Retinose Pigmentar é uma doença degenerativa, ou seja, a cada dia para o professor é um dia a menos de visão para o aluno.

O público BV correspondem a mais de 6 milhões de pessoas, de acordo com o último censo que foi de 2010, e na maioria das vezes o máximo que se tem feito em sala de aula, foi de aumentar a fonte das letras nas apresentações para facilitar a leitura. Ensinar sobre a dilatação temporal para a aluna Mayra agregou muito conhecimento, a todos os envolvidos, tanto para o autor desta pesquisa, quanto para a aluna, e porque não dizer, também para a equipe que acompanhou Mayra em todas as atividades. Foram produzidos 4 recursos didáticos (a Tela Cinética, o Quadro Relativístico, a Fita Relativística, a Caixa Conceitual) esse conjunto de recursos nos proporcionou a uma sequência bastante proveitosa quanto ao ensino desse conceito acerca da dilatação temporal.

Após o levantamento da bibliografia e do trabalho de campo, este último que levou a IEF em que o produto educacional foi aplicado, podemos compartilhar as experiências de ensino por meio da aplicação do produto educacional. Afirmamos que foi um compartilhamento pois tanto o professor, autor do trabalho, aprendeu, como também pode repassar seus conhecimentos com os alunos. Tivemos que adaptar as atividades constantemente a cada interação com os discentes de baixa visão, pois cada um tem sua peculiaridade, nem sempre o recurso de aumento da fonte é suficiente para que o discente possa compreender o que se pede, por vezes tivemos que mudar as cores de fundo das apresentações, e mesmo mudando as cores de fundo não é qualquer cor de destaque que pode ajudar, algumas vezes mudamos a cor de fundo de preto para cinza. E foi assim que, depois da construção da Tela, precisamos aperfeiçoar o entendimento que o aluno poderia fazer da compreensão qualitativa do conceito de dilatação temporal.

Explicando um pouco melhor o contexto qualitativo, chamamos assim a tarefa que o aluno faz de apenas perceber a diferença entre os comprimentos que se mede entre as duas situações de medições, a medição do comprimento quando o dispositivo está desligado e a medição do comprimento após o dispositivo está ligado e o aluno ter feito o rabisco na Tela, é nítida, por qualquer método que o professor aplique para fazer as medidas (régua diferenciada com fontes aumentadas, fitas, medida do palmo, etc) a diferença entre esses comprimentos, após o professor ter explicado que estes comprimentos estão relacionados as medidas de tempo, com isso o aluno consegue perceber, pelo menos qualitativamente, que o tempo aumentou.

A partir desse entendimento foi necessário criar dispositivos auxiliares, como o Quadro e a Fita relativística, baseados na proposição de valores hipotéticos de intervalos de tempo medidos pelo observador em repouso dentro da nave. Começamos com um valor fixo de 10% da velocidade da luz para a velocidade da nave, para este mesmo valor vamos atribuído valores, de 10 em 10 minutos o tempo hipotético para o evento que se passa dentro da nave, fazendo os cálculos encontra-se que para os primeiros 10 minutos dentro da nave o tempo medido pelo observador de fora é de 10 min acrescido de 3 segundos, esta diferença é associada a uma bolinha que pode ser tateada pela aluna, a medida que aumentamos o tempo percebe-se uma proporção de acréscimo, e com isso uma tabela com o número de bolinhas necessárias é construída. Seguindo este raciocínio construímos grupos de seis linhas para designar os cálculos feito para uma velocidade específica, cada linha responde por um tempo hipotético começando com 10 min e terminando com 60 min, para o próximo grupo aumentamos a velocidade para 20% da

velocidade da luz, e repetimos o processo de seis linhas, fazemos isso até os valores de 40% da velocidade da luz. Conseguimos colocar estas informações num Quadro (lousa) que a aluna pode facilmente passar a mão e deduzir os tempos, portanto esta é uma compreensão quantitativa que a discente pode ter a respeito do conceito de dilatação temporal.

Para valores maiores que 40%, como 50%, 70% e 80% da velocidade da luz as linhas ficam muito extensas e o quadro não é mais necessário na questão de espaço, por essa razão criamos a Fita Relativística e nela seguimos o mesmo raciocínio, porém separando os grupos como carretéis, cada carretel corresponde a um valor de velocidade que a nave possa estar, e as linhas no quadro agora ficam enfileiradas, separadas uma das outras por uma bolinha diferente (em dimensão e cor) para que a aluna possa perceber ao passar as mãos pela fita, e novamente a compreensão quantitativa do experimento é verificada pela aluna.

Estes dispositivos auxiliares foram criados baseados na interação com a aluna em questão, por essa razão a adaptação desta metodologia para demais alunos com baixa visão pode sofrer modificações afim de atender as suas especificidades, pois sabemos que há vários graus de deficiência para a baixa visão. Apresentamos a construção do dispositivo e dos materiais necessários a sua construção como forma de compartilhar com mais professores a nossa proposta de ensino, percebemos também, ao longo da aplicação do dispositivo que outros assuntos podem ser abordados com o uso da Tela, abordar por exemplo, conceitos de cinemática para alunos videntes, trajetórias e referenciais, todos estes conceitos em paralelo, tornam nosso produto educacional capaz de levar outra dinâmica em sala de aula, tanto para alunos com deficiência, quanto para alunos portadores de alguma deficiência visual.

Este trabalho nos permitiu entender um pouco mais do universo das pessoas com deficiência e outras ideias de dispositivos estão em fase de implementação para expandir a compreensão sobre o tema de relatividade, por exemplo, abordar o conceito de contração espacial, este até fizemos alguns avanços, porém não de modo satisfatório para que pudéssemos repassar o conceito pra além da compreensão qualitativa da contração espacial, por essa razão ainda está em fase de estudos, mas pode ser perfeitamente uma questão para trabalhos futuros.

8 Referências Bibliográficas

AUSUBEL, David.; NOVAK, Joseph.D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

ALVES, J. D. N., ALVES, M. B. N., OLIVEIRA, N. de, BICALHO, F. da S. Atividades Experimentais para o Ensino de Hidrostática em duas Escolas Públicas no Município de Capitão Poço, Pará. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014

AMPUDIA, R.O **que é deficiência visual?** São Paulo 2011a. Disponível em:<[HTTP://novaescola.org.br/conteúdo/270/deficiencia-visual-inclusao](http://novaescola.org.br/conteúdo/270/deficiencia-visual-inclusao)>.Acesso em:18/12/2018.

BASSALO, J. M. F. e Cattani, M. S. D. 1997. Pesquisa com Conhecimento de Mecânica Quântica de Graduação. Revista Brasileira de Ensino de Física 19 (1).

CAVALCANTE, M. A., PEÇANHA, R e LEITE, V. F. **Princípios Básicos de imagens ultra-sônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco.** *Física na Escola*, v. 13, n. 1, 2012.

COUTO, F. P. **Atividades Experimentais em Aulas de Física:** Repercussões na Motivação dos Estudantes, na Dialogia e nos Processos de Modelagem. Dissertação de mestrado.

