

**MAURO DURO BORGES**

**Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma  
experiência didática com a Teoria da Relatividade Restrita**

**Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Mestre em Física, Curso  
de Pós-Graduação em Física, Instituto de Física,  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

**Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Moreira**

**Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Ostermann**

**PORTO ALEGRE  
2005**

Este trabalho é dedicado  
aos meus pais que sempre  
me incentivaram

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Marco Antonio Moreira pelas dicas e por todo o apoio durante o mestrado.

À co-orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Ostermann pelo estímulo constante e pelas valiosas discussões durante o mestrado.

Agradeço à minha irmã e ao meu cunhado pelas importantes palavras de apoio.

Novamente, aos meus pais, peças importantes em minha caminhada.

Aos meus avós (*in memoriam*) que sempre apoiaram minhas iniciativas.

A direção, professores e funcionários do Colégio La Salle Santo Antônio pelo apoio e por acreditar em meu trabalho.

A direção, professores e funcionários do Colégio Estadual Protásio Alves pelo constante apoio e por abrir espaço para a aplicação deste trabalho.

Aos colegas da área de ensino, principalmente ao Pedro Dorneles pela grande ajuda.

As colegas e amigos, pelas palavras de incentivo e pela colaboração nos momentos difíceis.

A todos que diretamente ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para que eu pudesse realizar esse trabalho.

A Deus, pela força que a mim destinou.

"Se a Teoria da Relatividade se mostrar correta, os alemães me chamarão de alemão, os suíços dirão que sou suíço e a França me rotulará de grande cientista; se estiver errada, os franceses dirão que sou suíço, os suíços me chamarão de alemão e os alemães me acusarão de judeu."

*Albert Einstein*

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 3: ENTREVISTAS COM DOCENTES SOBRE A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FMC NO ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 4: REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 5: METODOLOGIA ADOTADA.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 6: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>

## APÊNDICES

Apêndice 1: Texto elaborado sobre Relatividade Restrita.....	77
Apêndice 2 : Teste de Conhecimento.....	93
Apêndice 3: Questionário de Atitudes.....	101
Apêndice 4: Transcrição completa de entrevistas com professores..	105

## RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de contribuir para a atualização curricular da disciplina de Física no ensino médio, a partir da inserção da Relatividade Restrita, como tema foco da Física Moderna e Contemporânea. Esta pesquisa teve como referencial teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria de ensino de D. B. Gowin.

Como materiais educativos foram utilizados um vídeo, um aplicativo e um texto didático para, juntamente com a mediação do professor, procurar promover a aprendizagem significativa de conceitos básicos da Relatividade Restrita. O estudo foi aplicado a 50 alunos da Escola Estadual Protásio Alves, de Porto Alegre, num total de oito encontros. Foram também realizadas entrevistas com 11 professores do ensino médio para verificar a real necessidade da inserção de tópicos de FMC no currículo de Física nesse nível, bem como as condições para tal.

O resultado encontrado ao final desse trabalho foi o de que é viável a inserção de alguns tópicos de FMC no ensino médio, em particular a Relatividade Restrita, e de que há boa aceitação por parte dos alunos.

## **ABSTRACT**

The aim of this study is to contribute for the updating of the physics curriculum at high school level, starting with the insertion of Special Relativity, a subject in Modern and Contemporary Physic (FMC), in such a curriculum. This research had as theoretical framework Ausubel's meaningful learning theory and Gowin's teaching model.

A video, a software and a text were used as instructional aids in order to facilitate, together with teacher's mediation, the meaningful learning of basic concepts of Special Relativity. This study was applied to 50 students of the Protásio Alves State School, in a total of eight encounters. Interviews with 11 high school teachers were accomplished in order to verify the real need of the insertion of FMC topics in physics education at secondary level school, as well as the conditions for that.

The main finding are that there is a real need of inserting FMC subjects at secondary level school, that the insertion of some topics, specially Relativity, is viable, and that they have good acceptance from the part of the students.

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

Este trabalho procura analisar a inserção de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, utilizando o Colégio Estadual Protásio Alves, da cidade de Porto Alegre, como local de aplicação da pesquisa.

Com o objetivo de introduzir uma mudança no currículo adotado nesse nível de ensino através da inserção da Relatividade Restrita, foi, inicialmente, realizada uma revisão da literatura através de artigos em revistas, dissertações, teses e projetos, livros didáticos e *internet*, onde a questão da inserção fosse abordada. A seguir, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com professores de Física de escolas desta cidade, no intuito de colher a opinião desses profissionais sobre a necessidade da reformulação do currículo de Física, das condições fornecidas para tal, bem como os assuntos e a forma que eles deveriam ser abordados. Na parte prática do projeto, o professor/pesquisador desenvolveu materiais didáticos para serem utilizados durante as aulas, como por exemplo, a elaboração de um texto fornecido aos estudantes. Também foram utilizados um vídeo e um *aplicativo* que já encontravam-se à disposição. Para avaliar a experiência na perspectiva dos estudantes, foram aplicados testes de conhecimento antes e depois das aulas, no intuito de verificar o que os estudantes sabiam e aprenderam a respeito do assunto proposto. Foi também aplicado um questionário avaliando o efeito deste trabalho na perspectiva dos estudantes, bem como a realização de entrevistas com 5 alunos. Os resultados foram classificados em categorias, o que possibilitou um tratamento estatístico.

Este trabalho foi preliminarmente implementado em oito aulas, durante o terceiro trimestre de 2002 em uma das turmas de 3<sup>o</sup> ano do ensino médio da referida escola, composta por 37 alunos, na faixa etária de 16 a 20 anos, apresentando um comportamento bastante participativo e interessado em sala de aula.

O material elaborado foi então reformulado, para que pudesse ser novamente aplicado. Após essa reformulação, foi outra vez utilizado com duas turmas do 3<sup>o</sup> ano desta mesma escola no ano de 2004, abrangendo cerca de 50 estudantes.

O estudo começou a ser proposto e colocado em prática no momento em que deparamos, na literatura, com manifestações de parte de professores e pesquisadores a favor de uma mudança na base curricular dessa disciplina, perante o conservadorismo dos tópicos estudados na Física no ensino médio. Com isso, procurou-se então contribuir nessa direção investigando a opinião de professores do ensino médio a respeito da desatualização em que se encontra o ensino de Física, bem como averiguando a real necessidade e interesse na inserção de novos tópicos.

O conteúdo programático, apresentado na quase totalidade das escolas de ensino médio, exclui tópicos que abordam o nascimento da ciência moderna, as mudanças no mundo científico ocorridas a partir do início do século XX, bem como as teorias decorrentes. Assim, os conteúdos que recebem a denominação de Física Moderna e Contemporânea (FMC), cujo estudo começou no final do século XIX, acabam não sendo trabalhados com os estudantes.

A própria Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da Educação Nacional, de 20 de dezembro de 1996, prevê a necessidade de ocorrer uma renovação curricular, com o objetivo de fornecer os subsídios necessários para compreender o mundo que nos cerca, a partir do conhecimento científico atual.

Segundo Terrazzan (1992, p. 210), "a influência crescente dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de ensino médio".

Perante isso, e por considerar que grande parte dos alunos do ensino médio estudam apenas tópicos de Física Clássica, a reformulação curricular torna-se cada vez mais necessária e urgente, pois não é admissível que os estudantes não tenham contato com o conhecimento construído pela ciência no século XX. Esse contato, além de possibilitar a compreensão de fenômenos ligados a situações que ocorrem na vida dos estudantes, contribui para atrair jovens a seguir a carreira científica, estudando o que de mais recente acontece no campo da ciência.

Contudo, ainda existem poucos trabalhos destinados a fomentar essa discussão, bem como a apresentar os subsídios necessários para a inserção desses tópicos nas salas de aula. Os estudos realizados até o momento podem ser classificados em três vertentes representativas de abordagens metodológicas para a inserção da FMC no ensino médio (Ostermann, 2000):

- \* exploração dos limites dos modelos clássicos;
- \* não utilização de referências aos modelos clássicos;
- \* escolha de tópicos essenciais.

Esta classificação, teve como base, os estudos de Alvetti e Delizoicov (1998); Terrazzan (1992, 1994); Pereira et al. (1997); Camargo (1996); Paulo (1997). (apud. Ostermann, 2000)

No XI Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF, realizado em 1995), os participantes do encontro ressaltaram que a estrutura curricular das licenciaturas e a formação continuada de professores "deveriam contemplar tópicos de Física Moderna e Contemporânea e discutir sua transposição para o ensino médio".

No entanto, alguns professores que irão trabalhar com esses tópicos deverão passar por uma espécie de especialização, a fim de se prepararem da melhor forma possível, pois muitos dos que lecionam Física no ensino médio não possuem a titulação apropriada, sendo formados, por exemplo, em Matemática ou Engenharia, ou, mesmo quando licenciados em Física, não tiveram uma boa formação acadêmica.

Um dos fatores impeditivos à essa inserção é que os livros que discutem FMC são muitas vezes escassos e incompletos. Os tópicos, quando apresentados, vêm ao final do livro, não possibilitando, muitas vezes, seu aproveitamento devido à falta de tempo. Por isso, existe a necessidade da elaboração de textos mais completos e com melhor didática, para que se tornem acessíveis aos professores que irão trabalhar com esses tópicos.

A partir de uma consulta a físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores dessa disciplina no ensino médio, Ostermann e Moreira (1998), utilizando a técnica Delphi, realizaram um levantamento dos assuntos propostos para uma possível inserção no ensino médio. Dentre os temas sugeridos, podemos citar: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita.

Tomando o estudo de Ostermann e Moreira como base, escolhemos a Teoria da Relatividade Restrita como tópico da Física Moderna e Contemporânea a ser proposto para implementação no ensino médio. Essa opção deveu-se ao fato de existirem poucos trabalhos relatados na literatura de ensino de Física relacionados a esse tópico, e à

curiosidade que cerca esta importante contribuição científica de Albert Einstein. Quem, por exemplo, não se perguntou se seria possível ou não, uma viagem no tempo? Ou até mesmo a curiosidade sobre o que significa a expressão "tudo é relativo". Além disso, 2005 é o Ano Mundial da Física, em homenagem aos 100 anos dos trabalhos de Einstein que revolucionaram a Física a partir do século XX e pelo fato de que a Relatividade Restrita exige um pouco de geometria e álgebra elementar, o que a diferencia de outros tópicos de FMC cujo formalismo matemático é complexo para o ensino médio.

Resumindo, o objetivo do estudo nesta dissertação foi o de explorar a possibilidade de abordar o tópico Relatividade Restrita como forma de contribuir para atenuar a marcante necessidade de atualização curricular pela qual passam os conteúdos de Física trabalhados no ensino médio.

No próximo capítulo, será apresentada uma breve revisão da literatura sobre o assunto. A seguir, no capítulo 3, serão mostrados os resultados das entrevistas com docentes sobre o tema em foco. No quarto capítulo, descreveremos o referencial teórico utilizado. No capítulo 5, será discutida a metodologia da pesquisa para a inserção da Relatividade Restrita. Já no capítulo 6, relataremos os resultados de aprendizagem obtidos através desta pesquisa. No sétimo e último capítulo, apresentaremos as conclusões a que chegamos neste trabalho. Os Apêndices contém o texto elaborado sobre Relatividade Restrita, o Teste de Conhecimento, o Questionário de Atitudes e a transcrição completa de entrevistas com professores.

## Capítulo 2

### REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão envolveu consulta a artigos, dissertações, teses, trabalhos apresentados em congressos e seminários, navegações pela *Internet*, livros didáticos, revistas, que abordam a questão da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC), no ensino médio, com ênfase na Teoria da Relatividade Restrita.

Em relação a periódicos da área de Ensino de Física (Ciências) foram consultadas as coleções completas até 2004 dos seguintes:

Revista Brasileira de Ensino de Física

Caderno Brasileiro de Ensino de Física

Enseñanza de las Ciencias

Os seguintes aspectos foram destacados nas fontes consultadas:

- justificativas para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio; (seção 2.1)
- livros didáticos de nível médio que inserem o tema proposto. (seção 2.2)

#### **2.1 Justificativas para a inserção de tópicos de FMC**

Para Terrazan e Strieder (1997), os currículos das escolas têm permanecido inalterados e tradicionais em sua estrutura básica, na sua grande maioria não passando de

meras listas de conteúdos, e os planejamentos constituem uma cópia de índices dos livros didáticos mais adotados. O ensino ministrado nas escolas, de forma geral, parece querer mostrar que os fins educativos são desvinculados das necessidades e desejos da sociedade. Por isso, esses autores acreditam que as alterações que buscam um ensino de maior qualidade deveriam passar por uma inovação, principalmente no conteúdo ensinado, com a participação ativa dos professores nas discussões acerca dos objetivos vinculados ao novo currículo a ser elaborado.

Para Ostermann e Ricci (2002), a pobreza e semelhança dos currículos nas escolas brasileiras e o fato de toda a Física desenvolvida do século XX em diante estar excluída dos currículos escolares é um dos fatores que contribuem para a necessidade de uma reformulação do ensino adotado.

Para Alemañ Berenguer (1997), os objetivos principais para a abordagem de temas atuais durante o ensino médio consistem tanto em capacitar os alunos que pretendem seguir uma carreira científica como em fornecer informações sobre uma pequena parcela dos conhecimentos produzidos pela ciência do século XX.

Para Cavalcante et al. (1999), o entendimento da Física Moderna aparece como uma necessidade para compreender os fatos, os equipamentos e a tecnologia do cotidiano dos estudantes, mesmo diante da fragilidade dos conhecimentos de Física Clássica pelos alunos: *“não devemos aceitar a idéia restritiva de pré-requisitos, que tende a julgar jovens adolescentes, incapazes de perceber a complicada lógica quântica, antes de dominarem todo o instrumento clássico”*(p. 154).

Pinto e Zanetic (1999) acreditam que é preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, não como uma mera curiosidade, mas como uma

Física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo. Uma Física que hoje é responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais básica para o homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da ciência e da tecnologia, influenciando outras formas do saber humano. Portanto, os vários campos abertos pela Física desse século devem ter sua presença garantida nos currículos de nossas escolas de ensino médio, particularmente a Física Quântica e a Física Relativística que abriram novos horizontes de exploração científica inimagináveis aos olhos dos cientistas clássicos.

Valadares e Moreira (1998) crêem que é imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos da Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a Física da sala de aula e a Física do cotidiano.

Segundo Pereira et al. (1997), entre os diversos problemas que encontramos no ensino de Física nos seus diversos níveis no Brasil, a desatualização do currículo é um dos que têm recebido menos atenção, mesmo que em alguns estados, ou municípios, alguns programas curriculares incluam alguns tópicos como energia nuclear e radioatividade, ainda que raramente ensinados.

Paulo (1997) considera pertinente a introdução de FMC no ensino médio, visto que esta faz parte do cotidiano da sociedade contemporânea. Ao ter noções de tópicos de FMC, o aluno dará sentido à Física, fazendo relações com o mundo que o cerca. Acredita, também, que a introdução da FMC no currículo das escolas pode proporcionar a superação de certas barreiras epistemológicas fundamentais para o conhecimento do indivíduo sobre a

natureza. Para esse autor, o entendimento de FMC fará o indivíduo ter uma capacidade cognitiva maior.

Costa et al. (1997) acreditam que as justificativas para a inserção de FMC no currículo, proporcionando um ensino de Física atual e dinâmico, são muitas, inclusive a proximidade do século XXI, ressaltando desde a defasagem entre questões trabalhadas na pesquisa em Física e os conteúdos desta disciplina ministrados em sala de aula até à necessidade de adequação do cidadão ao mundo “tecnologizado” em que vive.

Constatamos que existe, então, um movimento bastante intenso a favor da mudança curricular do ensino médio, embora ainda não exista esta inserção de maneira significativa nas salas de aula das escolas brasileiras.

## **2.2 Livros didáticos de ensino médio que abordam a Relatividade Restrita**

A partir de uma análise de livros didáticos de Física para o ensino médio, disponíveis no mercado editorial brasileiro, foram selecionados os livros mais adotados, para mostrar como a abordagem do tema é efetuada.

**As Faces da Física:** *Wilson Carron e Osvaldo Guimarães* (2002, 2. ed.). Este livro apresenta os tópicos de FMC, nos seus últimos capítulos, sendo a Relatividade Restrita abordada em um capítulo, dividido em subseções contendo:

- Dilatação do Tempo.
- Contração das Distâncias.
- Dinâmica Relativística.
- Energia Relativística.

Os autores procuram abordar ao final do capítulo a Relatividade Geral, porém de uma forma extremamente resumida.

**Curso de Física:** *Antonio Máximo e Beatriz Alvarenga* (2003, 5. ed.). Este livro apresenta o tema como um tópico especial, chamado de Limitações da Mecânica Newtoniana, com o intuito de aprofundar o conteúdo apresentado neste volume. A linguagem é simples não dando ênfase à parte matemática, sendo o assunto dividido em subseções, conforme segue abaixo:

- A validade da mecânica de Newton e a velocidade dos corpos.
- A teoria da Relatividade de Einstein.
- A velocidade da luz não depende do sistema de referência.
- A massa de um corpo varia com sua velocidade.
- Existe um limite para a velocidade que um corpo pode adquirir.

Além da abordagem da Relatividade Restrita, este livro também apresenta em “Tópicos Especiais”, nos demais volumes, assuntos que abrangem a Física Moderna, de forma clara e com idéias apropriadas. Vale a pena ainda salientar que estes textos foram escritos de uma maneira didaticamente adequada: sem faltar com a clareza de idéias, são bastante rigorosos do ponto de vista científico.

**Física:** *Wilson Carron e Osvaldo Guimarães* (2003, 2. ed.). Este livro trata o assunto destinando um capítulo à Relatividade, no entanto, o aborda de uma forma

resumida em apenas três páginas, procurando enfatizar as idéias principais, como por exemplo, a Dilatação do Tempo, a Contração das Distâncias e a Dinâmica Relativística.

**Física:** *Alberto Gaspar* (2003, 1. ed.). Dedicar um capítulo do terceiro volume à Relatividade apresentando o tópico de uma forma bastante abrangente, procurando dar uma ênfase mais detalhada à Relatividade Restrita e de uma forma resumida à Relatividade Geral. O assunto é dividido nas seguintes subseções:

- Introdução.
- A relatividade galileana.
- A relatividade e o movimento ondulatório.
- O enigma do éter.
- Os postulados da Teoria da Relatividade Restrita.
- A impossibilidade da simultaneidade.
- A dilatação do tempo.
- A relatividade das velocidades.
- Quantidade de movimento e massa relativística.
- Energia relativística.
- Conclusão.

É importante destacar que este livro aborda o assunto de uma forma bastante detalhada, constituindo um instrumento de referência para os professores durante a preparação das aulas.

**Física:** *Djalma Nunes da Silva (Paraná)* (2003, 6. ed.). Destina um capítulo ao estudo deste assunto, de uma forma bem resumida, tendo como foco a questão da simultaneidade, a dilatação do tempo e contração do comprimento, a quantidade de movimento, massa e energia relativística. Embora de uma forma resumida, pelo fato de ser um volume único, procura explorar as principais idéias de uma forma adequada e bem explicada.

**Física:** *José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Calçada* (2003, 1. ed.). Este livro, que se apresenta em um único volume, destina 3 capítulos para a FMC, sendo que o primeiro trabalha com a Teoria da Relatividade Restrita e com a Geral. O assunto é trabalhado de uma forma não tão profunda, mas bem abordada.

**Física 3:** *Fernando Cabral e Alexandre Lago* (2002, 1. ed.). Apresenta no último capítulo temas de Física Moderna e Contemporânea, sendo que a Relatividade Restrita é exposta de uma forma correta e clara. O assunto é dividido nas seguintes subseções: Éter; Simultaneidade; A medida do Tempo e do Espaço; Matéria e Energia.

**Física - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF)** (1993, 3. ed.). Este livro trabalha com temas de FMC, nos volumes 2 e 3. No entanto, não aborda o tema da Relatividade Restrita. Um aspecto a ressaltar é que esta obra possibilita que os alunos compreendam muito da tecnologia que os cerca, utilizando conceitos de FMC.

**Física, Ciência e Tecnologia:** *Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo César Penteado, Paulo Toledo Soares e Carlos Magno Torres* (2001, 1. ed.). Este livro possui um volume

único incluindo uma unidade para trabalhar os assuntos de Física Moderna, tendo o primeiro capítulo a Relatividade como assunto, apresentando-a de forma bem detalhada com exercícios e aplicações adequadas, e abordando de uma forma resumida a Relatividade Geral.

**Física Conceitual:** *Paul G. Hewitt* (2002, 9. ed.). Este livro, como o próprio nome diz, faz um tratamento totalmente conceitual para descrever os fenômenos físicos, abrindo mão da parte matemática tão presente em vários livros didáticos deste nível. É um livro ainda não muito adotado, mas aos poucos vêm ganhando mais adeptos. Ele aborda os tópicos de FMC (Os Quanta da Luz; Física Atômica e Nuclear e Relatividade) nos últimos capítulos do livro, sendo a Teoria da Relatividade analisada com um grande rigorismo conceitual, procurando esclarecer da onde se originam as equações, utilizando exemplos e explicações de forma clara. A Relatividade Restrita é abordada nos seguintes tópicos: o Experimento de Michelson- Morley; os Postulados da Teoria Especial da Relatividade; Simultaneidade; o Espaço-Tempo; Dilatação Temporal; a Viagem do Gêmeo; Adição de Velocidades; Viagens Espaciais; Contração do Comprimento; Momento Relativístico; Massa, Energia e  $E=mc^2$ ; Princípio da Correspondência e um complemento com a biografia de Albert Einstein.

**Física Completa:** *Regina Bonjorno, José Bonjorno, Valter Bonjorno e Clinton Ramos* (2001, 2. ed.). Embora este ainda seja um dos livros mais adotados nas escolas, ele não aborda assuntos de Física Moderna.

**Física para o Ensino Médio:** *Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Tucano* (2002, 1. ed.). Embora o objetivo deste livro seja estabelecer uma ligação entre as informações a que os estudantes têm acesso no seu dia-a-dia e o conhecimento sistematizado pela Física, ele não aborda tópicos de Física Moderna, especialmente o da Relatividade que faz parte da nossa análise.

**Física e Realidade:** *Aurélio Gonçalves e Carlos Toscano* (1997, 1. ed.). Apresenta o assunto de uma forma resumida e conceitual ao final de um capítulo com uma secção intitulada Texto e Interpretação:  $E= m \cdot c^2$  - A dinâmica das altas velocidades.

**Os Fundamentos da Física:** *Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares* (2003, 8. ed.). Este livro é distribuído em 3 volumes de uma forma bastante tradicional, não apresentando tópicos de FMC em nenhum deles.

**Imagens da Física:** *Ugo Amaldi* (1995, 1. ed.). Esta obra destina a última parte de seu volume único à Física Atômica e Subatômica, valorizando a parte conceitual em detrimento da parte matemática.

**Tópicos de Física 3:** *Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas e Ricardo Helou Doca* (2001, 15. ed.). Apresenta os tópicos de FMC ao final do livro, como complemento. A Relatividade Restrita é abordada de uma forma clara, mostrando a dedução das principais equações que regem esse assunto. O tema é dividido nas seguintes subseções:

- Introdução.
- O surgimento da Teoria da Relatividade.

- Os postulados de Einstein.
- A dilatação do tempo.
- A contração do comprimento.
- Composição de velocidades.
- Massa relativística.
- Equivalência entre massa e energia.
- Relação entre energia e quantidade de movimento de um corpo.

A seguir, sintetizamos a pesquisa realizada nos livros didáticos através da tabela 1.

Tabela 1: Síntese da forma com que a Relatividade é trabalhada nos livros didáticos.

<b>N<sup>o</sup> de livros pesquisados</b>	<b>16</b>
Livros que abordam o assunto de uma forma detalhada	7
Livros que abordam superficialmente o assunto	5
Livros que abordam a parte matemática com maior ênfase	2
Livros que abordam a parte conceitual com maior ênfase	10
Livros que não trabalham com o assunto	4

Após a revisão da literatura utilizada no ensino médio observamos que normalmente os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são abordados apenas nos últimos capítulos dos livros didáticos, dificultando o trabalho nas salas de aula. Outro aspecto importante a ser observado, é que o livro **Física Completa**, dos autores Regina

Bonjorno, José Bonjorno, Valter Bonjorno e Clinton Ramos, mesmo sendo um dos mais utilizados em sala de aula, não faz nenhum tipo de referência a esses novos tópicos.

No próximo capítulo, apresentaremos as entrevistas realizadas com professores de Física sobre a inserção de tópicos de FMC no ensino médio.

## Capítulo 3

### **ENTREVISTAS COM DOCENTES SOBRE A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FMC NO ENSINO MÉDIO**

As entrevistas foram conduzidas com 11 professores de Física do ensino médio da cidade de Porto Alegre. Todos os entrevistados lecionavam, no mínimo, em uma escola da rede estadual do Rio Grande do Sul. As escolas que tiveram pelo menos um dos seus professores de Física entrevistados foram as seguintes: Escola Estadual Protásio Alves, Escola Estadual 1<sup>o</sup> de Maio, Escola Estadual Júlio de Castilhos, Escola Estadual de Educação Básica Fernando Gomes, Escola Estadual de Ensino Médio Santos Dumont, Escola Estadual Paula Soares, Escola Presidente Artur da Costa e Silva, Escola Estadual Fagundes de Melo, Escola Estadual Padre Reus, Escola Estadual Elpídio Ferreira Paz, Escola Estadual Inácio Montanha, Colégio Cândido José de Godói e Colégio Estadual Infante Dom Henrique. Como são 13 escolas, isso significa que alguns dos entrevistados atuam em mais de uma escola estadual. Convém salientar ainda que, durante a entrevista, um professor citou que, além de lecionar em escolas estaduais, trabalhava no Colégio Batista, escola esta da rede privada, enquanto que outro registrou que trabalhava na Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre.

As entrevistas seguiram um padrão semi-estruturado, com sete perguntas iniciais que permitiam ao pesquisador alguma adaptação, conforme a necessidade, durante o próprio desenrolar da entrevista. Os dados obtidos através das entrevistas serviram de base para inferirmos a real necessidade da inserção de tópicos de FMC no ensino médio de Física, na opinião de professores desse nível de ensino.

Embora tenham sido entrevistados apenas 11 professores, cremos que o fato de lecionarem em distintas escolas estaduais permite uma boa visão panorâmica das idéias que docentes, da rede pública de ensino, compartilham.

As entrevistas foram gravadas em fitas magnéticas, para posteriormente serem transcritas, possibilitando, assim, uma análise mais detalhada das respostas obtidas a partir do questionamento a que foram submetidos os professores de Física do ensino médio. Cada entrevistado recebeu uma sigla como identificação, evitando assim que fosse reconhecido.

Tabela 1: Roteiro da entrevista semi-estruturada realizadas com os professores.

- 1) Há quanto tempo leciona Física?
- 2) Como você analisa o ensino de Física, abordado atualmente em sala de aula na(s) escolas(s) que você leciona?
- 3) Como é a receptividade dos alunos em relação aos conteúdos que são ensinados em Física, e quais seriam suas principais opiniões a respeito desse ensino?
- 3) Qual sua opinião, em relação à inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?
- 4) Quais seriam os assuntos de FMC que em sua visão seriam mais adequados para inserir na Física do ensino médio?
- 6) Como esses assuntos deveriam ser abordados?
- 7) Você acredita que os alunos estão preparados para receber os tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

### 3.1 Resultados das Entrevistas

As entrevistas foram realizadas com professores que se encontram desde o começo de carreira (1 ano) até profissionais que estão há 27 anos dedicando-se à docência. Esta variedade é importante porque daí decorrem diferentes tipos de opiniões, pois são professores com visões e experiências bem distintas. É relevante salientar que todos os entrevistados são formados em cursos de Física.

Pelo que pudemos notar, os professores estão descontentes com a atual situação do ensino de Física adotado no ensino médio, conforme manifestado na tabulação apresentada na Tabela 2 e nos exemplos que a seguem.

Tabela 2: Respostas dos professores referentes à situação atual do ensino de Física.

Respostas	Número de Respostas
O ensino de Física é bastante tradicional.	5
Muita matemática.	5
Falta vontade dos alunos.	3
Falta de pré-requisitos.	3
Conteúdos desnecessários.	2
Sem utilidade para o aluno.	1

A seguir, apresentamos exemplos das falas que deram origem a esta segunda tabela:

- *Pelo que se percebe do aluno é aquela coisa enfadonha, muito cálculo.(E1)*
- *Parece o mesmo tipo de quando eu era estudante. Existe falta de laboratórios e de base matemática.(E2)*
- *Acho que a Óptica é desnecessária, pois os alunos não enxergam a necessidade.(E3)*

- *A diferença desde a época que eu estudei é do dia para a noite, antigamente existia mais aulas e hoje é triste; a falta de conhecimento e de vontade são problemas bastante sérios.(E4)*
- *Existe uma diferença no ensino de Física da escola pública e privada, pois na pública existe a possibilidade de desenvolvimento de um projeto, enquanto que na particular já existe um programa pré-estabelecido. (E5)*
- *Depende da escola e da “clientela”. Os alunos apresentam pouco interesse, a falta de tempo na rede pública é um problema e a falta de compreensão é outro.(E6)*
- *Tudo está muito parecido, estamos muito presos ao vestibular. Acredito que trabalhamos muito com jogadas matemáticas, não trabalhando com conceitos envolvidos. (E7)*
- *Mudou, pois antes o aluno preocupava-se em aprender, hoje em dia eles só querem é passar de ano; em termos de conteúdo não mudou muito.(E8)*
- *Da forma que é colocado não tem muita utilidade para o aluno.(E9)*
- *Bastante tradicional, com aulas expositivas. (E10)*
- *Existe uma defasagem devido a profissionais que dão muita ênfase à matemática.(E11)*
- *É muita cinemática, muito gráfico, e a beleza da Física parece estar escondida(E1)*
- *É incomparável, pois antigamente tínhamos cinco aulas de Física, eu e meus colegas sabíamos Física, discutíamos Física, hoje é triste.(E4)*
- *O que está no papel é perfeito, só que dependendo da clientela não tem absorção. Por exemplo, na parte de movimentos o pessoal tem muita dificuldade de entender, e os professores acabam perdendo muito tempo nisso, que não é tão importante quanto a dinâmica (E6)*
- *Eu acho tudo parecido assim, o meu jeito de ensinar, o que eu tiro, o que eu acrescento mudou, mas dentro de uma liberdade que eu acho que não mudou muito, pois estamos muito presos ao vestibular.(E7)*
- *Em termos de conteúdo não mudou muito, porque se segue os programas que estão nas listas de vestibulares, os alunos apresentam problemas em matemática e português.(E8)*
- *Devemos trabalhar o que o aluno vai aproveitar, o que o aluno vai aproveitar realmente, está muito preso ao tradicional, não está avançando com o mundo.(E9)*

- *Da forma que é trabalhada causa uma perturbação nos alunos, eles ficam assustados pela parte matemática e acabam não pensando fisicamente, preocupando-se com a avaliação e não com o conteúdo. (E11)*

Na parte em que os professores foram questionados a respeito da receptividade que os alunos tinham em relação aos conteúdos estudados, verificou-se o que consta na tabela 3.

Tabela 3: Respostas dos professores referentes à questão sobre a receptividade dos alunos frente aos conteúdos estudados.

Respostas	Número de Respostas
Questionam a utilidade do assunto para o seu futuro.	5
Gostam quando parte para o cotidiano deles.	4
Reclamam que existe muito cálculo.	3
Para os alunos tudo é difícil.	3
Percebe-se que eles estão incomodados e sem motivação com os conteúdos.	2
A receptividade é boa no momento em que são feitos experimentos.	2
Não conseguem entender o significado da Física.	2
Gostam de tudo que não se aprofunde muito.	1
O objetivo é apenas passar.	1
Não têm o mínimo interesse em entender o mundo que os cerca.	1

A seguir, damos exemplos das falas que deram origem à terceira tabela:

- *Quando parte para o cotidiano eles gostam e se interessam, mas existe a reclamação de que existe muito cálculo e qual será a utilidade de estudar isso.(E1)*
- *Não sei se eles têm uma idéia do que seja o ensino da Física, eles têm muita dificuldade na matemática, então tudo é muito dramático, o objetivo é apenas passar, querendo um trabalho para ajudar.(E2)*

- Na maioria dos assuntos é boa, desde que se façam experimentos, reclamam da utilidade dos assuntos no seu dia- a- dia.(E3)
- Para eles tudo é difícil, até porque não sabem isolar uma incógnita numa equação de primeiro grau(E4)
- Eles normalmente aceitam, poucos questionam e os que questionam são os alunos que normalmente têm problemas de nota; poucos conseguem entender o significado da Física e dizem: para que existe a Física?(E5)
- Reclamam da parte matemática, que é difícil, no momento que falamos da Física do cotidiano eles acham legal; é necessário fazer algo novo, por exemplo, experimentos que chamem a atenção deles.(E6)
- Tem partes que eles acham muito chatas, por exemplo, a cinemática, a parte experimental eles consideram interessante, tem curiosidade em saber como funciona a bomba atômica e o reator. Às vezes eles se expressam sem motivação nenhuma ou conversando, não percebendo a utilização.Eu percebo que eles estão incomodados e sem motivação com os conteúdos.(E7)
- Além da falta de interesse, eles acreditam que não tem tanta aplicação e consideram cada vez mais difícil o estudo, mas existem alunos que querem ir em frente.(E 8)
- Eles falam “qual a utilidade?”, eles gostam de tudo que se não se aprofunde muito, principalmente a parte de cálculo, confundem muito a Matemática com a Física.(E9)
- Bastante tradicional. Não apresentam uma grande identificação com o conteúdo, acabamos sentindo com isso a falta de rendimento e interesse. Eles não têm a mínima curiosidade em compreender o mundo que os cerca.(E10)
- No momento em que é aplicada a Física voltada para o cotidiano, os alunos ficam felizes, mais ainda existe o mito da dificuldade da Física, existindo a reclamação de qual será a utilidade no seu dia- a- dia.(E11)
- Eles gostam principalmente do conteúdo referente ao segundo ano que é a parte de Hidrostática e Termodinâmica, pois começam a enxergar a Física de outra forma.(E1)
- Às vezes eles se expressam sem motivação nenhuma ou conversando, e as vezes dizem para que eu vou usar isso, por exemplo a Cinemática e as Leis de Newton.(E3)
- Têm umas partes que eles acham muito chatas, a cinemática a gente pelo menos aqui na escola não tem muito recurso, não ser citar o trânsito na rua, a parte experimental quando

*usada, eles gostam, eles têm muita curiosidade em saber por exemplo como é que funciona a bomba atômica, um reator nuclear.(E7)*

Na parte referente à inserção dos Tópicos de Física Moderna e Contemporânea, tivemos as manifestações apresentadas na Tabela 4 e exemplificadas logo após.

Tabela 4: Respostas dos professores referentes à pergunta sobre a inserção dos Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.

Respostas	Número de Respostas
Totalmente a favor.	4
Interessante, até porque já é cobrado no vestibular.	3
Interessante e válido.	2
Inserido com certa cautela, mas tem que ser inserido.	1
Isto é uma tendência.	1
Contribuiria com o aspecto de motivação.	1
Se ficar como está, o aluno corre o risco de não compreender o mundo que o cerca.	1
Motivo para tirar coisas enfadonhas do currículo.	1
Acho que não mudaria muita coisa em relação ao ensino.	1
Não sei da validade, seria necessário cortar alguns assuntos.	1
Válido do ponto de vista do professor, mas do aluno poderia ser indiferente.	1

A seguir, exemplificamos as falas que deram origem à quarta tabela:

- *Totalmente a favor. (E1)*
- *Não tenho uma resposta clara, teria que cortar algumas coisas para colocar isto.(E2)*
- *Tirar Óptica e colocar radiação.(E3)*
- *Isto é uma tendência, inclusive no vestibular, mas acho que não mudaria muita coisa em relação ao ensino. Vejo apenas como mais um tópico.(E4)*
- *Ótima idéia, porque se ficar na tradicional Física corre-se o risco de o aluno não entender parte do mundo atual.(E5)*

- *Importantíssimo, eles têm que acompanhar o desenvolvimento da Física.(E6)*
- *Seria importante, seria um motivo para tirar coisas enfadonhas do ensino, o aspecto de motivação seria interessante, pois teríamos uma boa discussão.(E7)*
- *Interessante e válido, porque são conteúdos mais relacionados ao dia-a-dia deles.(E8)*
- *Interessante até porque é cobrado no vestibular, e não se trabalha em sala de aula.(E9)*
- *Seria válido talvez do ponto de vista do professor, mas do ponto de vista do aluno poderia ser indiferente.(E10)*
- *Inserido com certa cautela, mas tem que ser inserido, pois a Física Moderna não é tão moderna assim, e no próprio vestibular já é cobrado.(E11)*
- *O aluno que lê e procura alguma coisa encontra tópicos de Física Moderna e Contemporânea, não devemos entrar por exemplo, nos detalhes da Física Quântica. Física de partículas eles gostam e fazem perguntas.(E1)*
- *Inclusive o vestibular da PUC começa a forçar aos poucos, aumentando os conteúdos de Física Moderna(E4)*
- *Claro que não vamos abranger tudo mas eles têm que entender alguma coisa, destas coisas que os estão cercado(E5)*
- *Se a gente não falar, eles nunca vão ver isso; sendo que os alunos que seguirem a carreira já vão ter mais ou menos uma noção(E6)*
- *Não seria necessário trabalhar a motivação o aluno, o assunto em si motiva.(E7)*

Quando foi solicitado que listassem quais assuntos de FMC deveriam ser abordados, foram citados os tópicos constantes na Tabela 5.

Tabela 5: Respostas dos professores referentes à pergunta sobre quais Tópicos de Física Moderna e Contemporânea deveriam ser abordados.

Respostas	Número de Respostas
Relatividade.	5
Quântica.	5
Radiação.	4
Física de Partículas.	2
Óptica.	1

Quando um dos professores foi questionado, foi sugerido como tema a Óptica o que, ao nosso ver, pela forma em que foi relatada durante a entrevista sugere que ocorreu equívoco por parte do entrevistado em relação ao propósito da abordagem.

Na parte prática, ou seja, como seriam trabalhados estes tópicos, foi sugerido o que está tabulado na tabela 6.

Tabela 6: Tabulação das respostas dos professores referentes à parte da entrevista semi-estruturada sobre a forma que deveriam ser abordados os assuntos.

Respostas	Número de Respostas
Utilizaria vídeos e computadores.	5
Realizaria uma pesquisa intensa utilizando revistas para procurar uma orientação a seguir no trabalho.	3
Mostraria a aplicabilidade.	3
Utilizaria uma linguagem acessível, a partir de uma boa base conceitual, procurando definir de uma forma clara o que se quer com a inserção.	3
Explicaria qualitativamente.	2
Realizaria adaptações na aplicação da matemática.	2
Inicialmente contaria uma história.	1

As seguintes falas ilustram as categorias que deram origem à sexta tabela:

- *Se levar algo prático, fica mais fácil de trabalhar. Não adianta “viajar” muito.(E1)*
- *Inicialmente contar alguma história sobre o assunto. (E2)*
- *Mostrar a aplicabilidade, o interesse prático que isso tem, não apresentando de uma forma seca e sem interesse, tem que começar a fornecer algumas leituras para eles.(E4)*
- *É uma coisa difícil de dar, depende muito do “feeling” do professor.(E5)*
- *Explicar qualitativamente, utilizando uma linguagem acessível e utilização de computadores.(E6)*
- *Para trabalhar a Relatividade teria que ter uma boa base conceitual de referencial, trabalharia com fenômenos coisas bem do dia-a-dia deles, talvez eu começasse contando*

*uma história, mas eu acho que eu deixaria solto, pois sempre teria um aluno que traria algo novo.(E7)*

*- Trabalhar com laboratórios e vídeo, se tivéssemos recursos teríamos maior rendimento dos alunos.(E8)*

*- Pesquisa intensa, trabalhar com revistas e filmes.(E9)*

*- Pela deficiência de apresentar coisas práticas eu acabaria apresentando uma aula expositiva, tentaria procurar a Internet, procurar alguma orientação para que eu pudesse implementar isso dentro da sala de aula.(E10)*

*- Ênfase teórica, procurando montar alguns experimentos, evitando ao máximo a parte de cálculo, devido à dificuldade dos estudantes.(E11)*

*- Eu acho que trabalhando coisas palpáveis, fica mais fácil de se trabalhar.(E1)*

*- Num universo de 35 alunos, sempre tem algum aluno que traz algo novo, eu não formataria tanto, vai depender do interesse da turma.(E7)*

*- A matemática é um pouco mais complicada, sendo necessária fazer uma certa adaptação, e o principal é definir o que tu queres com essa inserção, para não ocorrer uma confusão no meio do projeto.(E10)*

Finalmente, os professores foram questionados a responder se acreditavam que os alunos do ensino médio estariam preparados para receber e aprender esses tópicos, obtendo-se as respostas constantes na Tabela 7.

Tabela 7: Respostas dos professores referentes à capacidade dos alunos para receber e aprender os tópicos de FMC.

Respostas	Número de Respostas
Aprendemos o que nos ensinam.	3
Seria necessário realizar um trabalho de conscientização com os alunos.	2
Sem sombra de dúvidas que os estudantes estão preparados.	2
Acho que não, pois se o aluno não consegue entender o conceito de aceleração, como é que vai compreender a Relatividade.	1
O conhecimento não seria o problema, o problema é a falta de interesse dos alunos.	1
Mesmo eles achando interessante, será que vale a pena ensinar?	1

Seguem exemplos das falas que deram origem à sétima tabela:

- *Acho que a gente aprende o que nos ensinam, então se colocamos estes assuntos para eles, eles irão atrás, perguntarão e irão assimilar aquilo ali, uns aplicarão bem, outros não.(E1)*
- *Não sei da validade, pois eles achariam interessante, mas daí a inserir...(E2)*
- *Os alunos chegam da oitava série, sem preparo nenhum, então tudo que for dado para eles vai ser novo, seria como ensinar qualquer assunto novo. (E3)*
- *Acho que não, pois se o aluno não consegue entender o conceito de aceleração, por exemplo, como é que vai compreender a Relatividade.(E4)*
- *Mas sem sombra de dúvidas. (E5)*
- *Preparados não estão, mas a nossa função é prepará-los.(E6)*
- *Para a parte de Física de Partículas, seria necessário trabalhar mais a parte de energia, sua conservação e transformação, a energia relacionada ao movimento, um pouco de Química na questão. (E7)*
- *Eu acho que deveria fazer um trabalho de conscientização.(E8)*
- *O conhecimento não seria o problema, o problema é que a maioria dos alunos não está interessada.(E9)*
- *Teria que verificar se não vai faltar base, mas se o aluno tiver base não haverá problema nenhum em inserir.(E10)*
- *Nos dias de hoje ainda é necessário fazer um trabalho a partir do primeiro ano, para abordar no terceiro.(E11)*
- *Nós não precisamos falar com um aluno sobre integrais e derivadas numa sala de aula, para dar uma explicação, dar uma idéia física, sobre a situação do problema, podemos apresentar de uma forma bem gostosa e bem interessante.(E5)*
- *Teríamos que realizar um trabalho cuidadoso com os alunos de ciclo que possuem uma base fraca.(E6)*
- *Tendo base ele poderá ver Física Moderna, Termodinâmica, Mecânica, Hidrostática, então qualquer coisa.(E10)*

Pelo que se percebe, os professores acreditam que o ensino de Física abordado atualmente pouco difere da forma como era conduzido há décadas atrás, exceto pela quantidade de aulas, pois os conteúdos continuam os mesmos, estando vinculados às exigências do vestibular. Por outro lado, foi ressaltado que, da forma como os conteúdos estão sendo abordados, a Matemática vem sendo excessivamente utilizada, o que tira para muitos a beleza da Física. E por falar em Matemática, os professores ressaltaram em seus depoimentos que os alunos apresentam uma imensa falta desta base, sendo este importante fator a contribuir para a não compreensão do conteúdo. Um fato bastante reforçado foi a total desmotivação, falta de interesse, dos alunos, de modo que hoje em dia o que querem é somente passar, sendo poucos os estudantes que ainda apresentam-se interessados em aprender. Os alunos freqüentemente questionam seus professores a respeito da utilidade dos tópicos estudados, alegando que nunca utilizarão estes conhecimentos em sua vida diária.

Sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea que foi uma das perguntas-chave do roteiro da entrevista, podemos dizer que tivemos praticamente todos os professores a favor; apenas um tem a convicção de que seria somente mais um tópico a ser proposto. Talvez esta postura deva-se ao fato de que ele acredite no efeito negativo que isso acarretaria nos alunos. Vemos, portanto, que existe por parte dos professores uma boa receptividade e interesse, embora deva-se ressaltar que nenhum dos entrevistados trabalhou com tópicos de FMC, apenas alguns citaram assuntos em suas aulas fazendo breves comentários. Conseguimos coletar opiniões sobre formas com que estes professores abordariam os tópicos, caso viessem a trabalhá-los, o que é importante pois identificaram maneiras diferentes de desenvolvê-los. Vários foram os tópicos propostos a serem trabalhados, sendo que Relatividade, Quântica e Radiações foram os temas que mais apareceram nas citações. Por fim, no questionamento referente à preparação dos alunos

para absorver estes conteúdos, detectamos que embora eles de uma maneira geral cheguem despreparados ao ensino médio, os professores pensam que conseguiriam compreender os conceitos envolvidos, pois se conseguem aprender outros tópicos, certamente aprenderiam estes, que não seriam nenhum “bicho de sete cabeças”. Contudo, foi ressaltado pela maioria dos entrevistados que deveríamos reforçar a base de conhecimento dos alunos e abordar os temas de uma maneira a destacar sua aplicabilidade, não entrando muito nos detalhes dos conteúdos propostos.