DOMINGUES, Celma dos Anjos. [et.al.]. **A Educação Especial na Perspectiva da Inclusão Escolar: os alunos com deficiência visual: baixa visão e cegueira.** - Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial; [Fortaleza]: Universidade Federal do Ceará, 2010.v. 3. (Coleção A Educação Especial na Perspectiva da Inclusão Escolar). Disponível em: <https://www.portalnepas.org.br/amabc/article/viewFile/300/281> citação do David Tayah.

BICAS, H. E. A. **Acuidade visual:** medidas e notações. Arq. Bras. Oftalmol, v. 65, n. 3, p. 375-384, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-27492002000300019&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 fev. 2019

BRASIL.**Lei nº 9394 de 20 de dezembro de 1996:** Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. DF: Senado, 1996. Disponível em<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 10 jul. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Inclusão. **Revista da Educação Especial.** Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Secretaria de Educação Especial, v. 04. n 05. Brasília: SEESP, 2008.

BRUNO, Marilda Moraes Garcia. **Deficiência Visual – Reflexão sobre a Prática Pedagógica.** São Paulo. Laramara, 1997.

CESTARI, Alexandre Tagliari et al. **Retinose pigmentada unilateral secundária a trauma: relato de caso Unilateral retinitis pigmentosa secondary to eye injury: case report.** Relato de Caso | Case Report. *Arq Bras Oftalmol.* 2012;75(3):210-2. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abo/v75n3/13.pdf>. Acessado em: 29.marc 2019.

DEMO, Pedro. **Metodologia do conhecimento científico.** São Paulo: Atlas, 2008.

DOMINGUES, Celma dos Anjos. **A Educação Especial na Perspectiva da Inclusão Escolar : os alunos com deficiência visual: baixa visão e cegueira / Celma dos Anjos Domingues ... [et.al.].** - Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial ; [Fortaleza] : Universidade Federal do Ceará, 2010. v. 3. (Coleção A Educação Especial na Perspectiva da Inclusão Escolar)

FUNDAÇÃO DORINA NOWILL. **Deficiência Visual.** São Paulo, [s.d.]. Disponível em: <http://www.fundacaodorina.org.br/deficiente-visual/>. Acesso em: 18 dez. 2018.

FILGUEIRAS, Lucia Maria; PEREIRA, Luzia Helena Lopes; MELCA, Fatima Maria Azeredo. **Processo ensino-aprendizagem dos alunos com necessidades especiais: o aluno com deficiência visual.** Rio de Janeiro: UNIRIO, 2008.

GOMES, J. C. e CASTILHO, W. S. **Uma Visão de Como a Física é Ensinada na Escola Brasileira, e a Experimentação como Estratégia para Mudar essa Realidade.** Anais Eletrônicos - 1ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão do Ifto. 2010.

HALLIDAY, David, **Fundamentos de Física**, volume 4: óptica e física moderna/ Halliday, Resnick, Jearl Walker; tradução e revisão técnica Ronaldo Sergio de Biasi – Rio de Janeiro: LTC, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL. **Manual Técnico de Procedimentos de Avaliação Médica Pericial das Funções da Visão. DIRSAT**, 2914. Disponível em: [file:///C:/Users/Iva/Downloads/Conceitos%20INSS%20sobre%20deficiencia%20visual%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Iva/Downloads/Conceitos%20INSS%20sobre%20deficiencia%20visual%20(1).pdf). Acesso em março de 2019.

IBGE, "Censo demográfico 2010 características gerais da população, religião e pessoas com deficiência," **Censo Demográfico**, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=794&view=detalhes>. Acesso em: 21 mar 2019.

MESSIAS, André; JORGE, Rodrigo and CRUZ, Antonio Augusto Velasco e. **Tabelas para medir acuidade visual com escala logarítmica: porque usar e como construir.** *Arq. Bras. Oftalmol.* 2010, vol.73, n.1, pp.96-100. ISSN 0004-2749. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-27492010000100019&sCript=sci_abstract&tlng=pt Acessado em 21.03.2019

Organização Mundial de Saúde. **CID-10, tradução do Centro Colaborador da OMS para a Classificação de Doenças em Português.** 9 ed. Rev - São Paulo: EDUSP, 2003. Disponível http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000076&pid=S1415-790X200500020001100002&lng=en. Acessado em 21.03.2019

LEMOS, Édson Ribeiro. **Deficiência visual**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, Departamento de Documentação e Divulgação, 1978. p. 27

Manual de Orientação: Programa de Implantação de Sala de Recursos Multifuncionais. Ministério da Educação/MEC, Secretaria de Educação Especial/SEESP, 2010. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=9936-manual-orientacao-programa-implantacao-salas-recursos-ultifuncionais&Itemid=30192. Acesso em março de 2019.

LIMA, E. A. GAIO, D. C. **FÍSICA:** a importância da experimentação associada ao lúdico. Cuiabá, 2009.

MARQUES, E. C. **As Dificuldades Na Aprendizagem Da Física No Primeiro Ano Do Ensino Médio Da Escola Estadual De Ensino Fundamental E Médio Osvaldo Cruz.** Disponível em: < <Http://Monografias.Brasilecola.Com/Fisica/As-Dificuldades-Na-Aprendizagem-Fisica-No-Primeiro-Ano-Ensino-Medio.Htm>>. Acesso em 18/12/2018.

MASINI, Elcie F. Salzano. **As Especificidades do Perceber:** diretrizes para o educador de pessoas com deficiência visual. In: _____. **A Pessoa com deficiência visual:** um livro para educadores. São Paulo: Vetor, 2007. p 19 - 34. SÃO PAULO (Estado).

MEC/SEESP, **Saberes e Práticas da Inclusão: desenvolvendo competências para o atendimento às necessidades educacionais especiais de alunos cegos e de alunos com baixa visão**, 2ª Ed., Brasília, 2006.

Secretaria da Educação - Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. **O deficiente visual na classe comum**. São Paulo: SE/CENP, 1993. 102 p.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Porto Alegre, 1997 Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acessado em 5 set. 2016.

PRODANOV, Cleber; FREITAS, Ernani. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMPAZZO, Lino. **Metodologia científica para alunos de graduação e pósgraduação**. São Paulo. Edições Layola, 2005.

ROMAGNOLLI, Gloria Suely Eastwood. **INCLUSÃO DO ALUNO COM BAIXA VISÃO NA REDE PÚBLICA DE ENSINO:** procedimentos dos professores. Professora de Educação Especial - Área Visual, 2012. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1109-4.pdf>. Acesso em março de 2019.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. **Ensino de Física:** objetivos e imposições no ensino Médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 4 N° 1, 2005.

SÉRÉ, Marie-Geneviève, COELHO, Suzana Maria e NUNES, António Dias. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. *Cad.Bras.Ens.Fís.*, v.20, n.1: 30-42, abr. 2003.