### **3.2 Síntese**

Este trabalho exploratório teve o objetivo de coletar as opiniões de professores em relação a uma possível inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no currículo de Física do ensino médio, bem como a respeito da situação atual do ensino de Física aplicado em suas salas de aula. A partir dos dados obtidos através da realização de entrevistas semi-estruturadas, tentaremos, futuramente, contribuir para superar dificuldades que cercam o ensino de Física nas escolas de nível médio em nosso meio.

Este estudo permitiu uma maior aproximação entre a pesquisa de mestrado que estamos realizando com vista à possibilidade de inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea, particularmente Relatividade, no ensino médio e a opinião dos professores que atuam em escolas da rede estadual em Porto Alegre. A partir da análise das entrevistas pudemos concluir que os professores concordam que o ensino de Física encontra-se defasado em determinados tópicos, com posturas extremamente tradicionais que não incorporam avanços científicos e tecnológicos que vêm surgindo já há algum tempo. A receptividade apática, e ao mesmo tempo questionadora, dos alunos sobre a utilidade do

conteúdo estudado na sua vida, é um fator que mostra que algo está mal na Física do ensino médio. De maneira geral, os professores apóiam a inserção de novos tópicos, defendendo a retirada de tópicos que são considerados enfadonhos no ensino de Física. No entanto, deve-se ressaltar que até o presente momento nenhum dos entrevistados trabalha em suas aulas com estes assuntos. É possível que sua opinião fosse outra se tivessem, efetivamente, tentado abordar tais tópicos em suas aulas, pois aí surgiria um problema até aqui não destacado: *a necessidade de o professor dominar o respectivo conteúdo*. cremos que qualquer tentativa, e urge que se tente, de inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio passa pela formação inicial e continuada de professores. Sem dúvida, é necessário “mexer” no currículo, alterar o programa do vestibular, ter bons materiais educativos, inclusive aproveitando as novas tecnologias, mas tudo isso nos parece secundário em relação ao papel do professor e sua formação, nesse processo de mudança.

Esperamos que o presente trabalho, embora simples e exploratório possa sinalizar nessa direção.

No próximo capítulo, apresentaremos os referenciais teóricos de David Ausubel(1968) e D. G. Gowin (1981) que serviram como base conceitual na estruturação deste trabalho.

## Capítulo 4

### REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresentamos o referencial teórico utilizado na pesquisa, enfocando a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel (1968) e a teoria de ensino de D. B. Gowin (1981).

#### 4.1 A Teoria de aprendizagem de David Ausubel

A teoria de Ausubel (apud Moreira, 1983, p.15) é uma das teorias de aprendizagem cognitiva existentes e, como tal, busca explicar teoricamente o processo de aprendizagem segundo a visão do cognitivismo. A psicologia da cognição procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa e organiza seu mundo. Preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso de informação envolvido na cognição.

A estrutura cognitiva de um indivíduo é o complexo organizado, resultante dos processos cognitivos através dos quais adquire e utiliza o conhecimento. Para Ausubel, novas idéias e informações podem ser aprendidas e retidas a medida em que conceitos relevantes inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e sirvam, dessa forma, como ancoradouro a novas idéias e conceitos (ibid.)

Quando novas informações adquirem significado para o indivíduo através da interação com esses conceitos, sendo por ele assimilados e contribuindo para a sua

diferenciação, elaboração e estabilidade, a aprendizagem é dita significativa. Segundo os cognitivistas, esse tipo de aprendizagem é, por excelência, o mecanismo para adquirir e reter a vasta quantidade de informações de um corpo de conhecimentos. Consistentemente com este ponto de vista, Ausubel destaca o processo de aprendizagem significativa como o mais importante na aprendizagem escolar (ibid.).

Provavelmente a idéia mais importante da teoria de Ausubel e suas possíveis implicações para o ensino e a aprendizagem possam ser resumidas na seguinte proposição, de sua própria autoria:

*“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo”*(apud. Moreira e Ostermann, 1999, p.45).

Quando Ausubel refere-se a aquilo que o aprendiz já sabe, ele está se referindo à “estrutura cognitiva” do aluno, ou seja, ao conteúdo total e à organização das idéias dos indivíduos. Para que esse conteúdo e organização existentes no aluno sejam realmente úteis, eles terão que ser aprendidos de uma maneira significativa, ou seja, de forma não-literal e não-arbitrária. Também não podemos confundir o trecho da frase citada de Ausubel com a expressão “pré-requisito”, pois esta expressão é altamente genérica, e ele refere-se aos aspectos específicos do conhecimento que são relevantes para a aprendizagem de novas informações.

"Averigüe isso" é uma tarefa bastante árdua, pois significa desvelar os conceitos, idéias, proposições disponíveis na mente do indivíduo e sua organização, o que, com

certeza, é realmente difícil de ser feito com pleno sucesso, pois implica em uma completa análise da estrutura cognitiva.

Por fim, "ensine-o de acordo", é outra tarefa bastante complicada, pois se é complexo perceber o que o aluno sabe; da mesma forma, difícil será conduzir um ensinamento de acordo com o que este sabe, organizar os conceitos básicos do que vai ser ensinado e utilizar os recursos que servirão para facilitar o entendimento de uma maneira significativa.

#### **4.1.1 Aprendizagem significativa e mecânica**

A teoria de Ausubel é centrada na aprendizagem significativa, onde uma nova informação se relaciona de maneira interativa com uma estrutura cognitiva específica, sendo que essa, no decorrer do processo, sofre modificações. Essa estrutura cognitiva específica, recebe o nome de “conceito subsunçor”.

O “subsunçor” é uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva que tem a possibilidade de servir como ancoradouro a uma nova informação, permitindo, assim, a atribuição de significado para quem a recebe.

Existe aí um processo no qual os conceitos mais relevantes e inclusivos interagem com o novo material servindo como uma base sólida, assimilando-o e interpretando-o, e sofrendo, simultaneamente, alterações em função da interação.

O que deve ser ressaltado é que a aprendizagem significativa tem como característica a interação entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, através da qual estas adquirem significados, sendo incorporadas à estrutura cognitiva de forma não-literal e não-arbitrária.

Na visão de Ausubel, o armazenamento de informações que ocorre na mente do aluno se dá de forma organizada e hierárquica. Esta organização é justificada precisamente pelo fato de ocorrer uma interação característica da aprendizagem significativa.

Já a aprendizagem mecânica é definida por Ausubel como sendo aquela onde o aluno armazena informações que não interagem com os conceitos subsunçores já existentes, nem contribuem com a elaboração e diferenciação do que já havia sido abordado anteriormente. Nas salas de aula nota-se claramente quando ocorrem casos de aprendizagem mecânica, pois o professor passa um determinado exercício no quadro e resolve para os alunos que acabam afirmando e achando que tinham entendido, mas posteriormente na apresentação do próximo exercício, o professor altera apenas um dos parâmetros do problema e o aluno revela que não sabe fazer.

Embora a aprendizagem significativa deva ser mais incentivada do que a mecânica, podemos excepcionalmente ter casos em que a mecânica acabe sendo valorizada e usada, como, por exemplo, numa fase inicial de aquisição de novos conhecimentos. Ausubel não estabelece a distinção entre a aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um contínuo (op.cit., p.47).

#### **4.1.2 Condições para que ocorra a aprendizagem significativa**

Uma das condições necessárias para que ocorra a aprendizagem significativa é a de que o material a ser estudado tenha significado lógico e seja relacionável com a estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-literal, sendo denominado assim, de potencialmente significativo.

Ou seja, para ser considerado potencialmente significativo o material deve ser relacionável, de forma substantiva e não-arbitrária, a idéias relevantes, e também deve estar bem estruturado e conter conhecimentos relevantes.

Contudo, a intenção de como este material será usado pelo aluno também será importante para podermos classificá-lo de potencialmente significativo, pois o material pode ter significado lógico, mas se o aluno utilizar a informação nele contida de uma forma mecânica a aprendizagem será praticamente nula.

#### **4.1.3 Origem dos Subsúnciores**

Engana-se quem pensa que os subsúnciores surgem de uma hora para a outra, pois eles começam a se formar de forma gradativa em cada indivíduo. Por exemplo, se pensarmos nas crianças, estas os adquirem através da formação de conceitos, provenientes da descoberta, testagem de hipóteses e generalizações. No entanto, estas crianças quando estiverem em idade escolar, certamente, já terão adquirido uma série de conceitos que passaram por uma progressiva diferenciação, ou seja, terá existido uma assimilação de conceitos.

A formação dos conceitos se dá nas crianças através do contato freqüente que elas possuem com o “objeto” da conceitualização; com o passar do tempo elas acabam identificando-o e rotulando-o com uma palavra.

Segundo Ausubel: *“Uma vez que significados iniciais são estabelecidos para signos ou símbolos de conceitos, através do processo de formação de conceitos, novas aprendizagens significativas darão significados adicionais a estes signos ou símbolos, e*

*novas relações, entre os conceitos anteriormente adquiridos, serão estabelecidos”.*

(Ausubel,1968, apud. Moreira e Ostermann, 1999, p.51)

Na falta de subsunçores adequados, Ausubel sugere o uso de materiais introdutórios que devem ser apresentados ao aluno antes do material a ser estudado, sendo que esse material deve ter um nível alto de abstração e generalidade. Estes organizadores prévios têm o objetivo de servir como ponte entre os conceitos que o aluno possui e os que ele deveria possuir para dar significado ao que será estudado no novo material, ou seja, fariam o papel de subsunçores.

Segundo as próprias palavras de Ausubel, *"a principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara"*(*ibid*). Ou seja, organizadores prévios servem para facilitar a aprendizagem, na medida em que funcionam como "pontes cognitivas”.

#### **4.1.4 Como verificar se a aprendizagem é significativa ou não**

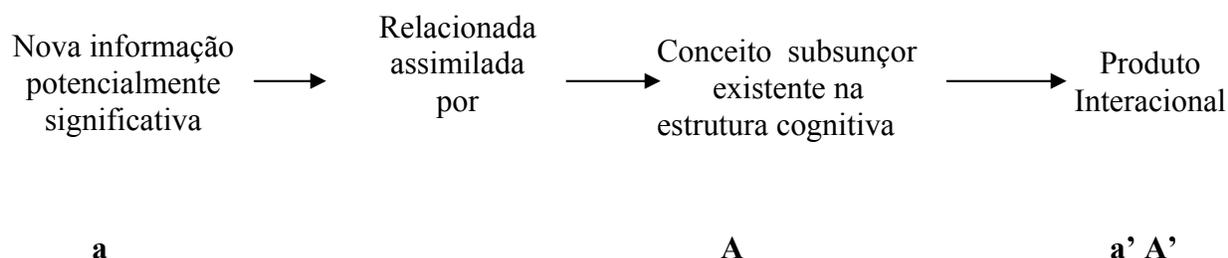
Segundo Ausubel, a melhor maneira de verificar a ocorrência de aprendizagem significativa é formular questões e problemas de maneira nova e não familiar que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido (Ausubel,1968 apud.Moreira e Ostermann, 1999, p.52).

Essas questões e problemas devem ser apresentados aos alunos de uma forma diferente da apresentada no material. Outra forma seria apresentar um tipo de tarefa, onde os alunos, para solucioná-la, teriam que possuir o conhecimento que serviria como base para a resolução da mesma.

#### 4.1.5 O que vem a ser assimilação

Segundo Ausubel, podemos usar o termo assimilação quando ocorre uma interação entre os novos e antigos significados. Convém ressaltarmos que mesmo com os novos significados, os antigos permanecem na estrutura cognitiva do indivíduo.

Um esquema do processo de acordo com Ausubel (Ausubel, 1978 apud. Moreira e Ostermann, 1999, p. 53) é o seguinte:



Ou seja, a assimilação é o processo que ocorre quando uma idéia, conceito ou proposição **a**, potencialmente significativo, é assimilado sob uma idéia, conceito ou proposição, isto é, um subsunçor, **A**, já estabelecido na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo. Não só a nova informação **a**, mas também o conceito subsunçor **A**, com o qual ela se relaciona e interage, são modificados pela interação. Ambos os produtos dessa interação, **a'** e **A'**, permanecem relacionados como co-participantes de uma nova unidade ou complexo ideacional **A'a'**. Portanto, o verdadeiro produto do processo interacional que caracteriza a aprendizagem

significativa não é apenas o novo significado de **a'**, mas inclui também a modificação da idéia-âncora, sendo, conseqüentemente, o significado composto de **A'a'**.

A assimilação, então, não é algo que se completa ou termina após a aprendizagem significativa, mas continua, ao longo do tempo, e pode envolver novas aprendizagens e perda de capacidade de reprodução de idéias subordinadas (Moreira e Ostermann, 1999, p.53).

#### **4.1.6 Aprendizagem subordinada**

Quando uma informação adquire significado através da ancoragem em subsunçores, isso reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura pré-existente. Ausubel refere-se a este processo como “subsunção”. Como a estrutura cognitiva, em si, tende a uma organização hierárquica em relação ao nível de abstração, generalidade e inclusividade das idéias, a emergência de novos significados conceituais ou proposicionais reflete, mais tipicamente, uma subordinação do novo conhecimento à estrutura cognitiva. (Moreira e Ostermann, 1999, p.54).

#### **4.1.7 Aprendizagem superordenada**

Conforme a aprendizagem significativa vai ocorrendo, existe a elaboração dos conceitos subsunçores, tendo a possibilidade de haver uma interação entre eles que poderá dar origem a conceitos com maior abrangência. No decorrer do raciocínio indutivo, no momento em que o material é organizado indutivamente, é que ocorre este tipo de

aprendizagem. De acordo com Ausubel, a aquisição de significados superordenados ocorre mais comumente na aprendizagem conceitual ou proposicional.

#### **4.1.8 Aprendizagem combinatória**

Segundo Ausubel, há também a aprendizagem de novas proposições, assim como de conceitos, que não seria nem por subordinação nem por superordenação. Seria como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo, de uma maneira geral, e não com aspectos específicos desta estrutura, como ocorre na aprendizagem subordinada e mesmo na superordenada (Ausubel, 1978 apud. Moreira e Ostermann, 1999, p.55). Quer dizer, a interação seria como uma combinação de significados pré-existentes.

#### **4.1.9 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa**

A diferenciação progressiva ocorre quando ao longo da aprendizagem significativa os conceitos subsunçores vão sendo modificados, elaborados, enriquecidos, devido à interação com novos conceitos. É típica da aprendizagem significativa subordinada.

Segundo Ausubel, à medida que novas informações são adquiridas, elementos existentes na estrutura cognitiva podem se reorganizar e adquirir novos significados; esta reorganização na estrutura cognitiva é chamada de reconciliação integrativa (Ausubel, 1978 apud. Moreira e Ostermann, 1999, p.55). É mais típica da aprendizagem significativa superordenada.

## 4.2 A Teoria de ensino de Gowin

Gowin (Moreira, 1993, p. 10) era professor da Universidade de Cornell (Estados Unidos), tendo como área de estudo os fundamentos da educação, da filosofia da educação e da estrutura do conhecimento, sendo altamente conhecido neste último campo de estudo pela utilização do seu Vê Epistemológico (Moreira, 1997, p. 10).

Gowin procura, em sua teoria, fazer uma relação entre professor, materiais educativos e aluno, onde o ensino-aprendizagem se dá no compartilhamento de significados entre aluno e professor, a respeito de conhecimentos veiculados pelos materiais educacionais (Moreira, 1993, p.10).

Esta interação entre Professor (P), Material Educativo (ME) e Aluno (A), está representada na figura 1:

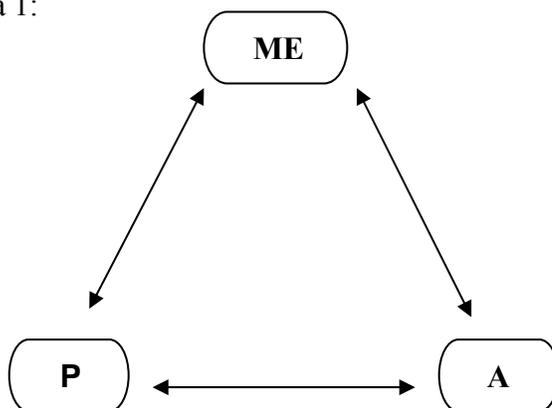


Figura 1: A relação triádica de Gowin.

O compartilhar significados é produto da relação entre estes três elementos:

*“O ensino se consoma quando o significado do material que o aluno capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno”* (Moreira, 1993, p.11).

Também é possível que ocorra, em determinadas situações, a interação do aluno com outro aluno, como por exemplo, na realização de um trabalho em grupo, mas ela deverá contribuir para a relação triádica.

O modelo estabelecido por Gowin pode ser resumido da seguinte forma:

- um episódio de ensino ocorre quando o aluno e o professor compartilham significados a respeito da matéria de ensino;
- para buscar a congruência de significados eles utilizam os materiais educativos do currículo;
- num determinado episódio de ensino, o professor intencionalmente procura alterar significados da experiência do aluno, através da utilização de materiais educativos do currículo;
- no momento em que o aluno apresenta uma disposição para aprendizagem significativa, ele atua intencionalmente para captar o significado dos materiais educativos;
- o professor apresenta ao aluno os significados já compartilhados pela comunidade a respeito dos materiais educativos do currículo;
- o aluno, por sua vez, relata ao professor os significados que captou;
- se não for obtido o compartilhar significados, o professor deve, novamente apresentar, de uma forma distinta, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino;
- o aluno, de alguma forma, externaliza, novamente, os significados que captou;

- a responsabilidade por verificar se os significados que o aluno captou são aqueles compartilhados pela comunidade de usuários cabe ao professor, enquanto o aluno é responsável por verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse;
- no momento em que o aluno compartilhar significados, ele estará preparado para tomar a decisão de aprender significativamente ou não;
- o ensino requer reciprocidade de responsabilidades; no entanto, aprender significativamente é uma responsabilidade do aluno que não pode ser compartilhada pelo professor.

No próximo capítulo apresentaremos a metodologia adotada na pesquisa, com a descrição das aulas dadas, as quais foram conduzidas levando em consideração idéias-chave destas teorias.

## Capítulo 5

### METODOLOGIA ADOTADA

Como foi dito na Introdução e no Capítulo 2, inicialmente o trabalho começou a ser desenvolvido através da pesquisa em artigos, dissertações, teses, e *Internet* sobre assuntos que relatassem a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, procurando dar uma atenção especial a trabalhos desenvolvidos com a Teoria da Relatividade, relatando experiências já realizadas nesse sentido. Esta pesquisa contribuiu para que pudéssemos ter uma base para prosseguir nossos estudos, através da análise de livros didáticos adotados nas escolas de ensino médio, verificando quais trabalhavam com esses assuntos e a forma como eram tratados. A partir disso, começamos a elaborar um texto sobre este assunto, para ser entregue aos estudantes, servindo assim como uma ferramenta extra de estudo. A pesquisa a sítios da *Internet* nos auxiliou ainda na descoberta de um *aplicativo* (<http://www.pet.dfi.uem.br/animacoes/outro/outro004/index.html>) que demonstrava princípios da Relatividade Restrita, e possibilitou também a identificação de um vídeo elaborado para as aulas do Tele Curso de 2<sup>o</sup> grau e apresentado na televisão aberta no intuito de contribuir na formação dos alunos que não completaram esse nível de ensino.

A seguir, como já foi relatado, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com 11 professores de Física de escolas de ensino médio, que foram gravadas em fitas magnéticas, e posteriormente transcritas, com o objetivo de colher a opinião desses profissionais sobre a necessidade de reformulação do currículo, das condições fornecidas para tal, bem como os assuntos e a forma que eles devem ser abordados.

As atividades de ensino foram desenvolvidas, em uma fase piloto, ao longo de oito aulas, com duração de 50 minutos cada, durante o terceiro trimestre de 2002 em uma turma do 3<sup>o</sup> ano do ensino médio da Escola Protásio Alves, composta por 37 alunos. Essas atividades se desenvolveram na forma de aulas expositivas onde o professor/pesquisador procurou enfatizar os tópicos de Relatividade Restrita abordando: os postulados, a simultaneidade, a dilatação do tempo e a contração do espaço, e ainda fazendo uso do vídeo das aulas 49 e 50 do Tele Curso de 2<sup>o</sup> grau e do *aplicativo* já mencionado.

Neste trabalho inicial não nos preocupamos em analisar nossa atividade através de testes, pois o objetivo era o de podermos ter informações adicionais para aprimorar nosso trabalho, para posteriormente ser reformulado e aplicado de uma forma consistente.

Após analisarmos as aulas desenvolvidas com essa turma, bem como o material aplicado, resolvemos reformular o texto entregue aos alunos, preenchendo lacunas de aspectos que não ficaram adequados para a compreensão do estudo.

Posteriormente a esta reformulação, novamente aplicamos nosso material educativo, agora em duas turmas do 3<sup>o</sup> ano da mesma escola, durante oito aulas do primeiro trimestre de 2004. As turmas que foram submetidas ao tratamento eram compostas por 25 alunos cada, na faixa etária de 16 a 20 anos, apresentando um comportamento participativo e interessado em sala de aula. Convém salientar que, apenas a partir de 2002, os tópicos de Física Moderna e Contemporânea começaram a fazer parte do conteúdo programático da disciplina e que o pesquisador já atuava como professor desta escola.

A avaliação da experiência na perspectiva dos alunos foi feita a partir da aplicação de um teste em uma turma chamada piloto para verificarmos a fidedignidade do teste de conhecimento. Após, aplicamos o teste de opinião e o teste de conhecimento (Apêndices 2 e 3), contendo 10 questões objetivas de múltipla escolha e 4 dissertativas,

sendo um deles realizado antes de começar a abordagem do conteúdo e o outro logo após o término das aulas, nas turmas de tratamento. O objetivo principal dos testes, foi o de analisar a visão do aluno sobre a Física normalmente estudada em sala de aula e verificar o que os estudantes sabiam a respeito do assunto proposto. Concomitantemente a isso, convidamos 5 alunos que quisessem realizar entrevistas semi-estruturadas, para que tivéssemos uma possibilidade de aumentar nossas informações a respeito do trabalho realizado.

Para o planejamento e preparação dos materiais a serem utilizados durante as aulas nos baseamos na relação triádica de Gowin, buscando a melhor forma de obter a interação professor, materiais educativos e alunos. A própria interação do aluno com outro aluno como, por exemplo, na realização de um trabalho em grupo é um outro fator que foi levado em consideração. Já a teoria de Ausubel, nos ajudou na análise do uso dos organizadores prévios, para fazermos uma ponte dos conceitos iniciais da cinemática como, por exemplo, velocidade, distância e tempo e os conceitos do tópico a ser estudado, objetivando atingir uma aprendizagem significativa.

## **5.1 Validação do Teste**

Para fins de validação (descrita no Capítulo VI), inicialmente selecionamos questões que foram aplicadas em vestibulares pelo país, bem como exercícios retirados de livros didáticos. Esse procedimento contribuiu para que tivéssemos questões adequadas. Após, submeteu-se o teste à análise de dois especialistas no conteúdo, ambos doutores em Física do Instituto de Física da UFRGS.

Feita a validação, para que analisássemos a eficácia do tratamento desenvolvido, medimos o desempenho dos alunos antes de ministrarmos as aulas e comparamos com o desempenho obtido após o tratamento.

Os testes iniciais e finais foram os mesmos e suas aplicações duraram cerca de 1 h e 30 min.

## **5.2 Descrição das aulas ( 50 minutos cada uma)**

### **1ª Aula**

Antes de começarmos a trabalhar o tópico Relatividade Restrita foi entregue aos alunos o questionário inicial, com o objetivo de verificar o conhecimento prévio destes. Logo após, foi realizada uma apresentação da vida e obra de Albert Einstein, enfatizando seus principais estudos. Em seguida, foi dada uma explanação de como é enfocado o estudo da Física nas escolas de nível médio, procurando mostrar rapidamente a cronologia das principais descobertas e por fim discutimos o objetivo de sugerir este novo tema até então não abordado.

Durante esta apresentação inicial os alunos questionavam qual seria o motivo de assuntos de Física Moderna e Contemporânea não serem normalmente abordados nas escolas de ensino médio. Não entendem porque assuntos que, na sua opinião, não despertam interesse e não apresentam grande utilidade como, por exemplo, a parte inicial da Cinemática, ainda continuam sendo trabalhados em sala de aula.

## **2ª e 3ª Aulas**

Nestas duas aulas entregou-se aos estudantes um texto referente à Teoria da Relatividade Restrita (ver Apêndice 1) . Inicialmente os alunos conheceram o material e após este foi lido e comentado com os alunos, possibilitando a participação efetiva tanto do professor como dos alunos, pois todos tiveram a oportunidade de discutir os conceitos envolvidos. Após a leitura de cada seção, ocorria uma explicação detalhada dos significados de algumas palavras bem como do conteúdo em si.

## **4ª Aula**

Nesta aula, foi apresentada uma fita de vídeo do Tele Curso do 2º grau, que aborda inicialmente o conceito físico do repouso e do movimento, introduzindo assim o conceito de referencial, no intuito de consolidar um conceito importante para a compreensão do tema a ser apresentado. Após, é realizada uma descrição da composição de velocidades para objetos, e abordando o fato de que o valor da velocidade da luz independe do referencial usado e que contraria os pensamentos iniciais da Física Galileana. A seguir é discutido o fenômeno da Dilatação do Tempo e da Contração do Espaço, sendo também utilizada a descrição do comportamento de uma partícula chamada múon. Por fim, aborda a equivalência entre massa e energia, finalizando com uma revisão. É importante destacar que o programa é baseado em uma constante troca de informações entre os atores que fazem parte do vídeo.

Para que houvesse um melhor aproveitamento deste material inicialmente assistiu-se o documentário completo e, logo na seqüência, retomou-se partes do vídeo que deixaram alguma dúvida. Nesse momento, o professor pôde enfatizar novamente alguns conceitos necessários para a compreensão do conteúdo, como por exemplo, referencial, velocidade da luz.

## 5ª Aula

Nesta oportunidade, os alunos foram conduzidos ao laboratório de informática da escola onde se dividiram em duplas, ficando cada uma destas manuseando o *aplicativo* demonstrativo (Figura 2) do tema abordado. Este programa ilustrou o fenômeno da dilatação do tempo, sendo que a cada momento os alunos alternavam a velocidade da nave para valores cada vez mais próximos ao da velocidade da luz, verificando que o tempo passava cada vez mais lentamente para o observador que se encontrava dentro da nave, enquanto que para o observador que encontrava-se em outro referencial (fora da nave, na Terra) o tempo transcorria de uma forma considerada convencional. Este programa proporcionou evidências de que quando a velocidade da nave é baixa, ou seja, com um valor inferior a 10 % da velocidade da luz os tempos mostrados em ambos os relógios são iguais.

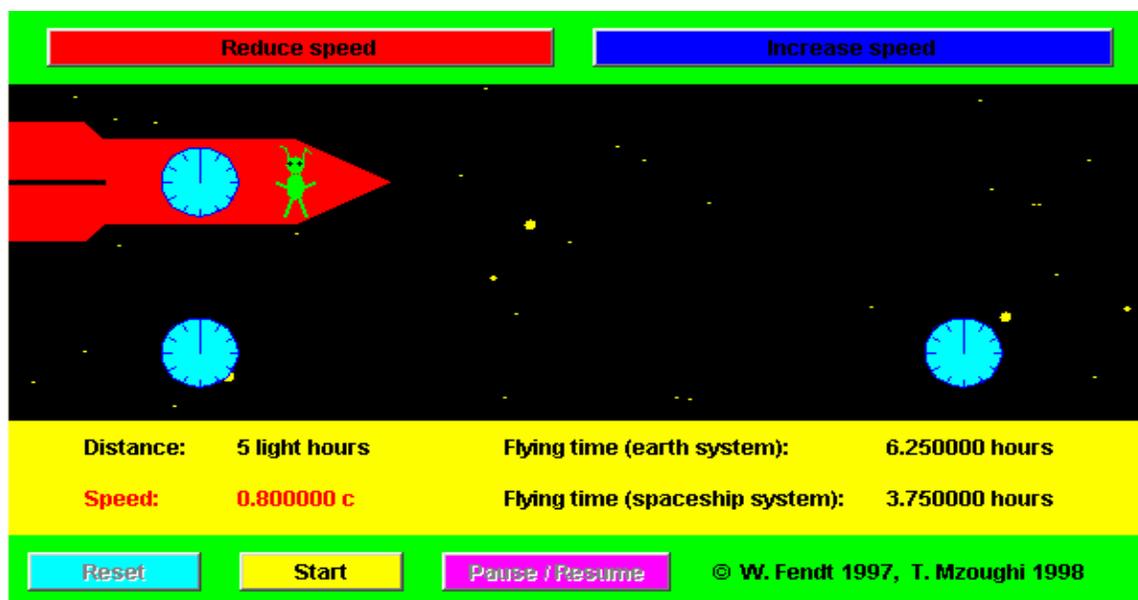


Figura 2- Imagem do aplicativo utilizado (<http://www.pet.dfi.uem.br/animacoes/outro/outro004/index.html>).

## **6ª Aula**

A partir do estudo do material elaborado entregue aos estudantes na segunda e terceira aulas, bem como da análise da fita de vídeo e do *aplicativo*, foi realizada uma aula de exercícios, onde os alunos tiveram a oportunidade de aplicar os conceitos envolvidos. Os estudantes foram divididos em duplas, às quais o professor auxiliava no desenvolvimento das questões no momento que surgia uma nova dúvida. Dentro dos questionamentos que surgiram podemos citar que com bastante frequência faziam referência à parte matemática de algumas questões. Já com os conceitos envolvidos nas questões parece ter ocorrido boa interpretação. Após a turma ter praticamente resolvido todos os exercícios propostos, alguns alunos aleatoriamente foram chamados ao quadro para resolverem e explicarem os exercícios. Este procedimento foi importante para que pudéssemos perceber determinados equívocos como, por exemplo, na interpretação do resultado obtido, no qual chegavam na resposta do exercício, mas a explicação científica não era a mais adequada.

## **7ª Aula**

Esta aula teve o objetivo de realizar uma revisão do conteúdo, procurando preparar os alunos para a prova, bem como salientar aspectos que ainda não haviam ficado tão claros. Para isso, os alunos foram divididos em grupos onde eles próprios elaboraram um resumo dos pontos mais importantes do conteúdo e verificaram quais exercícios em que ainda persistia algum tipo de dúvida. Após, foi proposto que cada grupo relatasse os seus resumos e exercícios, para que fosse possível analisar as principais dúvidas e reforçar os pontos principais do conteúdo.

## **8ª Aula**

Aplicou-se um teste final com os 50 alunos, com o objetivo de verificar como foi a interpretação do conteúdo estudado, bem como a receptividade. Este teste durou cerca de 1 hora e meia.

No próximo capítulo apresentaremos e comentaremos os resultados obtidos.

## Capítulo 6

### APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentaremos os resultados obtidos na implementação da proposta didática. Para análise dos dados foi utilizado o pacote estatístico *SPSS for Windows - Release 11.0*.

#### 6.1 Análise da Fidedignidade do Teste de Conhecimento

Conforme relatado anteriormente, aplicamos o teste a uma turma chamada piloto com o objetivo de estimar a fidedignidade dos instrumentos antes de aplicá-los às duas turmas do tratamento.

A fidedignidade de um instrumento refere-se à estabilidade, à reproducibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, isto é, ao grau de consistência dos valores medidos. Por isso, recorre-se a procedimentos estatísticos que permitem estimar a fidedignidade do instrumento a partir dos dados de um certo número de indivíduos.

A partir do resultado obtido após aplicação dos testes realizamos uma Análise de Consistência Interna (ACI). Segundo Cronbach (1967, apud. Moreira e Silveira, 1993), podemos decompor a variância do escore total em uma parcela atribuída ao que há de comum entre os escores parciais e uma outra parte ao erro de medida. A estimativa desta parcela fidedigna comum aos itens do teste pode ser quantificada pelo coeficiente de Cronbach. Quando se deseja utilizar os escores gerados pelos instrumentos para comparar as médias, podemos tolerar coeficientes da ordem 0,7 (Moreira e Silveira, 1993, p. 83).

Na tabela 8 observamos que a eliminação de qualquer item não aumentaria significativamente o coeficiente alfa do teste de conhecimento.

Tabela 8: Correlação item-total e coeficiente alfa se os itens especificados na primeira coluna da tabela fossem eliminados do teste de conhecimento aplicado na turma piloto.

<b>Teste de Conhecimento (10 itens)</b> <b><math>\alpha = 0,8044</math></b>		
<b>Item</b>	<b>Correlação item-total</b>	<b>Coef. alfa se o item for eliminado</b>
<b>1</b>	-0,0424	0,8380
<b>2</b>	0,4505	0,7905
<b>3</b>	0,4096	0,7953
<b>4</b>	0,6736	0,7645
<b>5</b>	0,4505	0,7905
<b>6</b>	0,5864	0,7747
<b>7</b>	0,5266	0,7817
<b>8</b>	0,5079	0,7839
<b>9</b>	0,6820	0,7645
<b>10</b>	0,5846	0,7752

## **6.2 Comparação entre o teste inicial e final**

Os resultados obtidos na aplicação do teste (Apêndice 2) são explicitados nas tabelas 9 e 10 mostrando o número de estudantes que optaram pelas diferentes alternativas nos testes inicial e final.

Tabela 9: Discriminação das escolhas realizadas pelos alunos ao responderem o teste inicial. Os escores em negrito correspondem às alternativas corretas.

Questões:	A		B		C		D		E		Branco	
	num	%	num	%								
<b>1</b>	13	26%	13	26%	12	24%	<b>5</b>	10%	7	14%	0	0%
<b>2</b>	6	12%	9	18%	<b>14</b>	28%	11	22%	10	20%	0	0%
<b>3</b>	5	10%	10	20%	7	14%	18	36%	<b>10</b>	20%	0	0%
<b>4</b>	8	16%	17	34%	14	28%	<b>11</b>	22%	0	0%	0	0%
<b>5</b>	5	10%	11	22%	16	32%	<b>18</b>	36%	0	0%	0	0%
<b>6</b>	<b>30</b>	60%	3	6%	9	18%	3	6%	5	10%	0	0%
<b>7</b>	<b>39</b>	78%	7	14%	3	6%	1	2%	0	0%	0	0%
<b>8</b>	<b>10</b>	20%	16	32%	3	6%	8	16%	13	26%	0	0%
<b>9</b>	9	18%	<b>15</b>	30%	12	24%	13	26%	1	2%	0	0%
<b>10</b>	<b>9</b>	18%	16	32%	9	18%	9	18%	7	14%	0	0%

Tabela 10: Discriminação das escolhas realizadas pelos alunos ao responderem o teste final. Os escores em negrito correspondem às alternativas corretas.

Questões:	A		B		C		D		E		Branco	
	num	%	num	%								
<b>1</b>	9	18%	7	14%	5	10%	<b>24</b>	48%	3	10%	0	0%
<b>2</b>	1	2%	6	12%	<b>34</b>	68%	6	12%	5	6%	0	0%
<b>3</b>	3	6%	2	4%	3	6%	15	30%	<b>27</b>	54%	0	0%
<b>4</b>	<b>14</b>	28%	11	22%	5	10%	<b>20</b>	40%	0	0%	0	0%
<b>5</b>	3	6%	3	6%	2	4%	<b>41</b>	82%	1	2%	0	0%
<b>6</b>	<b>38</b>	76%	1	2%	6	12%	2	4%	3	6%	0	0%
<b>7</b>	<b>49</b>	98%	0	0%	0	0%	1	2%	0	0%	0	0%
<b>8</b>	<b>28</b>	56%	3	6%	1	2%	10	20%	8	16%	0	0%
<b>9</b>	20	40%	<b>17</b>	34%	0	0%	13	26%	0	0%	0	0%
<b>10</b>	<b>37</b>	74%	5	10%	3	6%	0	0%	5	10%	0	0%

Na tabela 11, apresentamos uma comparação entre o desempenho antes e após as aulas de Relatividade Restrita.

Ao observarmos percentuais registrados na tabela 11, verificaremos que ocorreu um aumento no índice do teste inicial e final imposta pelo tratamento.

Tabela 11: Comparação entre o desempenho dos alunos nas questões dos testes inicial e final.

Teste Inicial							Teste Final					
Item	A	B	C	D	E	Perc. Acertos	A	B	C	D	E	Perc. Acertos
1	13	13	12	5	7	10%	9	7	5	24	3	46%
2	6	9	14	11	10	28%	1	6	34	6	5	68%
3	5	10	7	18	10	20%	3	2	3	15	27	54%
4	8	17	14	11	0	22%	14	11	5	20	0	40%
5	5	11	16	18	0	36%	3	3	2	41	1	82%
6	30	3	9	3	5	60%	38	1	6	2	3	76%
7	39	7	3	1	0	78%	49	0	0	1	0	98%
8	10	16	3	8	13	20%	28	3	1	10	8	56%
9	9	15	12	13	1	30%	20	17	0	13	0	34%
10	9	16	9	9	7	18%	37	5	3	0	5	74%

Na tabela 12, verificamos que, na média, ocorreu um aumento no escore obtido no teste inicial para o teste final.

Tabela 12: Comparação entre as médias dos testes inicial e final.

Teste de Conhecimento (10 itens)			
	Média do escore total	Desvio Padrão	Percentual de acertos
Teste inicial	3,22	1,43	32,20%
Teste final	6,30	1,75	63,00%

Após realizarmos as comparações entre as médias dos testes iniciais e final, verificarmos que ocorreu uma diferença nas médias, o que nos sugere que podemos aplicar o teste *t de Student* para dados pareados, para analisarmos se este aumento não é proveniente de fatores casuais. Segundo Barbetta (2003) o teste é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, em termos de seus valores médios. A estatística do teste baseia-se na diferença das médias antes e depois. E também é função de *n* (tamanho da amostra) e do desvio padrão. O fato de ser função de *n* implica que quanto maior o tamanho da amostra, mais conhecimento existirá sobre o fenômeno de estudo, já em relação ao desvio padrão, que é uma medida do grau de heterogeneidade do efeito daquilo que estamos estudando, quanto maior esta heterogeneidade, maiores devem ser as diferenças observadas entre as duas medidas para evidenciar uma diferença média significativa entre as médias.

A Tabela 13 apresenta a razão do *t de Student* (através do qual é obtido o nível de significância) para a diferença entre as duas médias e o nível de significância estatística desta diferença.

Tabela 13: Análise da significância estatística e diferença entre as médias a partir do teste t

<b>Testes</b>	<b>Média do score total</b>	<b><i>t</i></b>	<b>Nível de Significância estatística</b>
Teste inicial	3,22	12,81	0,000...
Teste final	6,30		

Isso significa que a diferença de médias é estatisticamente significativa, sendo praticamente nula a probabilidade de que sejam estatisticamente iguais.

### 6.3 Análise das respostas qualitativas do teste de conhecimento

O teste aplicado aos estudantes apresentou quatro perguntas qualitativas, sendo assim, apresentamos a seguir os resultados obtidos através das respostas distribuídas em categorias. As respostas corretas estão em negrito.

Na tabela 14, apresentamos as respostas da pergunta número 11 do teste inicial aplicado.

Tabela 14: No interior do compartimento em movimento de uma nave espacial, a luz se propaga a uma certa distância até sua extremidade frontal (chamada  $d_1$ ) e a uma certa distância até a extremidade traseira (chamada  $d_2$ ). Como essas distâncias se comparam, quando vistas no sistema de referência do foguete em movimento? E como essas distâncias se comparam quando vistas no sistema de referência de um observador num planeta estacionário?

Os dois observadores verificam que a luz chega ao mesmo instante	1
<b>Para o observador localizado no interior da nave a luz alcança a extremidade frontal no mesmo instante em que chega na extremidade oposta, isto em repouso ou a nave se movendo com velocidade constante, pois para ele <math>d_1=d_2</math>. Já o observador externo, vê a luz chegar á traseira da nave antes de chegar a frente do compartimento, pois para ele <math>d_2&lt;d_1</math>.</b>	<b>0</b>
Não responderam	49

Na tabela 15, apresentamos as respostas da pergunta número 12 do teste inicial aplicado.

Tabela 15: É necessário tempo para que a luz se propague ao longo de uma trajetória que vai de um ponto a outro. Se esta trajetória for vista como sendo mais longa devido ao movimento, o que acontecerá ao tempo que a luz leva para percorrê-la?

<b>A luz levará mais tempo para percorrer este trajeto</b>	<b>4</b>
A luz levará um tempo menor para percorrer este trajeto	3
Não responderam	43

Na tabela 16, apresentamos as respostas da pergunta número 13 do teste inicial aplicado.

Tabela 16: Se vemos o relógio de alguém funcionando lentamente devido ao movimento relativo, ele também verá nossos relógios funcionando da mesma maneira? Ou verá nossos relógios funcionando rapidamente?

Ele perceberá nosso relógio funcionando de uma forma mais rápida	5
<b>Ele perceberá nosso relógio funcionando lentamente também</b>	3
Não responderam	42

Na tabela 17, apresentamos as respostas da pergunta número 14 do teste inicial aplicado.

Tabela 17: Um passageiro de um expresso interplanetário, deslocando-se com  $v=0,99c$ , tira uma soneca de cinco minutos, pelo seu relógio. Quanto dura esta soneca do ponto de vista de um planeta considerado fixo?

<b>Realizaram a questão de forma adequada</b>	<b>0</b>
Não realizaram a questão adequada	1
Não responderam	49

Analisando as tabelas 14, 15, 16 e 17, notamos que o elevado número de estudantes que não responderam a questão é resultado da falta de conhecimento do assunto a ser inserido e até pelo fato de que uma das questões necessitava utilizar uma fórmula que descreve o fenômeno da dilatação do tempo.

Agora apresentaremos, as respostas qualitativas obtidas através do teste final.

Na tabela 18, apresentamos as respostas referentes à pergunta número 11 do teste final aplicado.

Tabela 18: No interior do compartimento em movimento de uma nave espacial, a luz se propaga a uma certa distância até sua extremidade frontal e a uma certa distância até a extremidade traseira. Como essas distâncias se comparam, quando vistas no sistema de referência do foguete em movimento? E como essas distâncias se comparam quando vistas no sistema de referência de um observador num planeta estacionário?

Os dois observadores verificam que a luz chega ao mesmo instante	3
<b>Para o observador localizado no interior da nave a luz chega às extremidades no mesmo instante, enquanto que para o observador externo isso não ocorre, pois a distância percorrida será menor</b>	21
Não responderam	26

Na tabela 19, apresentamos as respostas referentes à pergunta número 12 do teste final aplicado.

Tabela 19: É necessário tempo para que a luz se propague ao longo de uma trajetória que vai de um ponto a outro? Se esta trajetória for vista como sendo mais longa devido ao movimento, o que acontecerá ao tempo que a luz leva para percorrê-la?

<b>A luz levará mais tempo para percorrer este trajeto</b>	<b>17</b>
A luz levará um tempo menor para percorrer este trajeto	13
Não existirá qualquer tipo de alteração na medida do tempo	3
Permanecerá o mesmo	14

Na tabela 20, apresentamos as respostas referentes à pergunta número 13 do teste final aplicado.

Tabela 20: Se vemos o relógio de alguém funcionando lentamente devido ao movimento relativo, ele também verá nossos relógios funcionando da mesma maneira? Ou verá nossos relógios funcionando rapidamente?

Ele perceberá nosso relógio funcionando de uma forma mais rápida	23
<b>Ele perceberá nosso relógio funcionando lentamente também</b>	<b>21</b>
Ele perceberá nosso relógio funcionando de uma forma habitual	13
Não responderam	9

Analisando as respostas obtidas nesta pergunta, verificamos que ocorreu uma divisão de opiniões, mostrando que existe ainda certa dificuldade na compreensão do conceito de referencial.

Na tabela 21, apresentamos as respostas referente à pergunta número 14 do teste final aplicado.

Tabela 21: Um passageiro de um expresso interplanetário, deslocando-se com  $v = 0,99c$ , tira uma soneca de cinco minutos, pelo seu relógio. Quanto dura esta soneca do ponto de vista de um planeta considerado fixo?

<b>Realizaram a questão de forma adequada</b>	<b>23</b>
Não realizaram a questão de forma adequada	19
Não responderam	6

Ao analisarmos e compararmos as tabelas 18, 19, 20 e 21 do teste final com as tabelas apresentadas no teste inicial verificamos que ocorreu um aumento do número de estudantes que desenvolveram as questões em contraponto ao que vinha ocorrendo anteriormente onde apenas uma parcela mínima conseguia expressar algum conhecimento.

#### **6.4 Análise da Fidedignidade do Questionário de Atitudes**

Analisaremos agora, a fidedignidade do teste de opinião (Apêndice 3) realizando uma Análise de Consistência Interna (ACI), conforme relatado no item 5.1.

Na tabela 22, observamos que a eliminação de qualquer item não aumentaria significativamente o coeficiente alfa do teste de opinião.

Tabela 22: Correlação item-total e coeficiente alfa se os itens especificados na primeira coluna da tabela fossem eliminados do teste de opinião<sup>1</sup>.