SORANZ, José Francisco et al. Retinose pigmentar: relato de caso. Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba, [S.l.], p. 22, out. 2016. ISSN 1984-4840. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/RFCMS/article/view/29701>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

SÁ, Marcos Ribeiro Rabelo De. **Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1o ano do ensino médio: uma proposta de inserção**. 2015, 31 f, Dissertação (Mestrado em Física), Faculdade de Ciências, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/19644/1/2015_MarcosRibeiroRabelodeS%C3%A11.pdf>. Acesso em: 21 mar 2019.

SOTELO, D. G. et al. **Práticas Experimentais de Física no Contexto do Ensino pela Pesquisa: uma Reflexão**. *Experiências em Ensino de Ciências – V5(3)*, pp. 29-38, 2010. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID388/v12_n5_a2017.pdf. Acesso em: 21 mar 2019.

SORANZ, José Francisco et al. Retinose pigmentar: relato de caso. Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba. v. 18, Supl., out. 2016. 33º Congresso da SUMEP.

STURMAN, A. (1988) Case study methods. In Keeves, J.P. (Ed). **Educational research, methodology, and measurement**. *An international handbook*. Oxford, Pergamon Press. p. 61-66. Disponível em: <http://tocs.ub.uni-mainz.de/pdfs/052748928.pdf> Acesso em: 21 mar 2019.

TAYAH, David. ANGELUCCI, Rodrigo I. SAMPAIO, Paulo, REHDER, José Ricardo Carvalho de Lima. **Retinose pigmentar etinose pigmentar etinose pigmentar**. Artigo de revista. Arq. Med. ABC v. 29 no 2 Jul/Dez 2004. Disponível em: <https://www.portalnepas.org.br/amabc/article/viewFile/300/281> Acesso em: 21 mar 2019.

TERRAZZAN, Eduardo A. **A inserção da Física moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/7392/6785> Acesso em: 21 mar 2019.

9 Apêndice A: Demonstração das transformações de Lorentz

A seguir faremos a demonstração das transformações de Lorentz que podem ser conferidas no livro do Moysés (ver Nussenzveig, 1998), de onde partimos do exemplo dado no livro e que é mostrado na figura abaixo:

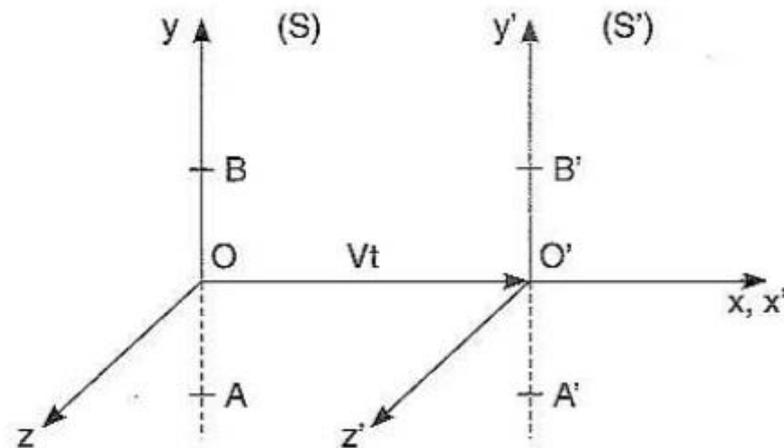


Figura 20: Referenciais S e S'. Fonte: Nussenzveig, 1998. pag 186.

A transformação

$$(x, y, z, t) \rightarrow (x', y', z', t')$$

Deve satisfazer as seguintes condições:

1. Um movimento retilíneo uniforme em S também deve ser uniforme em S'.
2. As origens devem ser coincidentes se $V = 0$.
3. Se um sinal luminoso é enviado de $O \equiv O'$ em $t = t' = 0$, a sua frente de onda deve se propagar com velocidade c em ambos os referenciais de modo que:

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0 \Leftrightarrow (x')^2 + (y')^2 + (z')^2 + c^2 (t')^2 = 0$$

Como a origem O' em $(x' = 0)$ de S' deve ter a coordenada $x = Vt$ em S , deve ser:

$$x' = A(x - Vt)$$

Por outro lado, a transformação de t' deve ser linear:

$$t' = Bt + Cx$$

Que substituindo nas condições (iii) podemos ter:

$$(x')^2 + (y')^2 + (z')^2 + c^2 (t')^2 = A^2(x - Vt)^2 + y^2 + z^2 - c^2 (Bt + Cx)^2$$

que organizando

$$\begin{aligned}
& x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 \\
& = (A^2 - c^2 C^2 - 1)x^2 - 2(A^2 V + c^2 BC)xt + (A^2 V^2 - c^2 B^2 + c^2)t^2
\end{aligned}$$

Para quais quer x e t . E isso só é possível se os coeficientes forem identicamente nulos, então:

$$A^2 V + c^2 BC = 0$$

$$A^2 - c^2 C^2 = 1$$

$$B^2 - \frac{V^2}{c^2} A^2 = 1$$

Da qual ao resolvermos as equações encontramos da primeira equação:

$$A^2 = -\frac{c^2}{V} BC$$

Enquanto das duas últimas do sistema tem-se:

$$B = -\frac{c^2}{V} C$$

Finalizamos que estas duas equações combinadas resultam em $A^2 = B^2$, temos que

$$A^2 \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) = 1$$

Segue a introdução da notação $\beta = V/c$ e $\gamma = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$, e seguindo a condição (ii) temos que as constantes A, B e C são na verdade:

$$A = B = \gamma$$

$$C = -\frac{V}{c^2} \gamma$$

O que faz com que a transformação entre as coordenadas seja dada pelas seguintes equações, conhecidas como equações de transformação de Lorentz:

$$x' = \gamma(x - Vt)$$

$$t' = \gamma \left(t - \frac{V}{c^2} x \right)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

10 Apêndice B: GUIA DA ATIVIDADE COM A TELA

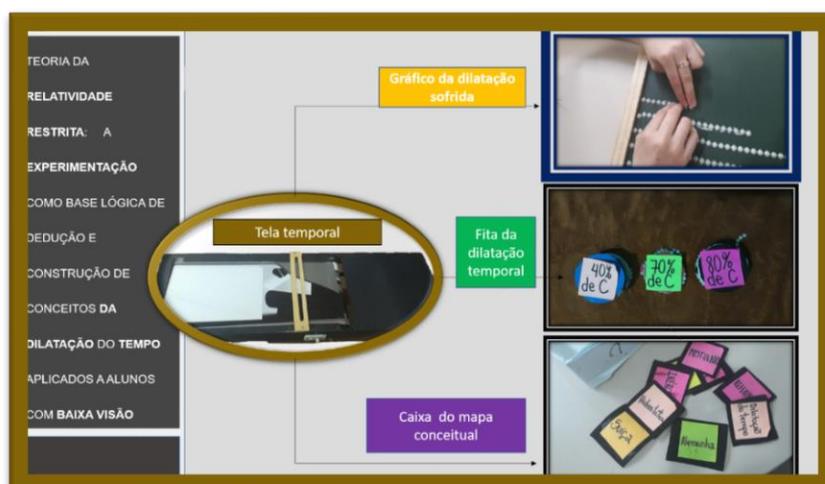


Figura 21: Logo do produto educacional da Tela Cinética. Fonte: Autor, 2019.