<b>Teste de Opinião (20 itens)</b> <b><math>\alpha = 0,7117</math></b>		
<b>Item</b>	<b>Correlação item-total</b>	<b>Coef. Alfa se o item for eliminado</b>
<b>1</b>	0,3232	0,6967
<b>2</b>	0,0037	0,7278
<b>3</b>	0,4334	0,6865
<b>4</b>	0,4488	0,6861
<b>5</b>	0,2739	0,7014
<b>6</b>	0,2348	0,7077
<b>7</b>	0,3003	0,7021
<b>8</b>	0,4891	0,6807
<b>9</b>	0,3234	0,6968
<b>10</b>	0,3527	0,6935
<b>11</b>	0,3925	0,6936
<b>12</b>	0,2630	0,7023
<b>13</b>	0,1007	0,7184
<b>14</b>	0,1626	0,7116
<b>15</b>	0,6940	0,6940
<b>16</b>	0,2017	0,7079
<b>17</b>	0,3593	0,6958
<b>18</b>	0,0722	0,7190
<b>19</b>	0,3838	0,6900
<b>20</b>	0,3167	0,7013

## **6.5 Análise do Levantamento de Opiniões**

Tendo em vista o resultado positivo, sobre a efetividade do tratamento, apresentado na seção anterior, buscamos analisar também os dados obtidos a partir do levantamento de opiniões escritas e das entrevistas sobre a aplicação do tratamento.

<sup>1</sup> O alfa de Cronbach do teste de opinião foi calculado a partir dos dados coletados após o tratamento.

### 6.5.1 Resultados a partir das opiniões escritas

A seguir, apresentamos a tabela 23 referente as opiniões dos estudantes em relação ao tratamento proposto.

Tabela 23: Apresentação da opinião dos estudantes sobre o tema proposto.

Perguntas	CP	%	C	%	NO	%	D	%	DP	%
1	5	10%	20	40%	10	20%	13	26%	2	4%
2	1	2%	7	14%	3	6%	15	30%	24	48%
3	9	18%	27	54%	6	12%	6	12%	2	4%
4	1	2%	6	12%	8	16%	26	52%	9	18%
5	2	4%	10	20%	14	28%	19	38%	5	10%
6	8	16%	9	18%	4	8%	21	42%	8	16%
7	21	42%	28	56%	0	0%	1	2%	0	0%
8	4	8%	10	20%	12	24%	22	44%	2	4%
9	2	4%	10	20%	11	22%	23	46%	4	8%
10	5	10%	11	22%	10	20%	21	42%	3	6%
11	12	24%	31	62%	3	6%	4	8%	0	0%
12	1	2%	6	12%	10	20%	21	42%	12	24%
13	5	10%	17	34%	8	16%	18	36%	2	4%
14	2	4%	8	16%	8	16%	25	50%	7	14%
15	7	14%	21	42%	8	16%	12	24%	2	4%
16	2	4%	8	16%	8	16%	25	50%	7	14%
17	19	38%	19	38%	8	16%	2	4%	2	4%
18	0	0%	3	6%	5	10%	27	54%	15	30%
19	7	14%	22	44%	11	22%	9	18%	1	2%
20	4	8%	13	26%	10	20%	17	34%	6	12%

A seguir, apresentamos o questionário (Apêndice 3) utilizado nesta tabela:

1. O conteúdo de Relatividade, estudado em sala de aula, despertou meu interesse em procurar novas informações sobre Física.
2. Acredito que para o aprendizado desse assunto não seriam necessários recursos didáticos, a não ser o quadro negro e giz.

3. O *aplicativo* utilizado contribuiu para o esclarecimento do assunto abordado.
4. O material escrito não estava em uma linguagem acessível aos alunos.
5. Eu sempre gostei dos assuntos estudados em Física, no entanto, no momento que comecei a estudar Relatividade Restrita meu interesse aumentou.
6. Eu considerei o assunto muito difícil de ser estudado em sala de aula.
7. O vídeo utilizado contribuiu para a aprendizagem do tópico Relatividade.
8. O estudo da Relatividade não me motivou a querer saber mais sobre a Física.
9. Após a apresentação deste conteúdo, comecei a gostar mais de Física.
10. Acredito que aulas que inserem novos assuntos de Física são muito complexas para os alunos.
11. O material elaborado (texto) ajudou para a aprendizagem do assunto em questão.
12. Eu até hoje não consigo perceber a aplicação dos conteúdos da Física estudados em sala de aula.
13. Eu sempre gostei dos conteúdos estudados na disciplina de Física.
14. Todos os assuntos estudados anteriormente na disciplina de Física não me despertaram nenhum interesse.
15. O material escrito estava em uma linguagem clara, fácil de entender.
16. O *aplicativo* só serviu para confundir ainda mais os conceitos envolvidos na Relatividade.
17. Acredito que é importante inserir novos assuntos de Física nas aulas.
18. Relatividade é um assunto de importância apenas teórica.
19. Eu achei o conteúdo de Relatividade fácil de ser compreendido se comparado aos temas anteriormente estudados.
20. A utilização do vídeo não auxiliou na aprendizagem do conteúdo de Relatividade.

Acreditamos com base nos resultados obtidos, resumidos na tabela anterior, que o tratamento proposto obteve uma boa receptividade por parte dos estudantes envolvidos neste processo.

### 6.5.2 Resultados a partir das entrevistas

A partir da análise das entrevistas, complementarmente aos testes, acreditamos que houve aprendizagem significativa a partir de materiais educativos como o texto elaborado e entregue aos alunos, como o *aplicativo* e o vídeo apresentados. A seguir, reproduzimos algumas das falas dos alunos referentes à utilização dos materiais citados no tratamento:

*“Acredito ser importante esses tipos de materiais extras, pois normalmente estamos acostumados apenas com o quadro e giz”. (Aluno 1)*

*Eu gostei do aplicativo pois até hoje eu não tinha ido ao laboratório e através deste programa aprendi um pouco mais do conteúdo.(Aluno 2)*

*Com o texto ficou mais fácil, pois perdemos muito tempo para copiar a matéria.(Aluno 3)*

*O texto me ajudou na hora de estudar em casa pois consegui esclarecer minhas dúvidas. (Aluno 4)*

*Eu gostei mais do vídeo e do programa do computador pois além de ajudar a entender o que o professor explicou em aula podemos também interagir.(Aluno 5)*

Acreditamos que a inserção da Física Moderna e Contemporânea, em nosso caso a Relatividade Restrita, gerou uma satisfação e curiosidade nos estudantes. Esta conclusão se baseia em falas dos próprios alunos:

*Eu acho certo essas mudanças pois do jeito que tá é muito chato.(Aluno 1)*

*Assunto como a Relatividade é legal, tem a ver com o que se fala e o que aparece às vezes nos filmes que assistimos. (Aluno 2)*

*Qualquer assunto que venha a tentar modificar o ensino que temos hoje em aula já é válido.(Aluno 3)*

*Não adianta ficarmos estudando coisas que nossos avós também estudavam e não aprendermos nada de novo.(Aluno 4)*

*No mínimo, mostra que alguém está preocupado com a melhoria e qualidade do ensino de Física. (Aluno 5)*

*Só por saber que poucos alunos têm esse conteúdo já fiquei motivado. (Aluno 1)*

*Eu achei legal, pois já vi o filme do planeta dos macacos e o professor fez referência a este filme explicando como realmente acontecia a viagem. (Aluno 2)*

*Mais ou menos, pois tenho uma certa dificuldade em entender Física, por isso acho que acabo criando um bloqueio. (Aluno 3)*

*Eu adorei a iniciativa, quebramos o convencional estudando um assunto legal e novo no ensino médio. (Aluno 4)*

*Eu achei tri massa, pois além de não ser difícil eu comentei com uma amiga que estuda em outra escola e ela disse que lá não iam estudar isso, porque o professor disse que é um assunto muito complicado para alunos de ensino médio. (Aluno 5)*

A questão da preparação dos alunos também foi questionada, e a partir das falas dos alunos chegamos à conclusão que eles sentem-se preparados para aprender esses assuntos, o que na nossa visão é um fator importante em sua aprendizagem, pois quando o aluno acredita que não tem possibilidade de compreender determinado conteúdo se torna realmente complicado. A seguir, exemplos das falas que deram origem ao nosso argumento:

*Se o professor tiver paciência eu acho que os alunos conseguem entender a matéria até porque não é tão difícil. (Aluno 1)*

*Eu acho que falta base para a gente entender muita coisa, por exemplo, a parte matemática eu mesmo tenho dificuldade além de ser um assunto que você tem que tentar visualizar para entender. (Aluno 2)*

*O aluno que tem interesse pode aprender o conteúdo que quiser, o problema é que normalmente é só 2 ou 3 que querem aprender e aí não tem “santo” que faça milagre. (Aluno 3)*

*No início eu achei meio complicado de aceitar essas idéias, mas com o tempo fui começando a aceitar e entender. É como o professor comentou em aula, que essas idéias são complicadas de aceitar, pois estamos acostumados a velocidades pequenas. (Aluno 4)*

*Com certeza, porque para mim na Física tem assunto muito mais complicado e até chato e a gente acaba aprendendo, ou pelo menos passando de ano. (Aluno 5)*

No próximo capítulo faremos uma conclusão, um fechamento, do trabalho realizado.

## Capítulo 7

### CONCLUSÃO

A revisão dos artigos, teses e dissertações mostrou que existe bastante discussão a respeito da inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, embora se note que a implementação nas salas de aula ainda não ocorre da mesma forma, pois muito pouco tem sido relatado a respeito desta inserção, em termos de propostas implementadas.

Os próprios livros que são trabalhados em nossas escolas de ensino médio revelam que existe ainda um certo “esquecimento” dos assuntos de FMC, pois muitos deles os tratam de uma forma resumida e isolada nos últimos capítulos. O problema desses livros que não abordam o assunto é que caso o professor não trabalhe os conteúdos devido ao conteúdo programático excessivo ou à falta de tempo, os alunos não terão acesso a essas informações porque seus livros não relatam nenhuma descoberta e estudo mais recente.

Também buscamos informações sobre a situação do ensino de Física e sobre uma possível inserção de tópicos de FMC, junto a professores de ensino médio das escolas de Porto Alegre, que concordam que o ensino de Física encontra-se defasado em determinados tópicos, com posturas extremamente tradicionais que não incorporam avanços científicos e tecnológicos que vêm surgindo já há algum tempo. Para eles, existe a necessidade da reformulação do conteúdo programático das escolas e a análise crítica da importância de ainda se ensinar alguns conteúdos da Física Clássica. Contudo, nesta mesma pesquisa

constatou-se que, embora sejam favoráveis à inserção de tais tópicos, até o presente momento nenhum dos entrevistados trabalha em suas aulas com estes assuntos.

Em nossa pesquisa constatamos que é viável ensinar alguns tópicos da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, tanto do ponto de vista de conceitos como de atitudes. Os alunos mostraram-se motivados e desafiados a interpretar e compreender tópicos atuais. Os testes aplicados mostraram bons resultados, o que contraria algumas opiniões de que nossos alunos nunca conseguiriam entender e que, portanto, não adiantaria explicar.

A implementação passa a nosso ver, pela formação inicial e continuada de professores, pois temos que ter professores que estejam adequadamente preparados para esse novo projeto, para que não corramos o risco de ter vários profissionais trabalhando inadequadamente com a FMC em suas aulas, apenas para dizer que trabalham com assuntos atuais, o que comprometeria, com certeza, a qualidade do ensino e, conseqüentemente, a compreensão por parte dos alunos.

Ao implementarmos, em nosso caso, a Relatividade Restrita, notamos que tivemos um aliado importante, que foram as chamadas novas tecnologias de ensino, pois não é aceitável ficarmos ancorados em um ensino tradicional de quadro e giz, perante ao mundo de informações que a *Internet*, programas de computadores e vídeos têm a nos fornecer.

A utilização de um texto (Apêndice 1), passando pelas fases de pesquisa, elaboração, reformulação, discussão, até o momento de sua versão final, foi um fator primordial para o bom andamento das aulas e para a compreensão dos estudantes, pois hoje perante o contexto no qual as escolas aos poucos deixam de adotar livros, principalmente as estaduais e municipais, uma ferramenta deste tipo torna-se imprescindível. Tanto este texto como os demais materiais foram utilizados na perspectiva de serem potencialmente significativos e seu uso em sala de aula ocorreu à luz do modelo triádico de Gowin descrito no capítulo 4.

Embora exista o consenso geral a favor da inserção de tópicos de FMC, acreditamos que pesquisas científicas nessas áreas devam continuar a crescer a cada dia, pois existe a necessidade de um embasamento teórico consolidado para que essa inserção seja um sucesso. Congressos e seminários são aliados importantes, pois é um espaço de discussão e troca de experiências.

Outra constatação em nossa pesquisa é que se considerarmos que grande parte dos alunos do ensino médio estudam apenas tópicos de Física Clássica nos três anos de ensino desse nível, isso impossibilita que tenham contato com o conhecimento construído pela ciência no século XX. Esse contato, além de possibilitar a compreensão de fenômenos ligados a situações que ocorrem na vida dos estudantes, contribui para atrair jovens a seguir a carreira científica, estudando o que de mais recente acontece no campo da ciência.

Durante a revisão de artigos, a justificativa de Aubrecht (1989), foi incentivadora para que déssemos prosseguimento à pesquisa. A necessidade da atualização curricular nas escolas, nos "*colleges*" e nas universidades norte-americanas, é atestada na existência de uma dicotomia, proposta por dois físicos da Universidade de Maryland:

*Se um físico do século XIX fosse solicitado a ensinar Física em um nível introdutório usando um texto atual, ele o faria sem grandes dificuldades. Mas se este mesmo físico tentasse ler **Physical Review Letters** ou **Physical Review** ou falar sobre pesquisas atuais de Física, isto seria impossível para ele.*

Esperamos, por fim, que este trabalho possa contribuir com subsídios ao professor, que é um elemento fundamental em qualquer tipo de mudança que se queira fazer na educação. Surge, neste século, a necessidade de um profissional que conheça os avanços

mais recentes da ciência que ensina e que domine ferramentas que possibilitam repensar o currículo na perspectiva de sua atualização e da aprendizagem significativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEMAÑ BERENGUER, R. A. Errores comunes sobre relatividad entre los profesores de enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 15, n. 3, p. 301-307, nov. 1997.

ALVETTI, M. A. S.; DELIZOICOV, D. Ensino de Física moderna e contemporânea e a Revista Ciência In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6., 1998, Florianópolis. Atas.

AMALDI, U. Imagem da física: vol. único. 1 ed. São Paulo: Scipione, 1995, 537 p.

AUBRECHT, G. J. Redesigning courses and textbooks for the twenty-first century. American Journal of Physics, Woodbury, v. 57, n. 4, p. 352-359, Apr. 1989.

AUSUBEL, D. Educational psychology: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart and Winston. 1968.

BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. 5. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003, 340 p.

BISCUOLA, G. J.; MAIALI, A. C. Física: vol. único. 3 ed. São Paulo: Afiliada, 1998, 652p.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. Tópicos de física 3: vol. 3. 15 ed. São Paulo: Saraiva, 2001, 460p.

BONJORNO, R. A.; BONJORNO, J.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. Física completa: vol. único 2 ed. São Paulo: FTD, 2001, 551p.

CABRAL, F.; LAGO, A. Física 3: vol. 3. 1 ed. São Paulo: Harbra, 2002, 538p.

CAMARGO, A. J. A. A introdução de física moderna no 2<sup>o</sup> grau; obstáculos e possibilidades. Florianópolis: Curso de Pós Graduação em Educação - UFSC, 1996. Diss. Mestr. Educação.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. As faces da física: vol. único. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2002, 742p.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. Física: vol. único. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003, 264p.

CAVALCANTE, M. A.; JARDIM, V.; BARROS, J. A. A. Inserção de física moderna no ensino médio: difração de um feixe laser. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 154-169, ago. 1999.

COSTA, I.; ALMEIDA, L. C.; SANTOS, M. S. Obstáculos e possibilidades para a IFMC no 2<sup>o</sup> grau. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12, 1997, Belo Horizonte. Atas do .... Belo Horizonte: UFMG, 1997. p. 639 - 642.

FERRARO, N. G.; PENTEADO, P. C.; SOARES, P. T.; TORRES, C. M. Física: ciência e tecnologia: vol. único. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2001, 650p.

GASPAR, A. Física: vol. 3. 1. ed. São Paulo: Ática, 2003, 448p.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física e realidade. 1 vol. 1. ed. São Paulo: Scipione, 1997, 384p.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física para o ensino médio: vol. único. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2002, 480p.

GOWIN, D. B. Educating. Ithaca Nova Yorque. Cornell University Press. 1981, 210p.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. São Paulo: USP, 1993. 3. ed.

HEWITT, P. G. Física conceitual: vol. único. 9. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2002, 673p.

JÚNIOR, D. B. Física moderna - tópicos para o ensino médio. Editora Companhia da Escola. São Paulo, 2002.

JÚNIOR, F. R.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. Os fundamentos da física. vol. 3. 6. ed. São Paulo: Moderna, 1998.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.. Curso de Física. vol. 1. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2003, 391p.

MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao ensino da física*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/ UFRGS, 1983, 189p.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem: a entrevista clinica e a validação de testes de papel e lápis. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993, 101p.

MOREIRA, M. A. *A Teoria de Educação de Novak e o Modelo Ensino-Aprendizagem de Gowin*. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 1993. (Monografias do Grupo de Ensino, n. 11).

MOREIRA, M. A. *Diagramas V no ensino da física*. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 1997. (Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 7).

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. *Teorias construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 1999. (Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 10).

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Tópicos de física contemporânea na escola média brasileira: um estudo com a técnica Delphi. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6., 1998, Florianópolis. *Atas*. Florianópolis: Imprensa UFSC, 1998. 19 p.[ Seção de Comunicações Oraís] 1 CD – Rom.

OSTERMANN, F. *Tópicos de física contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de física*. 2000. 433 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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

PARANÁ.(Djalma Nunes da Silva) Física: edição compacta, vol. único. São Paulo: Editora Ática, 2003, 312p.

PAULO, I. J. C. Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de física moderna no ensino de nível médio. Cuiabá: Instituto de Educação UFMT, 1997. Diss. Mestr. Educação.

PEREIRA, O. S.; HAMBURGER, E. W.; TASSARA, M. G.; BITTENCOURT, D. R. S. Produção, avaliação e utilização de um vídeo para o ensino de física moderna: radiação cósmica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12, 1997, Belo Horizonte. Atas do .... Belo Horizonte: UFMG, 1997, p. 314 - 326.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. Os fundamentos da física. vol. 1 8 ed. São Paulo: Moderna, 2003.

RICCI, T. F. Teoria da relatividade especial. Porto Alegre. Instituto de Física – UFRGS, 2000. (Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 11)

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. Física: vol. único. 1 ed. São Paulo: Atual, 2003, 472p.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TERRAZZAN, E. A. Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média. São Paulo: Curso de Pós-Graduação em educação – USP, 1994. Tese.

TERRAZZAN, E. A.; STRIEDER, D. M. Planejamentos didáticos: uma agenda de investigação para o ensino de física moderna na escola média. In: SIMPOSIO NACIONAL DE ENSINO DE FISICA, 12, 1997, Belo Horizonte. Atas do .... Belo Horizonte: UFMG, 1997. p. 606 - 613.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

# APÊNDICES

# **Apêndice 1**

**Texto elaborado sobre Relatividade Restrita**

# Relatividade

*Mauro Duro Borges*

## **1. Surgimento da Teoria da Relatividade**

No final do século dezenove, havia um consenso entre os cientistas de que todas as leis importantes da Física haviam sido formuladas. Os movimentos dos corpos na Terra eram descritos pelas três Leis de Newton do movimento; os movimentos planetários pela Lei da Gravitação Universal e os fenômenos eletromagnéticos pelas Leis de Maxwell da Eletricidade e do Magnetismo.

Entretanto, começavam a aparecer vários fenômenos, relacionados ao mundo dos átomos e moléculas, que os cientistas estavam encontrando dificuldades em explicar usando a Física Clássica. No início do século passado, começou a ser desenvolvida a Teoria da Relatividade, que introduziu profundas transformações em conceitos básicos. Ela é composta por duas partes. Uma delas é a *Teoria da Relatividade Restrita (ou Especial)*, proposta por Einstein em 1905, quando ele tinha 26 anos de idade. Nessa parte, todos os fenômenos são analisados em relação a referenciais inerciais. Referenciais inerciais são sistemas de referência para os quais a Lei da Inércia é válida. Ou seja, se a resultante das forças exercidas sobre o corpo for nula e o referencial usado for inercial, então o corpo deve permanecer em repouso ou em MRU com relação ao referencial.

A importância dos referenciais inerciais é que diferentes observadores, utilizando-se de diferentes referenciais deste tipo, medem os mesmos valores para força, massa e aceleração.

A outra parte é a *Teoria da Relatividade Geral*, publicada em 1915, que aborda fenômenos do ponto de vista de referenciais não-inerciais. No entanto, neste trabalho não nos deteremos em seu estudo.

É importante ressaltar que a Teoria da Relatividade não invalidou a Mecânica Newtoniana, que continua válida para velocidades pequenas em comparação com a velocidade da luz no vácuo (Relatividade Galileana). Veremos mais adiante, através das equações apresentadas, que ao substituirmos valores numéricos baixos para a velocidade dos objetos, quando comparados com a velocidade da luz, verificamos que a afirmação acima é correta.

## **1.1 Postulados da Teoria da Relatividade Restrita**

Depois de dez anos refletindo sobre as dificuldades da física de seu tempo, Einstein, como mencionado anteriormente, publicou sua teoria em 1905, em um artigo intitulado “*Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*”, onde apresentou os dois postulados básicos da teoria da Relatividade Restrita.

O primeiro, denominado Princípio da Relatividade, é uma generalização das conclusões de Galileu e Newton acerca da validade da Mecânica em todos os referenciais inerciais. Além de confirmar a impossibilidade de distinguir repouso e movimento em referenciais inerciais, por meio de qualquer experimento Físico, esse princípio nega a existência de um referencial absoluto em todo o universo. Não existe um referencial inercial “melhor” que outro. O primeiro postulado afirma:

*Todas as leis da Física são as mesmas em todos os sistemas de referência em movimento uniforme.*

Em outras palavras, fenômenos observados em diferentes referenciais inerciais devem sempre seguir as mesmas leis da Física, e não apenas da Mecânica. Por exemplo, se tomarmos um avião a jato voando a 700 km/h, verificamos que o café derrama na xícara da mesma forma como o faz quando o avião está parado (Hewitt, 2002, p. 598). Do ponto de vista experimental, o princípio da Relatividade de Einstein afirma que qualquer experiência realizada num laboratório em repouso daria os mesmos resultados se feita em outro laboratório movendo-se em velocidade constante relativamente ao primeiro. Portanto, não existe referencial inercial preferencial.

O segundo postulado estabelece que:

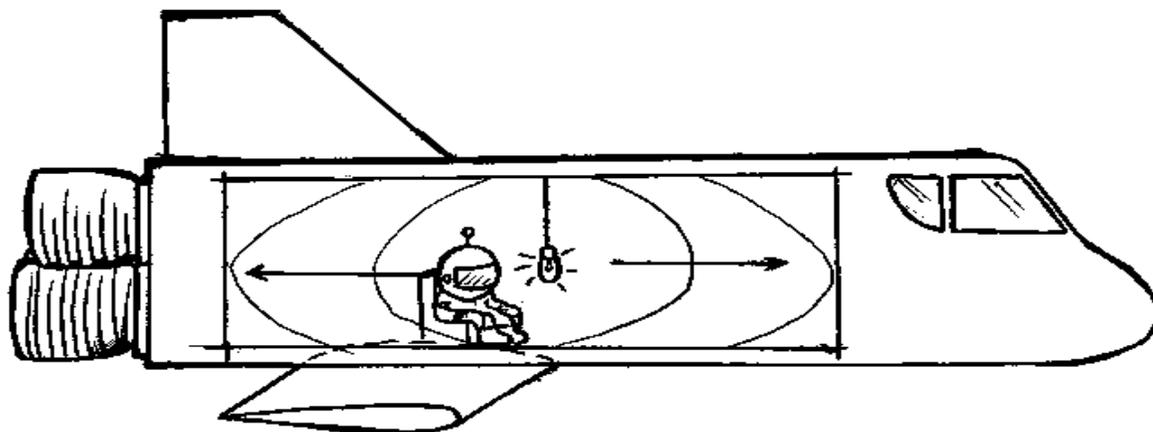
*A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, qualquer que seja o seu movimento ou o movimento da fonte.*

É importante destacar que nenhuma partícula com massa diferente de zero move-se com velocidade superior a da velocidade da luz, pois esta independe do movimento da fonte ou do observador, sendo possível demonstrar que um corpo massivo precisaria de uma energia infinita para ser levado do repouso até a velocidade  $c$ .

## **1.2 Simultaneidade dependente do referencial**

Dois eventos são simultâneos quando ocorrem ao mesmo tempo. Mas o que significa “ocorrer ao mesmo tempo”? Podemos ilustrar o efeito da simultaneidade quando utilizamos uma fonte luminosa colocada no meio de uma nave espacial, ao ser ligada, ela tem sua luz espalhada em todas as direções com uma velocidade  $c$ . Para um observador que esteja localizado no interior da nave, essa luz alcança as extremidades frontal e traseira ao

mesmo tempo, quando a nave está em repouso ou com velocidade constante. Portanto, para este observador, esses eventos ocorrem simultaneamente (Hewitt, 2002, p. 599) .



**Figura 1:** Nota-se que a luz percorre distâncias iguais até as extremidades da nave, chegando ao mesmo tempo em ambas as partes (Figura baseada em Hewitt, 2002, p. 599) .

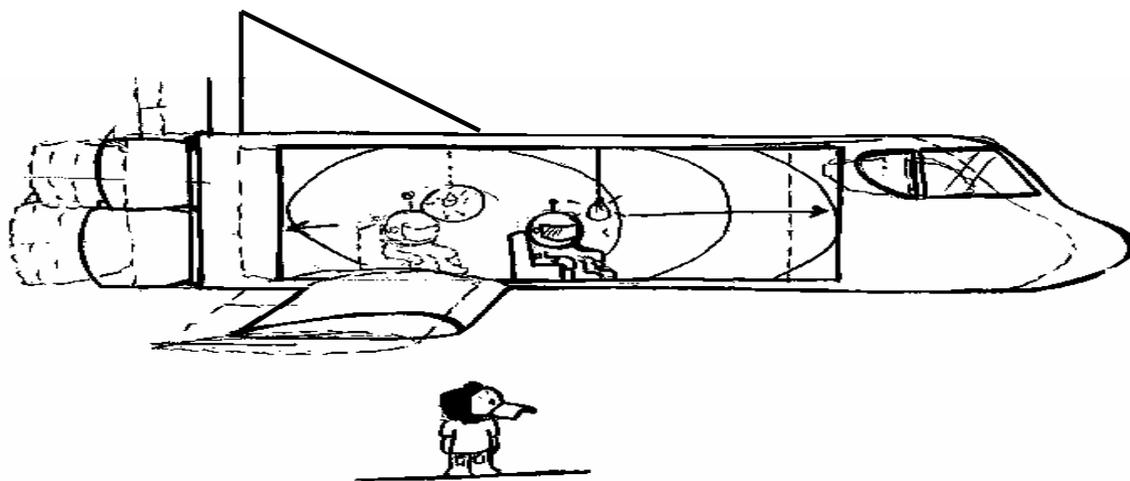
No entanto, para um outro observador que se encontra fora da nave, e que não se mova junto com ela, estes eventos não serão simultâneos, pois no momento em que a luz for emitida, a nave estará deslocando-se para frente, de modo que a traseira do compartimento se move em direção ao feixe luminoso, enquanto que a frente se move em direção oposta. Ao analisar deste modo, verifica-se que o feixe que se desloca para trás possui uma distância menor a percorrer quando comparado ao feixe que segue para frente. Considerando que a velocidade da luz é a mesma para as duas trajetórias, este observador externo verifica que a luz chegará na parte de trás da nave antes de chegar no compartimento da frente, de modo que para o observador fora da nave os eventos não são simultâneos.

Com isso, conclui-se que a simultaneidade é uma questão relativa e não absoluta, pois ambas as conclusões desenvolvidas pelos observadores estão adequadas. Ou seja:

*Dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move em relação ao primeiro.*

É importante destacar que esse exemplo, quando visto sob a luz das transformações de Galileu, isto é, quando a velocidade da nave é baixa em comparação à velocidade da luz, acarreta em simultaneidade para ambos os observadores.

Essa não-simultaneidade de eventos num sistema de referência quando eles são simultâneos em outro sistema é um resultado puramente relativístico - uma consequência de que a luz se propaga com a mesma velocidade para todos os observadores.



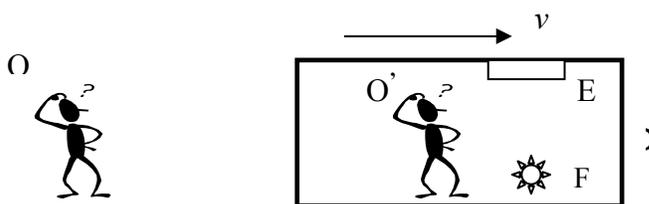
**Figura 2:** Nota-se que para o observador situado fora da nave a chegada da luz não ocorre ao mesmo tempo, pois como a nave se desloca para a frente a luz que dirige-se em sentido oposto não precisa deslocar-se tanto e acaba chegando à extremidade antes do que a luz que se dirige para a extremidade frontal (Figura baseada em Hewitt,, 2002, p. 599).

## 2. Dilatação do Tempo

A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da invariância da velocidade da luz. Se as distâncias percorridas por um ponto material dependem do referencial considerado e a velocidade da luz não, isto deve acarretar certas consequências.

Uma dessas consequências é que a medida da duração de um mesmo fenômeno físico é diferente dependendo do referencial em que ela é medida. Por falar em referencial, adotaremos S como referencial em repouso (fixo na Terra); S' como referencial em movimento; O como observador em repouso (fixo na Terra) e O' como observador situado no interior do vagão em movimento.

Imaginemos por exemplo um vagão de altura D que se move a uma velocidade não desprezível em comparação à da luz, em relação ao solo. Um observador O (referencial S) encontra-se parado em relação ao chão e vê o vagão passar com velocidade  $v$ . Outro observador O' encontra-se dentro do vagão (referencial S'), em repouso em relação ao mesmo.



**Figura 3:** Nota-se que a fonte luminosa encontra-se no solo do trem e que os observadores encontram-se em distintas posições em relação à luz.

Cada observador perceberá o tempo do outro passando mais lentamente, sendo esse efeito denominado de dilatação do tempo. É possível relacionar os intervalos de tempo  $t$  e  $t'$  medidos pelos observadores O e O', respectivamente, pela seguinte expressão:

$$t = \gamma \cdot t'$$

Em que  $\gamma$  é uma constante relativística dada por:

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

onde:  $v$ - é a velocidade desenvolvida pelo vagão, citada na página anterior

$c$ - é a velocidade da luz

É importante analisar essa expressão com atenção:

- Se  $v \ll c$ , então  $v^2/c^2$  resultará em um número muito pequeno, desprezível,

praticamente nulo. Então:

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

- Se  $v < c$ , no entanto não desprezível em relação a  $c$ , o denominador na expressão  $\gamma$  é menor do que a unidade, o que faz com que  $\gamma$  seja maior do que 1.
- Se  $v = c$ , o denominador na expressão de  $\gamma$  anula-se, o que faz  $\gamma$  tender para o infinito.

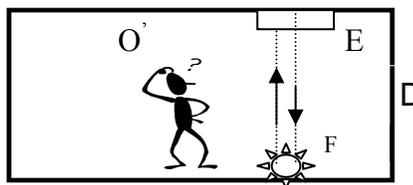
Em nosso cotidiano, onde nos habituamos com velocidades desprezíveis em comparação com a da luz, teremos sempre  $\gamma = 1$  com excelente aproximação. Com isso, os tempos medidos pelos observadores não serão sensivelmente diferentes um do outro e, de fato, o efeito de dilatação do tempo será desprezível.

## 2.1. Demonstração da dilatação do tempo

Utilizaremos para a demonstração o vagão citado anteriormente, no qual uma fonte de luz F, fixa no piso do vagão, viaja com ele, com a mesma velocidade  $v$  em relação ao chão. No teto do vagão existe um espelho plano fixo chamado E, em repouso em relação ao vagão. Outro observador  $O'$  encontra-se dentro do vagão (referencial  $S'$ ), em repouso em relação a ele e também à fonte de luz F e ao espelho.

Num certo momento um pulso de luz é emitido pela fonte F, vai até um espelho plano E fixo no teto do vagão, sofre reflexão e volta até a fonte F.

O observador  $O'$  “vê” o pulso luminoso subir uma distância D, a uma velocidade  $c$  na vertical, e descer de volta, percorrendo a mesma distância D, com a mesma velocidade, gastando para isso um tempo  $t'$ , conforme a figura 4.



**Figura 4:** Nesta figura notamos a trajetória vertical da luz, incidindo no espelho e retornando ao solo, na visão do observador  $O'$  (Figura baseada em Júnior, 2002, p. 23).

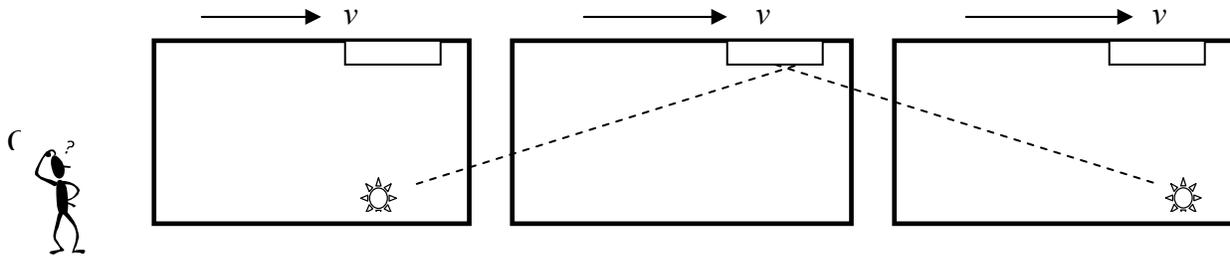
Calculamos  $t'$  por:

$$t' = 2D/c ,$$

recordando que  $2D$  corresponde a distância percorrida pela luz para ir de um ponto a outro e retornar à sua origem.

Ao analisarmos agora a situação do ponto de vista do observador  $O$ , fixo na Terra, ou seja fora do vagão, nota-se que ele percebe o pulso luminoso subir na vertical com velocidade  $c$ , ao mesmo tempo em que o vagão se move na horizontal com velocidade  $v$ . Ou seja, ele “vê” o raio descrever uma diagonal da fonte até espelho, e depois descrever

também uma diagonal simétrica à primeira, retornando à fonte F, tudo num intervalo de tempo denominado  $t$ , como ilustrado na figura abaixo.

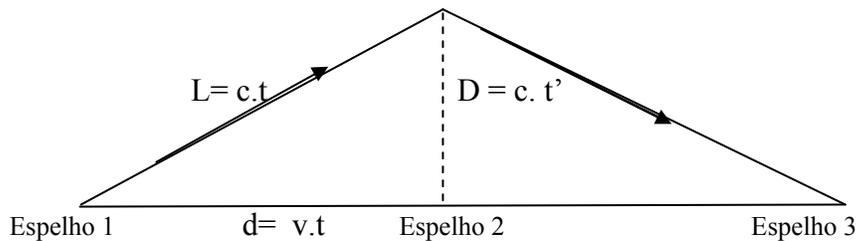


**Figura 5:** A trajetória da luz de acordo com o observador O (Figura baseada em Júnior, 2002, p.

23).

Podemos analisar essa descrição da trajetória através da figura abaixo, onde notamos que existem dois triângulos retângulos semelhantes. Verificamos ainda que  $ct$  é a hipotenusa, e  $ct'$  e  $vt$  são os correspondentes catetos.

Aplicando o teorema de Pitágoras a esta figura, o qual estabelece que o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos, obtemos:



$$L^2 = d^2 + D^2$$

$$c^2 t^2 = c^2 t'^2 + v^2 t^2$$

$$c^2 t^2 - v^2 t^2 = c^2 t'^2$$

$$t^2 [(1 - v^2/c^2)] = t'^2$$

$$t^2 = \frac{t'^2}{1 - (v^2/c^2)}$$

$$1 - (v^2/c^2)$$

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$

$$t = \gamma \cdot t',$$

em que  $\gamma$  é uma constante dada por

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

Então:

para o observador O', dentro do vagão, o pulso sai e chega no mesmo lugar do espaço. Já para o observador O localizado fora do vagão, o pulso sai de um ponto do espaço e chega de volta em outro ponto, pois o vagão move-se para a direita. O tempo entre dois eventos que ocorrem no mesmo lugar do espaço é chamado tempo próprio e nesse caso é o  $t'$ . Como  $t \geq t'$  (pois  $\gamma \geq 1$ ), concluímos que o intervalo de tempo medido em outro sistema de referência pode ser maior que o tempo próprio se  $\gamma \geq 1$ , assim conseguimos demonstrar a dilatação do tempo observada pelo observador em relação ao qual o relógio de luz se movimenta.

### 3. Contração do Comprimento

Uma das conseqüências da relatividade da simultaneidade refere-se a medidas do comprimento de um corpo, num referencial em que ele esteja em movimento. Tomemos uma barra em repouso em relação ao solo, sendo  $L_0$  o comprimento desta no referencial próprio dela, aquele em que ela se encontra em repouso. A questão que nos interessa agora

é como medir, sem ambigüidades e sem pará-la, o comprimento desta barra num outro referencial S', com respeito ao qual ela esteja se movendo com velocidade relativa constante  $v$ . A maneira de realizar isso, de forma precisa, é determinar simultaneamente as posições das duas extremidades da barra nesse sistema de coordenadas. Seu comprimento, então, será dado pela diferença entre as coordenadas dessas duas posições no referencial S'. Entretanto, sendo relativa a simultaneidade, as medidas do comprimento da barra dependerão do sistema escolhido, portanto, também serão relativas. Observadores diferentes usando diferentes referenciais medirão comprimentos diferentes para a barra. (Ricci, 2000, p. 19).

Na teoria da Relatividade Especial pode-se demonstrar que a relação entre os comprimentos medidos por observadores distintos é dada por:

$$L' = L_0 \cdot \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$$

$$L' = L_0 / \gamma$$

onde  $v$  é o valor da velocidade relativa entre o objeto a ser medido e o observador, e  $c$  é a velocidade da luz,  $L_0$  é o comprimento do objeto medido em um referencial em que ele se encontra em repouso, sendo chamado de comprimento próprio e  $L'$  é o comprimento medido do objeto no referencial com respeito ao qual ele se move com velocidade  $v$ .

Com o auxílio da relação acima podemos mostrar que quando a velocidade aumenta, a medida do comprimento ao longo da direção do movimento é diminuída. Os comprimentos perpendiculares à direção do movimento, porém, não se alteram.

### 3.1 Demonstração da Contração do Comprimento

Considerando novamente o exemplo do trem dado anteriormente, com os observadores  $O'$  (fixo no trem) e  $O$  (fixo na Terra), vamos considerar uma barra de comprimento  $L_0$ , medida pelo observador  $O$ , em repouso em relação à barra. Portanto,  $L_0$  é o comprimento próprio da barra. O vagão passa pela barra com uma velocidade  $v$  durante um intervalo de tempo  $t = t_f - t_i$ , onde  $t_i$  é o instante de tempo que a frente do vagão, por exemplo, começa a passar pela barra e  $t_f$ , o instante onde a frente do vagão termina de ultrapassar a barra. Portanto teremos:  $L_0 = v \cdot t$ .

O observador  $O'$ , dentro do vagão, ao ultrapassar a barra, terá a sensação de que é ela que se move em relação a ele, em sentido oposto, com velocidade relativa  $v$ . A barra vai demorar um intervalo de tempo  $t'$  para ultrapassar  $O'$ , que será dado por:

$$L' = v \cdot t'$$

Como  $t = \gamma \cdot t'$ , então  $t' = t / \gamma$ , ou seja:

$$L_0 = v \cdot t = v \cdot t' \cdot \gamma$$

Nota-se que  $L_0 = v \cdot t$  é o comprimento da barra medida pelo observador  $O$ . Então:

$$L_0 = L' \cdot \gamma$$

$$\text{ou melhor } L' = L_0 / \gamma$$

Como  $\gamma \geq 1$ , teremos  $L' \leq L_0$ . Com isso conseguimos demonstrar a contração do espaço (Júnior, 2002, p. 25).

Nota: Uma outra forma de ver a contração do espaço é colocar a barra dentro do vagão vista pelo observador na Terra. Veja que agora o tempo próprio é aquele medido pelo observador na Terra

#### 4. Confirmação experimental da Dilatação do Tempo

A dilatação do tempo foi confirmada em laboratórios inúmeras vezes por meio de aceleradores de partículas. A duração da vida de partículas radiativas que se movem a grandes velocidades aumenta com o crescimento do valor da velocidade, exatamente como é previsto pela Relatividade Restrita. Os múons, por exemplo, são partículas elementares originadas a partir de partículas subatômicas chamadas de mésons  $\pi$ , ou píons, produzidas na atmosfera, a cerca de 9000 m de altitude, por efeito dos raios cósmicos. Eles têm velocidade aproximadamente igual à da luz no vácuo (cerca de  $0,998 c$ ) vivendo em média  $2,6 \cdot 10^{-8}$  s, quando sua meia - vida<sup>2</sup> é medida em um sistema de referência em que os píons estejam em repouso.

Podemos produzir feixes de píons bombardeando um alvo sólido dentro de um acelerador de partículas, usando prótons de alta energia cinética como projéteis. Com colisões tão violentas como essas dos prótons com núcleos atômicos do material sólido, os mésons do feixe emergente deixam o material do alvo com uma velocidade relativa muito próxima de  $c$ , com respeito ao sistema de coordenadas  $S$  fixo no laboratório (LAB). Dessa maneira, em média e de acordo com a Mecânica Clássica, cada pión deveria percorrer uma distância média de aproximadamente 8 metros antes de decair num múon e num neutrino, de modo que muitos poucos mésons chegariam a atingir um detetor colocado a uma distância muito maior do que essa. Mas o que um observador fixo no laboratório verifica é que os mésons  $\pi$  relativísticos do feixe sobrevivem por um tempo muito maior, pois os detetores usados no LAB recebem uma fração de mésons não decaídos muito maior do que

---

<sup>2</sup> Meia - vida é o tempo necessário para que decaia a metade dos átomos de um isótopo de um elemento radioativo. Este termo também é usado para descrever processos de decaimento em geral.

aquela predita, usando-se o tempo de meia vida determinada no sistema de coordenadas próprio do méson. De acordo com a Teoria da Relatividade, a meia vida do pión medida pelo observador fixo no LAB é aumentada, de maneira que os píons neste caso percorrem em média distâncias até 100 vezes maiores do que aquelas previstas pela Mecânica Newtoniana, antes de decaírem. Ou seja, o tempo de meia vida das partículas velozes do feixe é muito maior do que aquela que é medida quando essas partículas estão em repouso (ou com velocidades não relativísticas em respeito ao LAB) (Ricci, 2000, p. 17 e 18).

## **5. Conclusão**

Este texto procurou explorar as idéias mais relevantes da Teoria da Relatividade Restrita para o Ensino Médio. Notamos que compreender as idéias que ela apresenta não é difícil, a grande dificuldade é aceitá-las.

Muitas idéias nela apresentadas nos parecem muito estranhas apenas porque não fazem parte de nossa experiência trabalhar com medições realizadas a velocidades altas, comparadas à da luz. A Teoria da Relatividade contradiz nosso senso comum. Mas o mesmo, de acordo com Einstein, é aquela camada de preconceitos estabelecidos em nossas mentes. Se gastássemos nossa juventude viajando velozmente através do universo em espaçonaves provavelmente estaríamos completamente acostumados com os resultados da Relatividade.

## **6. Referências**

GASPAR, A. Física: vol. 3. 1 ed. São Paulo: Ática, 2003. 448p.

HEWITT, P. G. Física conceitual: vol. único. 9 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2002. 673p.

JÚNIOR, D. B. Física Moderna- Tópicos para o ensino médio. Editora Companhia da Escola. São Paulo, 2002. p.

RICCI, T. F. Teoria da relatividade especial. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2000. (Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 11).

# **Apêndice 2**

## **Teste de Conhecimento**

## QUESTIONÁRIO - RELATIVIDADE RESTRITA

Nome:

Turma:

1) Com o advento da Teoria da Relatividade de Einstein, alguns conceitos básicos da física newtoniana, entre eles, o espaço e o tempo, tiveram que ser revistos. Quais as principais diferenças desses conceitos para as duas teorias? (Unimat-MT)

Alternativas	Física Newtoniana		Teoria da Relatividade	
	espaço	tempo	espaço	tempo
a)	absoluto	absoluto	dilata	contraí
b)	dilata	absoluto	contraí	dilata
c)	absoluto	contraí	dilata	absoluto
d)	absoluto	absoluto	contraí	dilata
e)	contraí	dilata	absoluto	absoluto

2) Complete as lacunas:

Uma das conseqüências do fato de a velocidade da luz ser constante é que o tempo deixou de ser \_\_\_\_\_. Pois, para objetos em velocidades consideravelmente altas (comparadas à da luz) o tempo de duração da viagem medido por um observador externo em repouso na Terra transcorrerá em um tempo \_\_\_\_\_ do que para um observador situado no interior da nave. Esse fenômeno é conhecido como \_\_\_\_\_ do tempo. Uma outra conseqüência da Teoria da Relatividade é conhecida como \_\_\_\_\_ do espaço. Isso quer dizer que um observador em repouso em relação à Terra medirá que as dimensões de um objeto \_\_\_\_\_ quando ele está em movimento. (Adaptada do Tele-curso 2000)

- a) constante; menor; contração; dilatação; diminuem
- b) diferente; maior; contração; dilatação; aumentam

- c) constante; maior; dilatação; contração, diminuem
- d) constante; menor; dilatação; contração; diminuem
- e) diferente; menor; dilatação; contração; diminuem

3) A Teoria da Relatividade Restrita, proposta por Albert Einstein (1879-1955) em 1905, é revolucionária porque mudou as idéias sobre espaço e tempo, mas em perfeito acordo com os resultados experimentais. Ela é aplicada, entretanto, somente a referenciais inerciais. Em 1915, Einstein propôs a Teoria Geral da Relatividade, válida não só para referenciais inerciais, mas também para referenciais não-inerciais.