A dilatação temporal é uma das consequências das transformações de Lorentz na Teoria da Relatividade de Einstein, este ano a teoria completa 100 de sua comprovação, a cidade de Sobral no Ceará foi palco da visita de dois europeus, Charles Davisson e Andrew Crommelin, que tiraram as fotos que mudaram o mundo e fizeram história, as fotos do eclipse que viriam a corroborar a Teoria de Albert Einstein (Camilla Costa, BBC, 2019). A dilatação é demonstrada se supusermos que dois eventos sejam realizados no mesmo local, mas medidos por observadores diferentes, nos apropriamos do exemplo que é descrito no livro do Halliday (Halliday, 2009), em que o observador Maria faz a medida do tempo que um feixe de luz leva para ir do solo da nave até o teto e retornar, e este exemplo é ilustrado no dispositivo educacional que visa ensinar o conceito a alunos com deficiência visual, a Figura 22 e Figura 22 mostram a ilustração que deve ficar diante do aluno sobre a Tela. A seguir descrevemos cada etapa do processo que deve ser realizado com a aluna, separando em **Situação 1** e **Situação 2**:

Situação 1

1. Imagine que você se encontra no interior de uma nave espacial com velocidade constante v em relação ao solo.
2. Você está em repouso em relação à nave espacial e observa um feixe de luz sendo emitido do chão.
3. O raio sobe e reflete em um espelho que estava posicionado verticalmente acima da fonte emissora do raio.

4. Para fechar as condições desse caso vamos chamar o referencial em que esse evento acontece de S' conforme mostra a Figura 22.

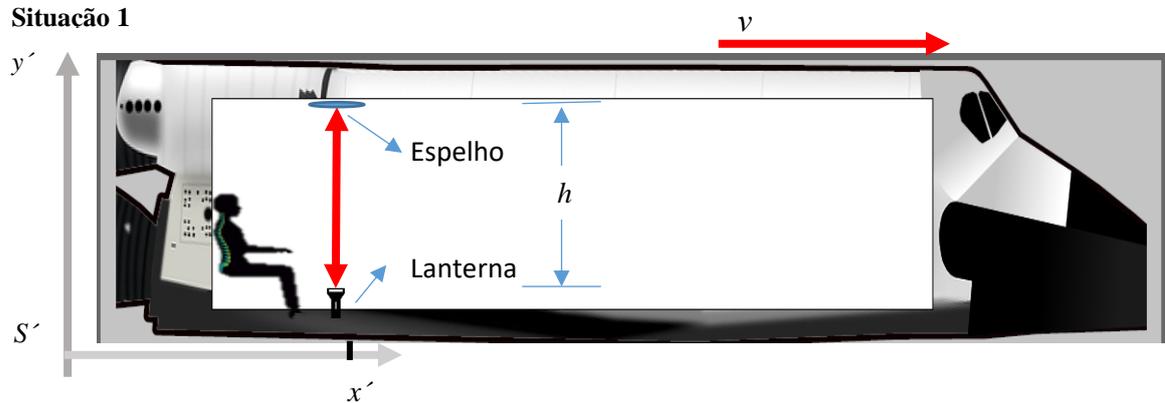


Figura 22: Situação 1: Ilustração do evento que se passa na nave com o observador dentro fazendo as medidas do tempo do feixe de luz. **Fonte:** Autor, 2019.

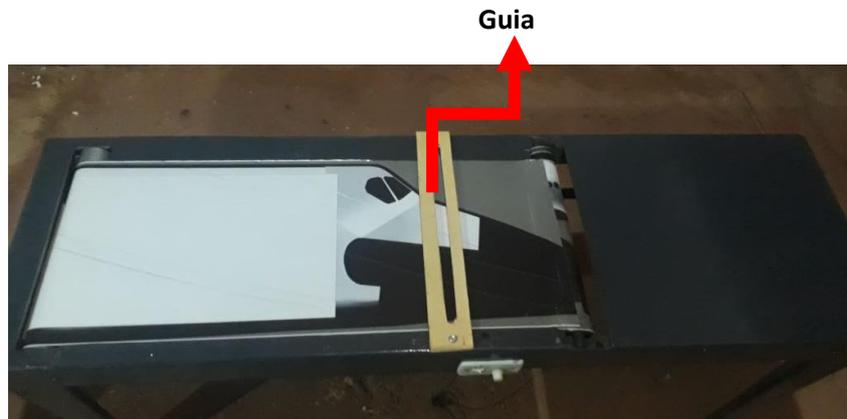


Figura 23: Imagem da Situação 1 que deve ser realizada pela aluna, mostrando a figura da nave e o suporte usado como guia para que a aluna faça a rabisco que representa o feixe luminoso. **Fonte:** Autor, 2018.

A trajetória vista pelo observador em S' , de um raio de luz que parte da lanterna fixada no solo na nave espacial e atinge um espelho preso ao teto desta nave, é uma trajetória em linha reta, a medida de tempo feita por esse observador é Δt_0 . Na **situação 2**; se o mesmo evento visto por uma observador de fora nave, posicionado de maneira paralela conforme mostra a Figura 24:

Na situação 1, o observador calcula o tempo que o feixe leva para subir e voltar ao solo, obtendo assim o seguinte resultado:

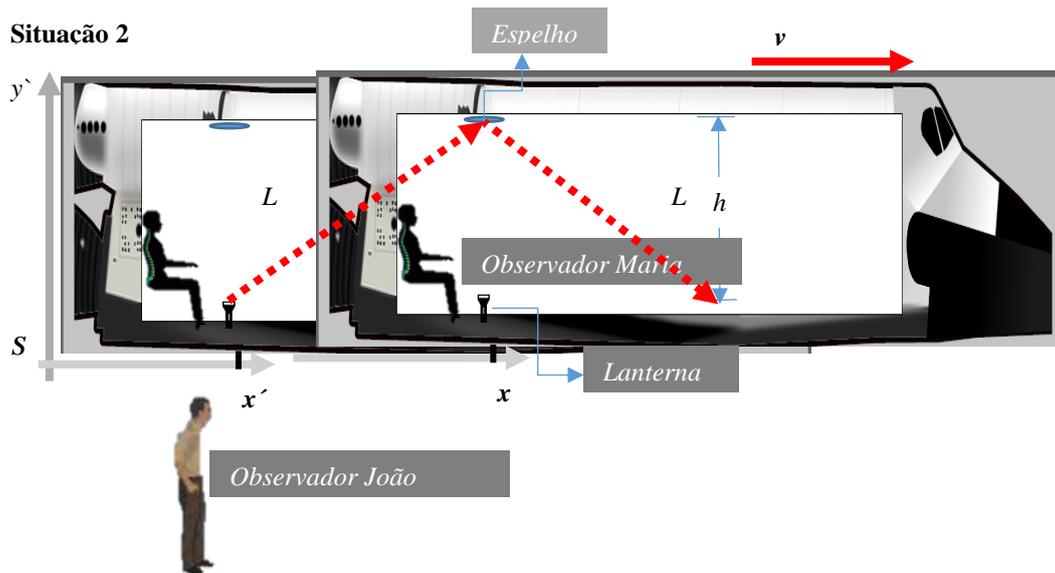


Figura 24: Situação 2: em que mostra o observador de fora da nave fazendo as medidas do tempo que o evento leva pra ocorrer. **Fonte:** Autor, 2019.