Sobre os referenciais inerciais, considere as seguintes afirmativas: (U.E. Londrina-PR)

I- São referenciais que se movem, uns em relação aos outros, com velocidade constante.

II- São referenciais que se movem, uns em relação aos outros, com velocidade variável.

III- Observadores em referenciais inerciais diferentes medem a mesma aceleração para o movimento da partícula.

Assinale a alternativa correta:

- a) As afirmativas II e III são verdadeiras
- b) Apenas a afirmativa II é verdadeira.
- c) As afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
- e) As afirmativas I e III são verdadeiras.

4) A Teoria da Relatividade Especial ou Restrita prediz que existem situações nas quais dois eventos que acontecem em instantes diferentes, para um observador em um dado

referencial inercial, podem acontecer no mesmo instante, para outro observador que está em outro referencial inercial. Ou seja, a noção de simultaneidade é relativa e não absoluta. A relatividade da simultaneidade é consequência do fato de que: (UFRN)

- a) a Teoria da Relatividade Especial só é válida para velocidades pequenas em comparação com a velocidade da luz.
- b) a velocidade de propagação da luz no vácuo depende do sistema referencial inercial em relação ao qual é medida.
- c) a Teoria da Relatividade Especial não é válida para sistemas de referência inerciais.
- d) a velocidade de propagação da luz no vácuo não depende do sistema de referência inercial em relação ao qual é medida.
- e) a Teoria da Relatividade Especial só é válida para velocidades extremamente superiores em comparação com a velocidade da luz.

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

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

- a) ele se adiantará em relação ao relógio em terra enquanto ele for acelerado em relação à Terra.

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

6) Algumas grandezas físicas são absolutas, outras são \_\_\_\_\_. Por isso, é absurdo afirmarmos que \_\_\_\_\_ é relativo. A velocidade, por exemplo, é uma \_\_\_\_\_ relativa, mas a \_\_\_\_\_ elétrica é uma grandeza absoluta. (Livro-Física Moderna: tópicos para o ensino médio)

Qual das alternativas completa os espaços em branco adequadamente?

- a) relativas; tudo; grandeza; carga
- b) absolutas; tudo; grandeza; carga
- c) relativas; nada; grandeza; massa
- d) absolutas; nada; grandeza; carga
- e) indefinidas; tudo; grandeza; massa

7) A velocidade da(o) \_\_\_\_\_ é um limite superior da velocidade para os corpos. (Livro-Física Moderna: tópicos para o ensino médio)

- a) luz
- b) som
- c) vento
- d) avião
- e) trovão

8) As leis de \_\_\_\_\_ só valem para situações em que a velocidade escalar  $v$  de um objeto é muito menor do que a velocidade da luz  $c$ , ou seja,  $v \ll c$ . Caso contrário há necessidade de uma \_\_\_\_\_ relativística. (Livro-Física Moderna: tópicos para o ensino médio)

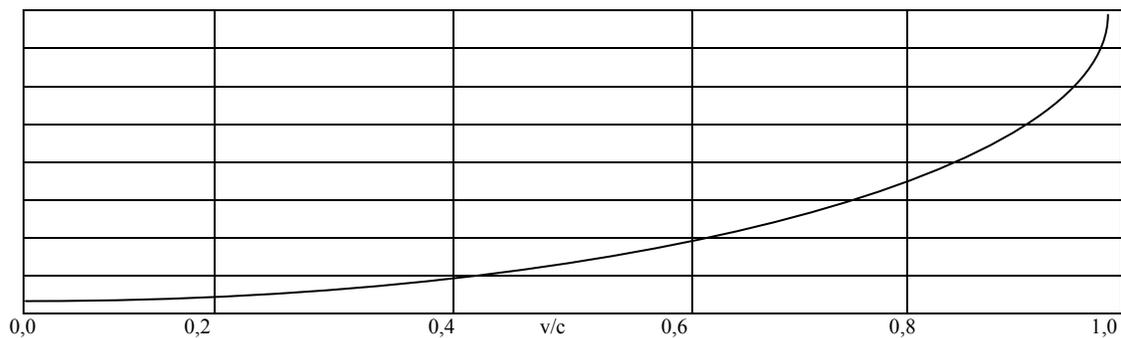
- a) Newton; constante
- b) Einstein; variável
- c) Galileu; constante

- d) Einstein; constante      e) Newton; variável

9) André está parado com relação a um referencial inercial, e Regina está parada com relação a outro referencial inercial, que se move com velocidade(vetorial) constante em relação ao primeiro. O módulo dessa velocidade é  $v$ . André e Regina vão medir o intervalo de tempo entre dois eventos que ocorrem no local onde esta se encontra.(Por exemplo, o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que um pulso de luz é emitido por uma lanterna na mão de Regina e o instante em que esse pulso volta à lanterna, após ser refletido por um espelho). A teoria da relatividade restrita nos diz que, nesse caso, o intervalo de tempo medido por André( $\Delta t_{\text{André}}$ ) está relacionado ao intervalo de tempo medido por Regina( $\Delta t_{\text{Regina}}$ ) através da expressão:  $\Delta t_{\text{André}} = \gamma \Delta t_{\text{Regina}}$ . Nessa relação, a letra gama( $\gamma$ ) denota o fator de Lorentz.

O gráfico abaixo representa a relação  $\gamma$  e  $v/c$ , na qual  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.

(UFRN)



Imagine que, realizadas as medidas e comparados os resultados, fosse constatado que

$$\Delta t_{\text{André}} = 2 \Delta t_{\text{Regina}}$$

Usando essas informações, é possível estimar-se que, para se obter esse resultado, a velocidade  $v$  teria de ser aproximadamente:

- a) 50% da velocidade da luz no vácuo      b) 87% da velocidade da luz no vácuo

- c) 105% da velocidade da luz no vácuo                      d) 20% da velocidade da luz no vácuo.  
e) 70% da velocidade da luz no vácuo

10) A Teoria da Relatividade de Einstein formaliza adequadamente a mecânica para os corpos que viajam a velocidades muito altas, evidenciando as limitações da Mecânica Newtoniana.

De acordo com essa teoria, diga quais são as afirmativas verdadeiras .(UFSE)

I - O tempo pode passar de maneira diferente para observadores a diferentes velocidades.

II - A velocidade limite para qualquer corpo é a velocidade da luz no vácuo, aproximadamente  $3 \cdot 10^8$  m/s.

III - As dimensões de um objeto são sempre as mesmas, quer ele esteja em repouso, quer em movimento.

- a) Apenas a afirmativa I é verdadeira.                      b) Apenas a afirmativa III é verdadeira.  
c) As afirmativas II e III são verdadeiras.                      d) As afirmativas I e II são verdadeiras.  
e) Todas são verdadeiras

11) No interior do compartimento em movimento de uma nave espacial, a luz se propaga a uma certa distância até sua extremidade frontal e a uma certa distância até a extremidade traseira. Como essas distâncias se comparam, quando vistas no sistema de referência do foguete em movimento? E como essas distâncias se comparam quando vistas no sistema de referência de um observador num planeta estacionário? (HEWITT, 2002, p. 619)

12) É necessário tempo para que a luz se propague ao longo de uma trajetória que vai de um ponto a outro. Se esta trajetória for vista como sendo mais longa devido ao movimento, o que acontecerá ao tempo que a luz leva para percorrê-la? (HEWITT, 2002, p. 620)

13) Se vemos o relógio de alguém funcionando lentamente devido ao movimento relativo, ele também verá nossos relógios funcionando da mesma maneira? Ou verá nossos relógios funcionando rapidamente? (HEWITT, 2002, p. 620)

14) Um passageiro de um expresso interplanetário, deslocando-se com  $v = 0,99c$ , tira uma soneca de cinco minutos, pelo seu relógio. Quanto dura esta soneca do ponto de vista de um planeta considerado fixo? (HEWITT, 2002, p. 622)

## **Apêndice 3**

### **Questionário de Atitudes**

O questionário abaixo visa a avaliar as aulas de Relatividade tendo em vista o interesse que as mesmas lhe despertaram ou não, os materiais utilizados e as mudanças que elas podem ter provocado em sua visão sobre o ensino de Física.

Assinale com um “X” a alternativa correspondente à sua opinião, com os seguintes códigos:

**CP - Concordo plenamente**

**C - Concordo**

**NO - Não tenho opinião**

**D - Discordo**

**DT - Discordo totalmente**

1) O conteúdo de Relatividade, estudado em sala de aula, despertou meu interesse em procurar novas informações sobre Física.

CP       C       NO       D       DT

2) Acredito que para o aprendizado desse assunto não seriam necessários recursos didáticos, a não ser o quadro negro e giz.

CP       C       NO       D       DT

3) O *aplicativo* utilizado contribuiu para o esclarecimento do assunto abordado.

CP       C       NO       D       DT

4) O material escrito não estava em uma linguagem acessível aos alunos.

CP       C       NO       D       DT

5) Eu sempre gostei dos assuntos estudados em Física, no entanto, no momento que comecei a estudar Relatividade Restrita meu interesse aumentou.

CP       C       NO       D       DT

6) Eu considerei o assunto muito difícil de ser estudado em sala de aula.

CP       C       NO       D       DT

7) O vídeo utilizado contribuiu para a aprendizagem do tópico Relatividade.

CP       C       NO       D       DT

8) O estudo da Relatividade não me motivou a querer saber mais sobre a Física.

CP       C       NO       D       DT

9) Após a apresentação deste conteúdo, comecei a gostar mais de Física.

CP       C       NO       D       DT

10) Acredito que aulas que inserem novos assuntos de Física são muito complexas para os alunos.

CP       C       NO       D       DT

11) O material elaborado (texto) ajudou para a aprendizagem do assunto em questão.

CP       C       NO       D       DT

12) Eu até hoje não consigo perceber a aplicação dos conteúdos da Física estudados em sala de aula.

CP       C       NO       D       DT

13) Eu sempre gostei dos conteúdos estudados na disciplina de Física.

CP       C       NO       D       DT

14) Todos os assuntos estudados anteriormente na disciplina de Física não me despertaram nenhum interesse.

CP       C       NO       D       DT

15) O material escrito estava em uma linguagem clara, fácil de entender.

CP       C       NO       D       DT

16) O *aplicativo* só serviu para confundir ainda mais os conceitos envolvidos na Relatividade.

CP       C       NO       D       DT

17) Acredito que é importante inserir novos assuntos de Física nas aulas.

CP       C       NO       D       DT

18) Relatividade é um assunto de importância apenas teórica.

CP       C       NO       D       DT

19) Eu achei o conteúdo de Relatividade fácil de ser compreendido se comparado aos temas anteriormente estudados.

CP       C       NO       D       DT

20) A utilização do vídeo não auxiliou na aprendizagem do conteúdo de Relatividade.

CP       C       NO       D       DT

## **Apêndice 4**

**Transcrição completa de entrevistas com  
professores**

**(Professores 1, 3, 5, 9 e 11)**

## Entrevista 1

Pesq. - Em qual escola você leciona?

E1 - Na escola Estadual Protásio Alves, aqui em Porto Alegre.

Pesq. - Há quanto tempo você leciona nesta escola?

E1 - Nesta escola, seis meses.

Pesq. - Seis meses. E no ensino médio, há quanto tempo você trabalha com ensino médio?

E1 - Há três anos.

Pesq. - Como você analisa o ensino de Física abordado atualmente em salas de aula?

E1 - Pelo que eu vejo, é aquela coisa enfadonha, falta a Matemática, é muito cálculo, muito gráfico muita Cinemática e a beleza da Física parece que está escondida, principalmente primeiro ano.

Pesq. - Como é a receptividade dos alunos com os conteúdos que são ensinados em Física, e qual seriam as principais opiniões que eles emitem durante as aulas?

E1 - O que eu percebo é que quando eles partem para o exemplo da vida diária, do cotidiano, a aplicação, eles gostam se interessam. “Ah mais é assim” principalmente o conteúdo do segundo ano desta escola, aí eles parecem que enxergam a Física de uma outra maneira. Mas, fora isso eles reclamam.

Pesq. - Aproveitando essa parte de reclamação, quais seriam as principais reclamações que eles teriam em sala de aula?

E1 - Muito cálculo! Prá que que eu preciso disso! Prá que eu preciso fazer isso!

Pesq. - Mesmo assim você procura argumentar?

E1 - A gente mostra o que eles fariam sem a Física, o que que eles têm no celular que eles carregam na bolsa, a televisão que eles ficam em casa assistindo, o computador, tudo isso é explicado pelos estudos de Física, principalmente, alguns parecem que percebem e vêem sentido, outros parecem que é uma coisa a mais.

Pesq. - Qual seria sua opinião em relação a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

E1 - Sem dúvida, eu sou totalmente a favor, eu acho que é a vida de hoje, o aluno hoje que lê e procura alguma coisa e encontra Tópicos de Física Moderna, vai ler uma Super Interessante está lá falando de laser, de celular, microondas então são coisas, tópicos de Física Moderna que a gente pode trazer para sala de aula e trabalhar sem grandes

problemas, é claro que tu não vai entrar nos detalhes da Física Quântica, mas que tu podes tocar no assunto, mostrar exemplos, e eles se interessam mais se tu tocar num assunto, Física de Partículas, por exemplo, eles gostam fazem perguntas, torna a aula mais dinâmica.

Pesq. - Em sua opinião quais seriam os assuntos mais adequados para trabalhar no ensino médio?

E1 - Eu acho que hoje em dia as radiações que tanto se fala não só da radiação do celular mas microondas, Física de Partículas, tirar aquela idéia do átomo bonitinho, certinho, numa massinha pontual, eu acho que dá para trabalhar bem, óptica também, o que é a luz, a visão, como as coisas são percebidas e porque que para mim é diferente do que é para ti, acho isto interessante e importante também.

Pesq. - E como estes assuntos deveriam ser abordados dentro da realidade que temos em sala de aula no ensino médio, principalmente do Estado?

E1 - É eu tenho pouca experiência né, para te falar assim, mas pelo que eu tenho trabalhado quando eu posso, quando dá para levar para sala de aula, eu levo uma coisa prática, vamos trabalhar com óptica, então eu levo um experimento que eu tenho, um espectrômetro que eles podem ver, aí eu trabalho naqueles conceitos dualidade da onda partícula, o que seria a luz, porque em certos momentos tem comportamento diferente. Eu acho que trabalhando com coisas mais palpáveis assim fica fácil, pelo menos é mais tranquilo de se trabalhar. Ah, Física de Partículas, como eu te falei também, mas seria uma coisa assim da realidade né, não adianta viajar muito, eles gostam de viajar, aí quando eles fazem uma pergunta lá da

nave espacial, como seria a propulsão, aí tu poderias também falar mais da Relatividade sem dúvida nenhuma.

Pesq. - Você acredita que os alunos estariam preparados para receber os assuntos de Física Moderna e Contemporânea, ou acredita que eles não estariam preparados?

E1 - Eu acho que vai do mito, porque a gente aprende o que nos ensinam, eu acho que se a gente já colocar esses assuntos para eles, eles vão atrás e vão perguntar e vão assimilar aquilo ali, assim né, a tabuada, eles tiveram que decorar aquilo ali e hoje eles aplicam e alguns bem outros não, mas eu acho que não tem problema nenhum de trabalhar com tópicos e eles vão e eles gostam e perguntam.

Pesq. - Terias mais alguma coisa que gostaria de falar?

E1 - Não.

Pesq. - Então era isso, muito obrigado pela entrevista.

### Entrevista 3

Pesq. - Há quanto tempo leciona?

E3 - Um ano.

Pesq. - Em quais escolas você trabalha?

E3 - Escola Estadual de Educação Básica Fernando Gomes e a Escola Estadual Santos Dumont.

Pesq. - Como é que você analisa o ensino de Física abordado em sala de aula?

E3 - Eu acho que a matéria do segundo ano que eu dou como óptica, que a escola oferece, acho que é desnecessária.

Pesq. - Porque você acha que é desnecessária?

E3 - Porque, eu não sei, eu não acho muito interessante, tu vais explicar eles acham que não tem necessidade para aquilo ali, para que que eles vão usar aquilo ali.

Pesq. - Você acha que os outros tópicos, têm mais interesse?

E3 - E acho que a parte de ondas, isso aí tem mais interesse, do que imagens e espelhos.

Pesq. - Como você acha que é a receptividade deles, o que que eles acham das matérias que veêm e quais seriam os principais argumentos que utilizam?

E3 - Na maioria dos assuntos é boa, desde que tu faça bastante experimentos e bastante aulas práticas não só teóricas, exercícios, quadro-exercício, eles gostam, os meus gostam pelo menos.

Pesq. - Qual é a sua opinião em relação a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

E3 - Eu acho que podia tirar ótica, e colocar alguma coisa sobre radiação. Porque aí tu vais explicar aquilo sobre Raio X, que é um negócio que todo mundo faz, e todo mundo pergunta sobre isso.

Pesq. - Você acha que o interesse deles seria maior?

E3 - Maior do que estudar espelhos e imagens.

Pesq. - Você acha que os alunos de uma maneira geral estão preparados para estes novos tópicos ou acha que teria que fazer algum outro tipo de trabalho com eles?

E3 - Eles vêm da oitava série sem preparo nenhum, para qualquer matéria de Física, então tudo que for dado para ele, vai ser novo, vai ser como tu ensinar como qualquer outro conteúdo.

Pesq. - Você acha que não teria nenhuma diferença de um tópico para o outro?

E3 - Eu acho que vai ter mais facilidade, claro que tu não vai dar aquela radiação que a gente vê na faculdade né, vais dar um negócio mais simples mais básico, que nem toda a Física que tu dá. Eu acho que seria normal, como qualquer conteúdo.

Pesq. - Teria mais alguma coisa que gostaria de falar?

E3 - Não.

Pesq. - Então era isso, muito obrigado pela entrevista.

## Entrevista 5

Pesq. - Inicialmente, queria saber em qual escola trabalha?

E5 - Eu trabalho no Inácio Montanha.

Pesq. - Há quanto tempo trabalhas nesta escola?

E5 - Eu trabalho no Inácio Montanha, praticamente há doze anos, desde 1990, no ensino médio, tive experiência no ensino fundamental, de 82 até 90, numa escola de vila, uma experiência muito rica, a mais rica que tive.

Pesq.- Sentes muita diferença, em relação ao ensino fundamental para o ensino médio?

E5 - Sim, claro, tem sempre uma diferença, os assuntos abordados são bem mais específicos, tu trabalhas com uma “clientela”, como se chama por aí, os alunos de clientela né, tu trabalha com uma clientela bem mais..., como é que eu vou dizer, com capacidade intelectual já para ti, encarar certos tipos de raciocínio, que no ensino fundamental, não chega, devido à idade, um dos motivos; outro motivo que era uma vila também, muito poucos prosseguiram, no segundo grau, então interrompiam, mas tem uma diferença grande entre o ensino fundamental para o ensino médio. O salto qualitativo para o aluno e para o professor também, faz a diferença.

Pesq. - Como analisas, o ensino de Física atualmente abordado no ensino médio, na tua visão?

E5 - Olha eu tenho grande parte da experiência em escola pública, lecionei em escola particular, uma escola pequena, mas, uma escola grande particular. Tem diferença, porque tu podes desenvolver um projeto na escola pública, como tu queres, se preocupando, se tu desenvolves o projeto, evidente que tu tá preocupado em atingir certos objetivos, para o aluno ter um ganho de qualidade melhor, enquanto que na escola particular, tu tens um roteiro, já desenvolvido, indicado, tem que fazer aquilo, tem que desenvolver os conteúdos de qualquer maneira, é cobrado muito pela direção da escola, por alguns pais, mas a escola pública, a gente tem possibilidade de plantar qualquer coisa, para tentar o melhoramento do aluno, e isso é vantagem.

Pesq. - Vês muita mudança em relação, desde o momento em que começaste a dar aula até agora ?

E5- O trabalho é como eu disse antes, o trabalho depende muito do professor, na escola pública. O professor está interessado em desenvolver um lado, tá interessado em desenvolver o laboratório, ele desenvolve, está interessado em desenvolver mais a parte teórica, ele desenvolve, se ele está interessado em dar um ênfase à parte histórica, ele pode fazer, ele tem maior liberdade né, ele não fica tão atado quanto na escola particular né, mas o ensino, praticamente, é o mesmo. Tem anos que tu pegas alunos piores, outras tu pegas alunos melhores né, em qualidade, porque, é estranho. Mas eu senti isso, uma diferença de um ano para o outro, uma turma muito deficiente e até no aspecto cognitivo, sem interesse

nenhum e no outro ano, já que passou, já tinha turmas melhores. E às vezes também, a gente também sente a diferença, é quando se pega um primeiro ano, e depois se pega um terceiro ano, com a mesma turma que se teve no primeiro, a gente percebe muita diferença, os alunos crescem, se modificam emocionalmente né, também emocionalmente e intelectualmente pouca diferença, isto é, eles continuam com o mesmo tipo de resposta, que teriam dado no primeiro ano.

Pesq. - Então não existe uma evolução?

E5 - Tem, tem, tem uma evolução claro, no aspecto de quantidade né, mas o raciocínio é o mesmo, o aluno que era bom no primeiro ano, continua bom em geral, no terceiro ano, né ou 1º, 2º e 3º ano. O aluno que rendia pouco no primeiro, claro vai render pouco no terceiro, mas emocionalmente é que tem muita mais diferença né, tu consegues lidar com eles, no primeiro ano de uma maneira, claro, é evidente pela idade, mas eles não te dão o mesmo tipo de resposta, do terceiro ano, é outro desenvolvimento.

Pesq. - Estes alunos, como é que eles enxergam o ensino de Física que é abordado? O que eles te falam?

E5 - O que eles falam? Ah, eles normalmente aceitam, pouco questionam, quem questiona é normalmente aquele que tá com deficiência de nota né, mas aceitam. Há, mas criticam, dizem assim: “ e para que existe Física”, como se dissessem para que existe Química, para que existe Matemática , não é muita diferença.

Pesq. - Aí tentas dar uma contornada e eles se convencem?