$$\Delta t_o = \frac{2h}{c} \quad (\text{Maria})$$

Equação 10-1

Agora este mesmo evento é medido pelo observador S, que está de fora da nave, no nosso exemplo este observador é o João. João verifica que este evento se dá em dois pontos diferentes do espaço, distantes entre si de $2L$, como podemos ver na figura, para tanto João precisa de dois relógios sincronizados para encontrar o intervalo de tempo que este evento deve durar, sabendo que a velocidade da Luz é a mesma para ambos os referenciais, ele encontra que o tempo deve ser:

$$\Delta t = \frac{2L}{c} \quad (\text{João})$$

Equação 10-2

O comprimento L é determinado na figura usando o teorema de Pitágoras, como o professor pode verificar na figura abaixo:

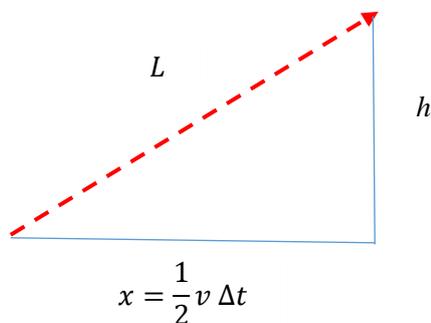


Figura 25: Esquematização da trajetória do feixe para o cálculo do tempo no observador de fora da nave. **Fonte:** Autor, 2019.

$$L = \sqrt{\left(\frac{1}{2}v\Delta t\right)^2 + h^2}$$

Equação 10-3

Combinando a (Equação 10-1), (Equação 10-2) e (Equação 10-3) obtemos como resultado a relação entre os tempos dados nos dois referenciais:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Equação 10-4

A atividade com o aluno deve ser o tempo todo acompanhada, solicitando a ele/ela que execute a seguinte atividade estando o dispositivo desligado, representando assim a situação 1:

5. Peça para o aluno repetir exaustivamente o movimento descrito abaixo.

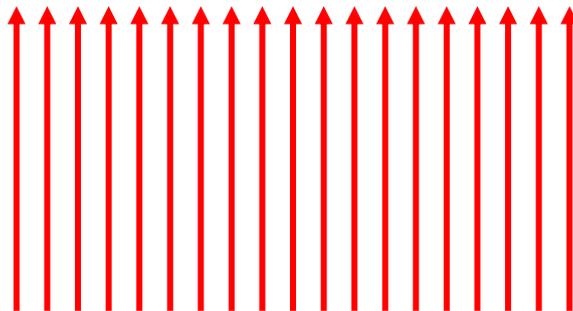


Figura 27: Várias retas: modelo a ser reproduzido pelo aluno. **Fonte:** Autor, 2109

6. A seguir a aluna ou aluno deve fazer as medidas com os instrumentos indicados pelo professor, como mostra a figura abaixo:



Figura 26: Imagem da aluna fazendo as medidas. **Fonte:** Autor, 2019.

7. A atividade realizada pelo aluno deve ser o mais uniforme possível, assim garantindo que as linhas obtidas possam ser o suficientemente visível e o mais retas possíveis.

No caso da aluna Mayra foi usado um TNT, marcado com os nós distanciados um do outro de maneira igual (essa distância correspondia a um palmo da própria aluna).



Figura 28: - Imagem de um palmo da aluna: unidade utilizada para fazer medidas nos sistemas S e S'. **Fonte:** Autor, 2019.

Situação 2

1. Oriente ao aluno que o sistema será ligado (acionando o dimmer gire-o até velocidade limite da lona) e que o atrito da lona na mesa fará um pequeno barulho. Espere o aluno se habituar ao barulho e logo em seguida dê continuidade à segunda etapa da experiência. Observe a Figura 29.



Figura 29: A situação mostra o momento em que a Tela está ligada e simula a medida feita pelos observadores que estejam de fora da nave ou do trem. **Fonte:** Autor, 2019.

2. O aluno fará o mesmo movimento (apenas 1 vez), sugerido na primeira situação, mantendo firme o movimento dos braços no momento de fazer o rabisco na Tela, porém dessa vez o sistema estará ligado, ou seja, a lona estará em movimento e a figura formada será a mesma que, um observador estando do lado de fora da nave verificaria, para um evento da situação 1.
3. O professor deve enfatizar para o aluno que mesmo fazendo medidas de distância na tela o que deve ser absorvido é a compreensão do tempo que os observadores, de dentro e fora da nave, devem medir, comparar ambos os comprimentos e deduzir, qualitativa e quantitativamente, a dilatação temporal que é verificada na teoria da relatividade.
4. O desfecho desse experimento é a comparação dos comprimentos de ambas as situações como mostra a figura a seguir.

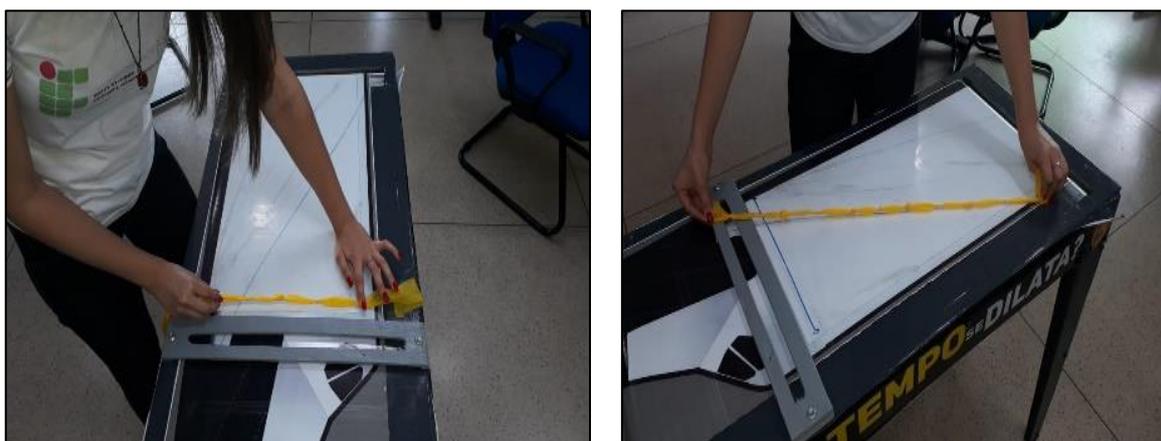


Figura 30: Momento de comparação das medidas feitas pela aluna. **Fonte:** Autor, 2019.

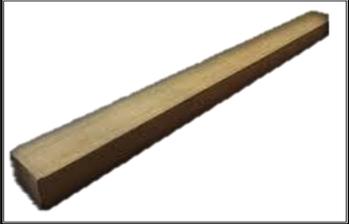
5. É importante que o professor verifique, e esta etapa é livre para o docente poder proceder, usando a metodologia mais adequada ao que se quer enfatizar, mas se agregou ou não novos conceitos quanto ao efeito relativístico da dilatação temporal.
6. Pontuar sobre a questão do referencial na mudança que é feita entre as duas situações.

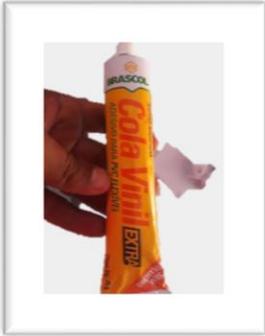
11 Apêndice C

MATERIAL USADO NA CONSTRUÇÃO DA TELA

A seguir mostraremos cada um dos itens que foram usados para a construção da Tela Cinética:

Tabela 6 Materias usados na construção da Tela. Fonte: Autor.

	01 de folha (chapa) de compensado 5 mm de qualquer cor – 1,60 x 2,20.
	04 pedaços de madeira 2,5 cm x 2,5 cm x 73cm
	Cano pvc 2 polegadas.(corte dois pedaços de 44 cm).
	04 pedaços de madeira 2,5 cm x 6,0 cm, sendo 2 pedaços (2,5 cm x 6,0 cm x 156 cm) + 2 pedaços (2,5 cm x 6,0 cm x 45cm).

	<p>6 pregos 17x21</p>
	<p>45 Parafuso sextavado auto-brocante. Para fixar a parte de compensado da mesa.</p>
	<p>4 Rolamento blindado 6005z</p>
	<p>Cola Desiva para pvc flexível</p>
	<p>24 Parafuso parafuso bicromatizado para fixa o a prancha de compensado.</p>
	<p>02 Pedacos (49,4cm de comprimento cada um) cm tubo redondo metalon 1 polegada, chapa 14. Para fixar o rolamento que receberá o cano de pvc.</p>

	<p>Lona branca/impressão/toldo :216 cm x 43cm.</p>
	<p>Motor de tanquinho sugar 10kg</p>
	<p>Correia do motor do tanquinho</p>
	<p>2m cabo flex pp 4mm</p>
	<p>01.Dimmer Controle Velocidade Exaustor Ventilador Cv 01 Branco</p>
	<p>01.Plugue Macho 2P+T 10A 1729</p>

 A roll of black electrical tape, likely 3M brand, is shown against a white background. The roll is cylindrical and has a gold-colored label on its side with the 3M logo and some text.	<p>Fita Isolante 3M</p>
---	-------------------------

12 Apêndice D

AUXILIARES EDUCACIONAIS DA TELA

Um recurso muito interessante que foi usado para que a aluna pudesse ter uma ideia mais numérica da dilatação temporal foi construir o que chamamos de Quadro Relativístico e Fita Relativística. A ideia é muito simples, para um tempo hipotético que foi estimando para a duração do evento dentro da nave, calculamos com o usa equação que relaciona os tempos entre os observadores e deduzimos uma regra prática para a aluna.

12.1 Quadro Relativístico (QR)

Como foi afirmado no início do trabalho, a aluna Mayra tem muita dificuldade com deduções e até nas mesmas substituições de valores em equações. Este recurso foi uma maneira simples de mensurar a dilatação do tempo, fazendo com que a aluna usando apenas o conhecimento de proporções pudesse chegar a valores muito próximos dos valores reais. Para facilitar a resposta desse questionamento criamos dispusemos os dados em uma tabela, o mesmo fizemos para a fita relativística.

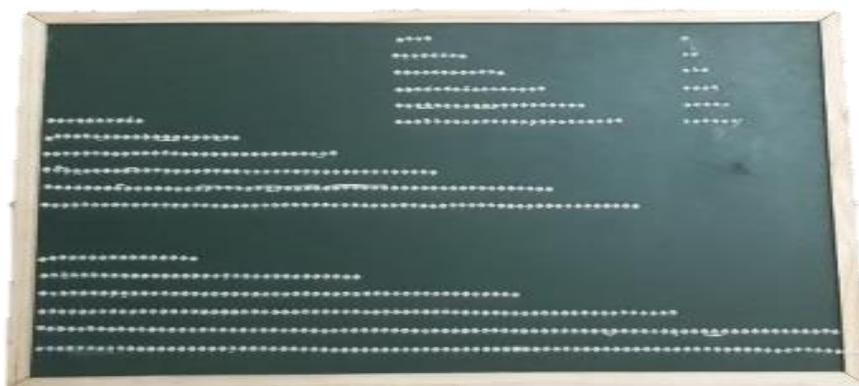


Figura 31: O Quadro relativístico. Fonte: Autor, 2019.

Começamos, passo a passo, para obter os valores de cada tempo, dada a equação $\Delta t = \Delta t_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, fixamos um valor de v , para percentuais fixos em relação a velocidade da luz que é uma constante, cujo valor aproximado é $c = 300 \text{ mil km/s}$. Os tempos hipotéticos medidos pelo observador de dentro da nave, Δt_0 :

7. 10 minutos

8. 20 minutos
9. 30 minutos
10. 40 minutos
11. 50 minutos
12. 60 minutos

Após o cálculo subtraímos $\Delta t - \Delta t_0 = \varepsilon$, onde ε é a diferença dos tempos medidos em cada sistema referencial, tal diferença, para o primeiro instante hipotético, em minutos é $0,05min = 0,05 \times 60s = 3,022s$, que aproximamos para $3,0s$ e associamos a este acréscimo uma “conta”, ou seja, cada “conta” deve equivaler a aproximadamente três segundos (3s). A medida que aumentamos o intervalo hipotético do tempo para o evento que ocorre dentro da nave, vamos obtendo valores múltiplos desta quantidade de três segundos, assim podemos generalizar facilmente essa diferença para $\varepsilon = n.p$, onde n é o número de “contas” e $p = 3s$. Primeiramente fazemos:

1. Para um referencial que se move a 10% da velocidade da luz, ou seja, $v = 0.1c$, temos a seguinte tabela:

Tabela 7: Relação entre os tempos e o número de "contas" para velocidade da nave de $v = 0.1c$.

Δt_0	$\Delta t - \Delta t_0 = \varepsilon *$ *tempo medido em segundos	$\varepsilon = n.p$
10 minutos	3 segundos	P
20 minutos	6 segundos	2p
30 minutos	9 segundos	3p
40 minutos	12 segundos	4p
50 minutos	15 segundos	5p
60 minutos	18 segundos	6p

2. Para um referencial se movimentando a 20% da velocidade da luz, ou seja, $v = 0.2c$, temos a seguinte tabela:

Tabela 8: Relação entre os tempos e o número de "contas" para velocidade da nave de $v = 0.2c$.