E5 - Bom é, dependendo do aluno né, se, tem uns que passam por ti, e passam quicando por ti né, dizem para que existe Física, e já saem correndo, tu nem tem tempo de responder, e tem outros que perguntam, querem saber por que tão perdendo tempo, naquela disciplina né, e olha a Física também não é só a Física em si, também é o raciocínio, que está desenvolvendo, fazendo ligações, com as coisas que tu tens dentro de uma sala de aula, com as coisas que tu tens na rua, ou vice-versa, não adianta só decorar fórmulas, se tu não tá sabendo para que tu tá aplicando né, e é verdade que nesse ponto, eles também chegam até certo ponto, que eles ou aplicam mecanicamente as fórmulas, eu acho que são poucos os que entendem o significado profundo né, é difícil nesta idade, se tenha a compreensão total, alguns têm, um pouco, né.

Pesq. - E esses que têm ficam motivados?

E5 - Ficam motivados né, eles se motivam, é. Como é que eu vou dizer? Que tipo de motivação, eles podem ficar, eles perguntam, percebo a motivação pela pergunta.

Pesq. - O que achas da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, no ensino médio?

E5 - Uma ótima idéia, uma ótima idéia, porque eu já tentei, tento colocar alguma coisa, nos períodos que eu faço com meus alunos e até quando desenvolvo alguma matéria, eu tento colocar alguma coisa de Física Moderna, isso é importante, importante porque ficar só na

tradicional Física é perigo o aluno não entender parte do mundo atual. Claro, que tu não vais estar abrangendo tudo, é evidente, mas eles têm que entender alguma coisa, destas coisas que estão o cercando, como eu já disse os computadores, as televisões, *os games*, a gente lida sempre com isso, e às vezes têm curiosidade para saber como funciona. Muitos identificam isso, como caixa preta, não se questionam muito né, mas é bom a gente puxar pro aluno esta questão do desenvolvimento, para ver se eles também se envolvem no que eles estão fazendo, têm mais curiosidade sobre estes assuntos, e que venham a adotar algum tipo de reflexão, sobre aquilo que eles manipulam, eles não serem manipulados pelo objeto, mas também manipularem os objetos que usam.

Pesq. - Notaste muita diferença entre os alunos que antigamente não se interessavam e no momento em que abordaste algum tópico de Física Moderna, houve alguma diferença, ou não se interessavam, independente do assunto que fosse abordado?

E5 - Olha da maneira que tu abordas um assunto, podes tornar ele maçante ou podes tornar ele interessante né, às vezes, o tópico de Física Moderna, justamente a gente pode tornar mais interessante, porque a gente pode fazer ligações com os joguinhos deles né, com os diversos jogos que eles têm, isso é uma coisa boa, tu vais puxando, motiva. Praticamente cada ano, a gente tem um aluno diferente, cada turma, a gente lida com alunos diferentes, eles podem ser parecidos, grosseiramente né, para dizer que são muito semelhantes, grosseiramente, mas eles apresentam diferenças bem diversas, de um ano para outro, de uma turma para outra, então, esse negócio de tópicos, depende muito da turma que a gente pega, por exemplo, e teve uma época que eu abordei uma parte histórica da Física, uma turma se interessou muito mais do que a outra turma.

Pesq. - Isso do mesmo ano?

E5 - Do mesmo ano. Também tópicos de Física Moderna se apresentam para duas turmas, uma tem mais receptividade do que a outra, dependendo como é que eles interagem, dependendo do grau de afinidade dentro da sala, com a matéria, né. Se eles estão interessados.

Pesq. - Se fosses pensar, por exemplo, em dar uma aula, quais eram os materiais que tu utilizarias? Como achas que introduzirias esses assuntos?

E5 - Tópicos de Física Moderna, é interessante, é uma coisa, é muito difícil de dar, depende mais é do *feeling* do professor, porque realmente tópicos de Física Moderna, tem vários ramos que estão se desenvolvendo, às vezes a gente sem querer, conduz para aquela área que está mais interessada, que a gente domina mais, que se está mais interessado, normalmente a gente leva para esse ponto, outras vezes tu, na eletrônica, na eletricidade do terceiro ano, te faz ir para, digamos, aquela parte inicial, falar em átomo, também é uma coisa foi importante, assim essa questão científica do átomo. Não sei como os alunos hoje em dia interagem com isso, mas eu lembro que foi uma coisa que muito me mexeu, e às vezes quando a gente fala em aula, mexe com alguns alunos quando se começa a falar em átomo, na matéria. Se tinham algum conhecimento, era pouco ou superficial, eles conseguem levar mais alguma coisa para eles.

Pesq. - Achas, que estes alunos estariam preparados para receber estes tópicos?

E5 - Mas sem sombra de dúvidas, sem sombra de dúvidas, a gente não precisa falar com um aluno sobre integrais e derivadas numa sala de aula, para dar uma explicação, dar uma idéia física, sobre a situação do problema, mesmo quando a gente aprende em Química os números quânticos, quando a gente não tem, não precisa ter os conhecimentos matemáticos que a gente tem atualmente, mas aquilo pode se apresentar de uma maneira bem gostosa e bem interessante.

Pesq. - Então assim como eles têm possibilidades de aprender tópicos de Física Clássica eles também teriam a mesma possibilidade de aprender tópicos de FMC?

E5 - Claro, claro, sem sombra de dúvidas, há pessoas que sugerem que deveriam até alguns tópicos serem abandonados, da Física Clássica. Eu acredito que têm alguns que podem ser abandonados.

Pesq. - Quais?

E5 - Pois é, é difícil colocar num papel o que poderia ser abandonado, trocado por outro né, como, digamos, uns colocam o vestibular como uma divisor tá, por exemplo, não dá para tirar Eletricidade porque cai duas perguntas em média por prova do vestibular da UFRGS, mas é o mesmo número de questões que também caem em tópicos de Física Moderna, poderia tranquilamente, a grosso modo, não estou dizendo que substituir a Eletricidade, mas trocar a Eletricidade, poderia até ser pela Mecânica. Eu acho que, eu não sei se na minha época era super valorizada a Física, mas a carga horária de Física na escola pública

deveria aumentar um pouco mais, é claro que, todo mundo fica pensando em detrimento de um, pois se aumentar um tem que diminuir o outro, mas eu não sei.

Pesq. - Você acha que deveria aumentar pelo fato do número de conteúdos ser extenso?

E5 - Devido ao conteúdo ser extenso, porque eu prefiro a qualidade, do que a quantidade, eu sacrifico a extensão deste conteúdo, para ter uma qualidade melhor do aluno, que ele entenda mais, mesmo que ele não consiga montar uma equação, de Física corretamente, mas ele entenda os princípios que estão envolvidos ali, isso já é um ganho, se ele entende alguma coisa dentro da queda livre, se ele percebe, o conceito dentro da queda livre é ótimo, dentro da teoria do campo magnético, né, também, já é um ganho para o aluno. Eu acho que a parte conceitual, deve prevalecer sobre a parte matemática.

Pesq. - Achas, que às vezes a gente trabalha muito com a parte matemática?

E5 - Eu acho que sim, escola particular então é terrível, né.

Pesq. - Quais seriam os motivos para isso?

E5 - Não, a escola particular, eu não sei, eu tenho uma idéia que a escola particular tenta preparar para um tipo de vestibular, seu aluno. É uma idéia que eu tenho, um tipo de vestibular que é mais qualitativo né, qualitativo não, quantitativo, de quantidade, do aplicar fórmulas, muito comum em universidades particulares, né, e a escola pública tende a ter mais um arejamento sobre isso, até para poder aplicar a questão dos conceitos né, trabalhar

com esses conceitos do aluno, desculpe, conceito da disciplina, daquilo que está desenvolvendo da disciplina, e para esse lado que vai o vestibular da universidade pública, e não é fácil porque a gente pode ver como estes vestibulares têm questões, da própria UFRGS, são difíceis mesmo sendo teóricas, exigem muito mais o raciocínio, a interpretação, da questão do que colocar em, às vezes, o raciocínio é, a fórmula é bem mais simples para aplicar no vestibular, do que tu decorar aquela fórmula, sei lá, por exemplo, de uma queda livre, de um Movimento Retilíneo Uniforme né, só que a questão que tu deres na prova pode fazer esse Movimento Retilíneo Uniforme através de uma equação bem mais fácil, complicada desde que tu entendas o que tu tá fazendo, ali.

Pesq. - Achas que tanto o aluno da escola pública, como o aluno da escola particular teriam as mesmas condições de aprendizado e os dois estariam equilibrados na questão do vestibular?

E5 - Eu acho que sim, tem uma coisa, eu vou te fazer uma pergunta. Agora eu vou te devolver a pergunta. Tu estudaste em escola em Pelotas, pública em Pelotas? É que também tem uma diferença entre escola pública, tu deve ter notado, agora como professor, entre escola pública do interior, para uma escola da capital. Até eu acho que na escola pública do interior eles têm mais cobrança do que a escola pública da capital, eu tenho impressão disso. O que me passa impressão são estes encontros que a gente tem com os professores no sindicato, quando a gente começa a conversar da sala de aula, professor não sabe falar outra coisa, além de falar do sindicato né, mas me passa isso, que tem uma cobrança a mais, uma exigência maior no interior do que na capital, me passa essa idéia né, percebo, isso é uma idéia que eu sinto, entende, mas eu acho que tem condições, eu já encontrei, lá na UFRGS,

ex-alunos meus, da escola pública, e aliás alunos que a gente tinha problemas até, até por certo tinha problemas com esses alunos, assim de disciplina né, eles terem uma mente habilidosa, extremamente hábil né, não é qualquer conteúdo que interessa né, e quando a gente dá uma aula às vezes a gente se esquece, que dá uma aula para uma massa, uma média de alunos, sem procurar atender as individualidades, que é uma coisa, vou dizer muito, teórica né, pode ser até utópico tentar atender as realidades de cada aluno. Mas seria o ideal, do professor, eu acho que é o grande ideal do professor, saber, numa aula, atender todas as dificuldades, interesses, para que essa aula se torne interessante, o que é uma aula ideal que a gente tem. Imagine se fosse uma escola pública, é mais fácil trabalhar com 30 a 40 alunos; numa escola particular, tu chegas a 50 alunos, nunca menos que isso. Em escola pública às vezes tu tens 20 alunos, na lista de chamada tem 30-40, aí chega, dependendo da turma, um já não vem, a maioria, já não vem nos primeiros dias ou porque tem outra escola e não cancelaram, sei lá como é que é feito agora, mas já aconteceu isso, trabalhar com 20 alunos, praticamente aula particular, tem mais condições de atingir os alunos, né, isso é bom, porque com poucos alunos tu consegues saber as diferenças, eles começam a se tornar indivíduos, conseguem individualizar, quando são muitos alunos só aqueles que se salientam conseguem se individualizar e olhe lá..

Pesq. - Terias mais alguma coisa que gostarias de falar?

E5 - Bom eu acho que é isso aí. “Lecionar é uma experiência muito interessante, muito aguçante e desafiadora também ...”.

Pesq. - Então era isso, muito obrigado pela entrevista.

## Entrevista 9

Pesq. - Eu gostaria de perguntar há quanto tempo você leciona?

E9 - Dois, dois anos e meio. Comecei em 2000, na metade do ano de 2000.

Pesq. – Você trabalha em quais escolas?

E9 - Trabalho em três escolas estaduais, O Padre Reus, o Elpídio Ferreira Paz, e aqui no Protásio. Eu tenho 10 horas em cada um e aqui eu tenho oito.

Pesq. - Como é que você analisa o ensino de Física abordado no ensino médio?

E9 - Eu acho que da forma em que ele é colocado, eu acho que não tem muita utilidade para o aluno, sinceramente falando. Acho que o que acrescenta é a questão do raciocínio né, para o aluno assim, o raciocínio científico pro aluno, mas eu acho que ele vai aproveitar mesmo são poucas coisas dentro do conteúdo que a gente tem que trabalhar e que o aluno vai aproveitar realmente.

Pesq. - Eles falam isso, eles chegam a comentar?

E9 - Sim os alunos falam, e eu concordo com eles né.

Pesq. - Você acha que poderia ser feito o quê, para mudar isso aí?

E9 - É, isso aí é uma coisa muito complicada, acho que é muito mais grave, pois não é só em Física, acho que em todas as matérias, todos os conteúdos, do ensino médio.

Pesq. - Você acha que está se tirando o foco do real objetivo?

E9 - Acho que está muito preso ao tradicional, não está avançando com o mundo.

Pesq. - E como seriam as principais manifestações dos alunos a respeito do que eles acham errado?

E9 - Eles acham, eles dizem para que eu vou usar isso daí. Realmente eu acho que tem muita coisa na Física que é interessante e o aluno deveria saber, mas têm muitas coisas que são muitas específicas demais. E realmente não acrescenta aquilo ali, coisas específicas da Física mesmo, têm coisas mais gerais que é muito mais interessante de se trabalhar com eles e são coisas que eles mais gostam.

Pesq. - Tipo o quê?

E9 - Tipo tudo que não se aprofunda muito, eles gostam de trabalhar, mas coisas que realmente acrescentem, ou explicar um pouco menos assim, não a parte de cálculos, isso também confunde muito na Física, que eu acho que eles confundem muito Física com Matemática, aquelas equações, a história toda que a Matemática envolve. Inclusive na

minha graduação, eu estudei na universidade, inclusive é assim, é só matemática, eu me considero que eu sei mais Matemática do que Física, só que conceitos de Física eu não sei, se é raro, também mas eu acho que foi um problema, a parte conceitual, isso na minha graduação na UFRGS. Eu vejo professores que estudaram na UNISINOS, por exemplo, quando eu vejo as provas deles são bem mais conceituais que as minhas.

Pesq. - O que você acha sobre a inserção de novos tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

E9 - Eu acho interessante até, até porque é cobrado no vestibular e não se dá em sala de aula, eu acho que até não faz parte do conteúdo, do programa, não tenho certeza se faz, mas eu acho que não.

Pesq. - E você acha que teria algum assunto que seria interessante ser cobrado?

E9 - Acho que de Física Moderna, Energia Nuclear.

Pesq.- Você acha que teria uma boa recepção?

E9 - Com certeza, essa parte é o que se comenta, em Física Moderna, a televisão, eles querem saber quais os tipos, como funciona a bomba atômica, a energia nuclear. Eles vêem o Simpson, o Homer Simpson que trabalha numa usina nuclear, eles querem saber o que se faz lá, este tipo de coisa eles perguntam. Eles perguntam, porque é o que eles vêem na televisão sobre Física Moderna.

Pesq. - Como você acha que trabalharia estes assuntos? Da maneira em que está trabalhando ou de uma forma diferente?

E9 - Teria que ter uma pesquisa intensa, trabalhar com revistas, filmes, têm muitos filmes nessa área, que poderia ser passado para eles até porque os livros não...; são aquelas que eu falei são muito específicas, acho que revistas trabalham bastantes com isso, de forma mais clara, e filmes trabalham bastante, tem vários filmes que falam sobre isto.

Pesq. - Você acha que estes alunos que você trabalha no ensino médio estão preparados para receber estes assuntos?

E9 - É alguns sim, tem uns que não tem interesse até pela educação que tiveram, mas alguns tem, mas tem exceções.

Pesq. - Você acha que pela falta de interesse, a falta de conhecimento não seria o problema?

E9 - Conhecimento não seria o problema, eu acho que é mais a cultura mesmo do aluno, de como ele foi educado, ele não está muito interessado em aprender coisas, eu não entendo muito bem estes alunos, parece que eles não querem aprender. Já alguns alunos não, tem vários bons alunos aqui na escola inclusive que gostariam com certeza, de aprender este tipo de coisa.

Pesq. - Teria mais alguma coisa que gostaria de falar?

E9 - Não.

Pesq. - Então era isso, muito obrigado pela entrevista.

## Entrevista 11

Pesq. - Inicialmente, queria te perguntar há quanto tempo lecionas?

E11 - No ensino médio, um ano e meio.

Pesq. - Qual escola trabalhas?

E11 - Trabalho na Escola 1º de Maio, na Escola Presidente Artur da Costa e Silva, no Carlos Fagundes de Melo.

Pesq. - Tens muitas turmas nestas escolas, ou não?

E11 - Tenho 20 turmas, sendo 7 delas, do novo projeto a EJA - a Educação de Jovens e Adultos.

Pesq. - Sentes muita diferença entre este estilo de trabalho do EJA e do ensino normal do ensino médio?

E11 - Sim, é que a EJA é mais voltada para a situação sócio - econômica dos alunos né, como lá a gente trabalha na vila, a gente procura dar ênfase nas profissões deles né, a gente procura trabalhar Física do cotidiano, que eles utilizam nas suas profissões.

Pesq. - Já aproveitando isso, como achas que está o ensino de Física no ensino médio, atualmente?

E11 - Ainda existe uma defasagem muito grande, porque ainda têm muitos profissionais que dão ênfase à parte matemática e esquecem um pouco dos fenômenos físicos, isso causa uma perturbação nos alunos, eles ficam muito assustados na parte matemática e acabam não pensando fisicamente, no que tá se passando no conteúdo, aí se preocupam só com as avaliações e não no aprender.

Pesq. - Por que achas que eles ficam assustados com a parte matemática, qual seria a explicação para isso?

E11 - Bom, se eles não entendem o fenômeno físico, vira um brinquedo de resolver problemas né, e a Física não é resolver problemas, é entender o fenômeno físico e usar a matemática para comprová-los.

Pesq. - Como vê a receptividade que os alunos têm em relação aos conteúdos que hoje em dia são ministrados pelos professores?

E11 - Bom, o pouco que eu pude observar assim com alguns colegas que trabalham comigo, que a gente dá uma ênfase bem teórica, bem baseada no fenômeno e volta para o cotidiano deles, eles ficam felizes que começam a aprender o funcionamento do seu dia-a-dia, mas ainda tem por trás aquele mito da dificuldade da Física, que vem passando de

geração para geração, mas eles aceitam bem, quando eles começam a ter o convívio com a Física.

Pesq. - Nunca teve nenhum problema de algum aluno reclamar em relação ao conteúdo, que não teria por exemplo, importância em sua vida ou alguma coisa assim?

E11 - Não, isso a gente escuta diariamente né eles querem saber para que vão utilizar aquilo ali na sua vida daqui para frente e o que eu geralmente comento com eles e que nem eles sabem qual é a profissão que eles querem seguir, e a gente sabe que nas diversas áreas a gente tá estudando Física.

Pesq. - E depois desta explicação, eles mais ou menos conseguem se convencer disso, ou achas que mesmo assim eles têm essa resistência devido à dificuldade que às vezes alguns acham que têm?

E11 - Não, essa resistência eles sempre têm, eles ficam insistindo né, mais a gente tem que voltar a insistir, que a Física é o estudo do cotidiano né, do nosso cotidiano, aí meio assim eles, vou dizer, eles se contentam mas não se convencem.

Pesq. - Que tipo de exemplos tentas trazer para o cotidiano deles, que poderias citar para nós?

E11 - Bom, a gente sabe que a maioria dos adolescentes, eles são bem, sim eles gostam muito desta parte de eletrônica e eletricidade, baseado pelo trabalho que o SENAI vem

fazendo ali perto da escola que eu trabalho, então eu procuro trazer a situação. Agora veio o apagão, como é a transmissão de energia, que tem muitos deles que trabalham na construção civil, estudam a noite, a gente procura mostrar para eles a importância das roldanas, este tipo de trabalho assim bem voltado para as profissões.

Pesq. - Qual é a tua opinião em relação, a inserir assuntos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

E11 - Eu acho, que isso é um assunto que tem que ser inserido no ensino médio, com uma certa cautela, porque hoje a gente vê a ficção científica, muitos filmes, que trazem assuntos de Física Moderna né, e o pessoal acaba não entendendo, por que a mídia e a própria escola não trabalha estes assuntos, e a gente tem que começar a trabalhar porque a Física Moderna não é tão moderna assim né, já tem alguns anos aí.

Pesq. - Então acreditas, que realmente existe uma necessidade e essas necessidades se devem a quê? Terias mais alguma coisa para citar.

E11 - É, até o próprio vestibular que eles acabam cobrando que cai Física Moderna no vestibular e as escolas não trabalham né, então a gente deveria, a gente é claro não trabalha no ensino médio para preparar para o vestibular, a gente trabalha o aluno para sua vida dali para frente né, sua vida profissional, a gente não pode esquecer que para chegar a uma vida profissional com grande sucesso, ele deve passar por uma universidade e fazer um vestibular, a gente tem que trabalhar, mas não pode esquecer este lado aí também, né.

Pesq. - Como professor quais assuntos seriam mais interessantes?

E11 - O primeiro é a Relatividade, que até saiu no jornal agora, um físico de São Paulo contestando a Teoria da Relatividade né, aí eles começam a se perguntar sobre a velocidade da luz, isso seria uma assunto que eu acho que deveria ser trabalhado, claro que depois a Mecânica Quântica que todo mundo já fala hoje em dia e eles perguntam porque a Mecânica Quântica é finita, a gente tenta dar uma base para eles que a gente trabalha com probabilidade, e aí eles ficam se questionando, questionando, e a gente não quer entrar no mérito da questão, para não confundi-los mais. Então, essas coisas têm que começarem a ser trabalhadas, só não sei se seria de adaptar a Física já a partir do primeiro grau, sétima série para poder trabalhar todo o conteúdo, teria que ser revista esta questão com calma.

Pesq. - As escolas em que lecionas, não trabalham com Física no primeiro grau?

E11 - Tem no programa né, mas não sei se o profissional que trabalha não, não tenha competência para tal, mas ele sempre trabalha a parte de Química, quando chega na parte de Física já é quarto bimestre e ninguém tá afim, eles acabam chegando no segundo grau sem ter a mínima noção de Física.

Pesq. - Como achas, que abordarias os assuntos de Física Moderna? Quais os instrumentos que utilizarias para trabalhar?

E11 - Daria uma ênfase praticamente teórica e ia procurar ver se a gente conseguia montar alguns experimentos, para que eles pudessem observar os fenômenos, mas não que precisa-

se calcular nada, que a gente já vê que, no máximo, no assunto de Mecânica que a gente precisa de uma equação de segundo grau, a gente já não tem a resposta esperada, então trabalhar com uma Física Moderna que é uma matemática um pouquinho mais complicada, eles se assustariam e não acho que não teriam um bom retorno .

Pesq. - Aproveitando esta parte, os alunos do ensino médio estão preparados para receber os tópicos de Física Moderna e Contemporânea?

E11 - Nos dias de hoje ainda não, precisaria fazer todo um trabalho, a partir do primeiro ano dentro da escola, para que a gente pudesse começar a trabalhar com eles, porque eles ficam ansiosos principalmente no terceiro ano, com o vestibular, nem a matéria do terceiro ano a gente consegue trabalhar, então teria que se estruturar, para que a gente pudesse começar lá a partir do primeiro ano, lá no terceiro ano, a gente pudesse abordar estes temas.

Pesq. - Então, muito obrigado pela entrevista, e gostarias de falar mais alguma coisa.

E11 - Não.

Pesq. - Então obrigado.