Δt_0	$\Delta t - \Delta t_0 = \varepsilon *$ *tempo medido em segundos	$\varepsilon = n.p$
10 minutos	12 segundos	4p
20 minutos	24 segundos	8p
30 minutos	36 segundos	12p
40 minutos	48 segundos	16p
50 minutos	60 segundos	20p
60 minutos	72 segundos	24p

3. Para um referencial se movimentando a 30% da velocidade da luz, ou seja, $v = 0.3c$, temos a seguinte tabela:

Tabela 9: Relação entre os tempos e o número de "contas" para velocidade da nave de $v = 0.3c$.

Δt_0	$\Delta t - \Delta t_0 = \varepsilon *$ *tempo medido em segundos	$\varepsilon = n.p$
10 minutos	12 segundos	10p
20 minutos	24 segundos	20p
30 minutos	36 segundos	30p
40 minutos	48 segundos	40p
50 minutos	60 segundos	50p
60 minutos	72 segundos	60p

4. Para um referencial se movimentando a 40% da velocidade da luz, ou seja, $v = 0.4c$, temos a seguinte tabela.

Tabela 10: Relação entre os tempos e o número de "contas" para velocidade da nave de $v = 0.4c$.

Δt_0	$\Delta t - \Delta t_0 = \varepsilon *$ *tempo medido em segundos	$\varepsilon = n.p$
10 minutos	47 segundos	16p
20 minutos	94 segundos	32p
30 minutos	141 segundos	48p
40 minutos	188 segundos	64p
50 minutos	235 segundos	80p
60 minutos	282 segundos	96p

A figura a seguir mostra os resultados da tabela para o primeiro momento em que a velocidade era de apenas 10% da velocidade da luz.

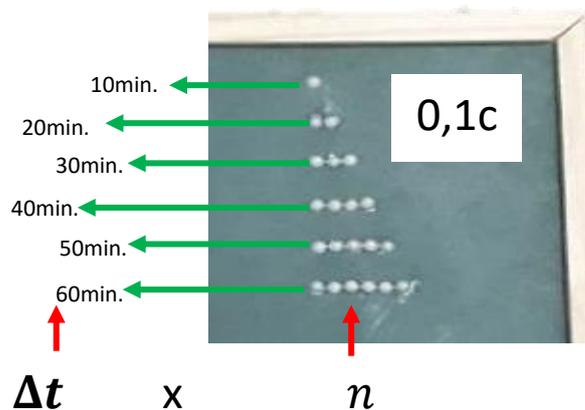


Figura 32: Gráfico do tempo medido pelo referencial em repouso quando em relação ao tempo medido para alguém que se encontra a 10% da velocidade da luz. **Fonte:** Autor, 2019

Ao manusear com o aluno o professor deve seguir estes passos a seguir para fazer a leitura do Quadro.

5. Identifique em qual das velocidades a nave se encontra.
6. Explique que cada perola corresponde a 3s.
7. As linhas contando de cima para baixo correspondem aos respectivos tempos 10 min, 20min, 30min, 40min , 50min e 60min.

8. Primeiro passo identificar o número de “contas” que se encontram logo na primeira linha de cada gráfico, para se ter uma ideia de quantos segundos serão acrescentados ao valor do tempo medido pelo observador de fora da nave, ou seja, para se obter o intervalado de tempo Δt .

9. Segundo passo ir mentalmente supondo os valores e fazendo a verificação deles em cada uma das linhas subsequentes. A figura a seguir mostra a aluna fazendo a leitura no Quadro, linha a linha.



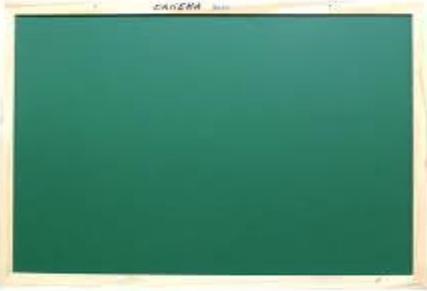
Figura 33: A aluna de baixa visão manuseando a o quadro tátil relativístico. **Fonte:** Autor, 2019

Depois de alguns exemplos a aluna já se localizava, com precisão, no Quadro e dava respostas rápidas, além de fazer muitas observações quanto as proporções das dilatações bem como as variáveis que influenciavam.

12.2 Material usado na construção do quadro.

A seguir mostramos os materiais usados na construção do Quadro Relativístico:

Tabela 11: Materiais usados na construção do Quadro Relativístico. Fonte: Autor.

	<p>Manta de perola champagne</p>
	<p>Quadro verde escolar 80cm x 60cm</p>
	<p>Cola instantânea multiuso</p>

12.3 Fita Relativística (FR)

A fita relativística foi feita obedecendo ao mesmo padrão de proporção para “p = 3 s, e foi complementar ao Quadro Relativístico para valores de velocidade da nave maiores que 40% da velocidade da luz, a seguir apresentamos os valores de $0,7c$ e $0,8c$ conforme as tabelas abaixo.

1. Para um referencial se movimentando a 70% da velocidade da luz temos.

Tabela 12: Relação entre os tempos e o número de "contas" para velocidade da nave de $v = 0.7c$.

Δt_0	$\Delta t - \Delta t_0 = \varepsilon *$ *tempo medido em segundos	$\varepsilon = n.p$
10 minutos	4 min = 240 s	80p
20 minutos	8 min = 480 s	160p
30 minutos	12 min = 720 s	240p

40 minutos	16 min = 960s	320p
50 minutos	20min = 1200s	400p
60 minutos	24 min = 1440 s	480p

2. Para um referencial se movimentando a 80% da velocidade da luz temos.

Δt_0	$\Delta t - \Delta t_0 = \varepsilon *$ *tempo medido em segundos	$\varepsilon = n.p$
10 minutos	400 segundos	133p
20 minutos	800 segundos	266p
30 minutos	1200 segundos	399p
40 minutos	1600 segundos	532p
50 minutos	2000 segundos	665p
60 minutos	2400 segundos	798p

Quanto ao uso da fita, descrevemos os seguintes passos:

1. Enfileiramos as “contas” para os respectivos tempos de 10 em 10 minutos, separados entre si por uma “conta” que esteja pintada ou tenha um tamanho diferente (lembrando que cada perola corresponde a 3 segundos).
2. Desta forma são construídos carretéis de “contas”, cada um para um valor específico de velocidade, como mostramos na figura a seguir:

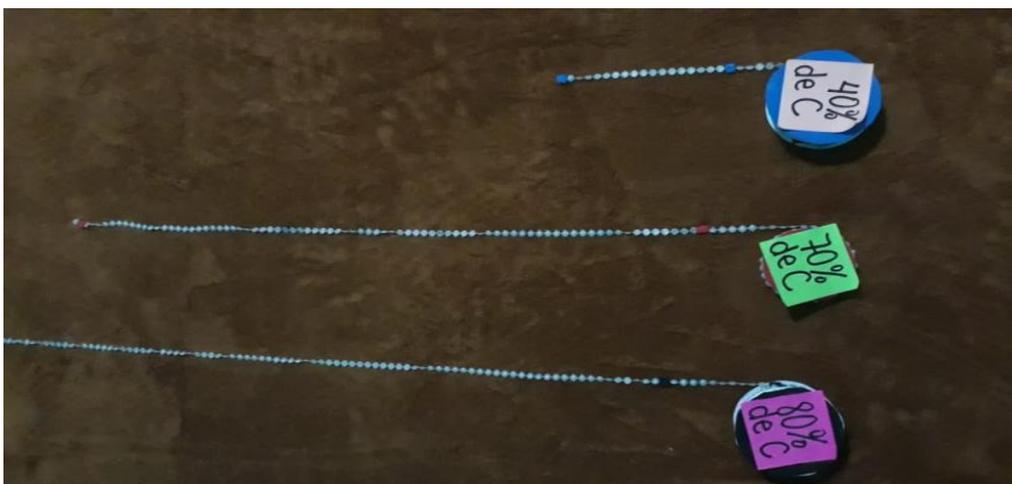


Figura 34: Imagens de três fitas relativística, de 40% de c, 70% de c e 80% de c. **Fonte:** Autor, 2019.

12.4 Material usado na construção da FR

A seguir mostramos em uma tabela cada um dos materiais usados para construção da Fita, estes não são muito diferentes do material usado na construção do Quadro.

Tabela 13 Material usado para construção da Fita. Fonte: Autor.

	Manta de perola champagne
	Cola instantânea multiuso
	Tesoura usada para recortar a manta perolada
	Carretel vazio para enrolar a fita perolada.

	<p>Eva para colar as pérolas da fita</p>
---	--

12.5 Caixa Conceitual

Usado para inferir os mapas conceituais a cada recurso aplicado.

1. Pega uma caixa e coloca nela 32 palavras (16 palavras tendo algo haver com o tema e 16 palavras fora do contexto aparentemente).
2. Peça para o aluno tirar uma por vez inferido um comentário sobre qual relação àquela palavra tem com assunto.
3. Em seguida são gravados os acertos e tabuladas anotados os erros para serem inferidos após cada aplicação de produto.

12.6 Material na construção da Caixa Conceitual

A caixa conceitual foi um recurso muito útil para verificação acerca dos conceitos absorvidos pela aluna, funcionou como um mapa conceitual dos conceitos aprendidos e abordados durante as aulas sobre relatividade. A seguir cada um dos itens discriminados:

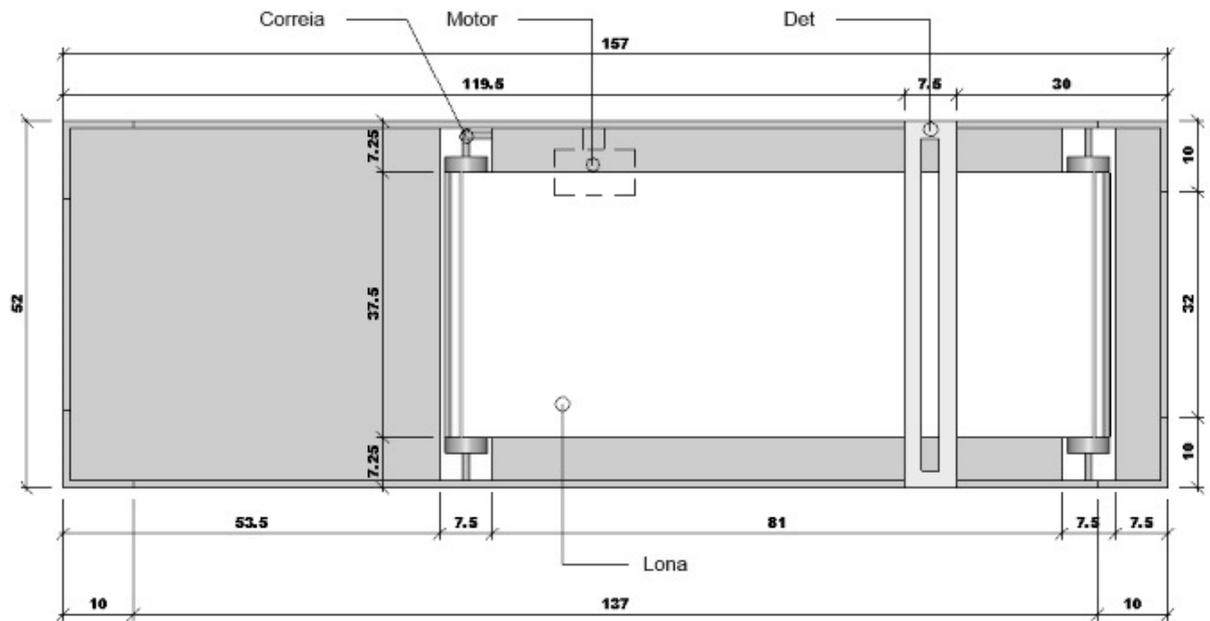
Tabela 14: Material usado para fazer a Caixa Conceitual. Fonte: Autor.

	<p>Eva para colar as pérolas da fita</p>
---	--

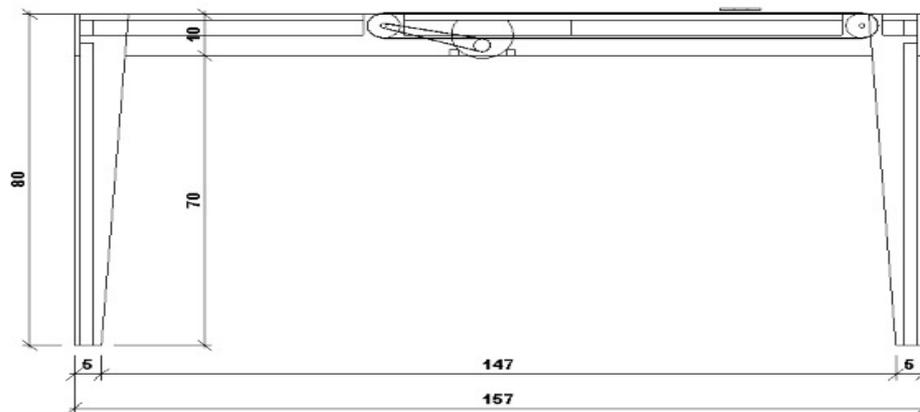
	<p>Caixa de sapato</p>
	<p>Folha A4 para revestir</p>
	<p>Cola instantânea multiuso</p>
	<p>Papel Sulfito Alta Alvura - A4 Branco</p>
	<p>Papel lembrete colorido</p>

13 ANEXOS

VISÃO DA PARTE DE CIMA DA MESA 2D



VISÃO LATERAL 2D



RESUMO DO PROJETO

