

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA  
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

DISSERTAÇÃO

TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO FUNDAMENTAL – A EVOLUÇÃO DO  
CONCEITO DE MOVIMENTO, DE ARISTÓTELES A EINSTEIN.

Roberto Soares da Cruz

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Andréia Guerra de Moraes, D.Sc.  
Orientadora

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
SETEMBRO / 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## Sumário

Pág.

|  |    |
|--|----|
| INTRODUÇÃO.....  | 1  |
| I - RELEVÂNCIA DO TEMA.....  | 6  |
| I.1 –Um Panorama Favorável.....                                    | 6  |
| I.2 – Posições a Respeito da Relevância do Tema .....              | 12 |
| I.3 – O que diz a Legislação .....                                 | 14 |
| II – FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....                                     | 16 |
| II.1 – Introdução.....   | 16 |
| II.2 – A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.....      | 16 |
| II.2.1 – Evidências da Aprendizagem Significativa .....            | 18 |
| II.2.2 – Aspectos Desenvolvimentais da Aquisição de Conceitos..... | 21 |
| II.2.3 – Pontos Importantes a Serem Considerados.....              | 21 |
| II.3 –A Aprendizagem Significativa Crítica .....                   | 22 |
| II.3.1 – Facilitadores da Aprendizagem Significativa .....         | 23 |
| III – METODOLOGIA .....  | 32 |
| III.1 – Introdução.....  | 32 |
| III.2 – Proposta do Curso.....                                     | 36 |
| III.3 – A Dinâmica da Utilização dos Textos.....                   | 37 |
| III.4 – O Desenvolvimento dos Textos .....                         | 42 |
| III.5 - Avaliação do Projeto.....                                  | 72 |
| CONCLUSÕES.....  | 78 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                   | 82 |
| Anexo 01.....  | 88 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <i>Anexo 02</i> ..... | 92  |
| <i>Anexo 03</i> ..... | 95  |
| <i>Anexo 04</i> ..... | 101 |
| <i>Anexo 05</i> ..... | 112 |
| <i>Anexo 06</i> ..... | 120 |
| <i>Anexo 07</i> ..... | 126 |
| <i>Anexo 08</i> ..... | 135 |
| <i>Anexo 09</i> ..... | 151 |
| <i>Anexo 10</i> ..... | 152 |
| <i>Anexo 11</i> ..... | 154 |

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

C957 Cruz, Roberto Soares da  
Tópicos de física moderna no ensino fundamental – a evolução do conceito de movimento, de Aristóteles à Einstein / Roberto Soares da Cruz  
—2009.  
vii, 87f. + Anexos: il. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica  
Celso Suckow da Fonseca, 2009.  
Bibliografia : f.82- 87  
Orientadora : Andréia Guerra

1.Física-Estudo e ensino (Ensino fundamental) 2.Ciências- Estudo e Ensino (Ensino fundamental) 3.Aprendizagem.I.Guerra, Andréia, (orient.)  
II.Título.

CDD 530.07

Dedico a presente dissertação à minha mãe Emilia Soares, ao meu pai João Ramos, ao meu irmão Claudio Henrique, à minha cunhada Jaqueline Garcia e aos meus amados sobrinhos Beatriz Cruz e Bernardo Cruz.

## Agradecimentos

- À minha família, em especial, à minha mãe Emilia por, mesmo em meio às dificuldades, acreditar em nosso potencial e sempre lutar, sem medir esforços, para garantir o mínimo necessário para que pudéssemos avançar. Pelo valor repassado, dado à busca do conhecimento. Sem ela nada poderia ter acontecido.

- Aos amigos Billy Nascimento, Carla Elias e Vanessa Brunow pelo incentivo dado desde o início desse programa, e por vibrarem junto comigo à cada conquista.

-Aos amigos Luciano Dutra, Sergio Ribeiro e Jorge Kawsinski pelo companheirismo e acompanhamento.

- À minha avó Lourdes, que por pouco não presenciou esse momento de conclusão, mas que teve um papel muito importante ao longo do desenvolvimento dessa dissertação.

-Aos meus pares e colegas de trabalho do Colégio Helio Alonso, que além do incentivo constante, compreenderam e colaboraram nos momentos mais críticos ao longo dessa jornada.

-Aos alunos das turmas 191/2008 e 191/2009 do colégio Hélio Alonso, por sua colaboração direta, tanto com suas participações nas aulas quanto pela seriedade no preenchimento dos relatórios.

- Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática do CEFET-RJ, por todas as contribuições à produção deste trabalho dadas em cada disciplina ministrada.

- Aos meus colegas do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática do CEFET-RJ, pelas discussões e ocorridas ao longo do curso: nas aulas, nos congressos e até mesmo ao telefone. Em especial meus agradecimentos à André Tato e Márcio Medina.

- À minha Orientadora, D.Sc. Andréia Guerra, sobretudo, pela inspiração ao presente trabalho, por sua paciência, por sua confiança e por apostar em mim. Por suas valiosas contribuições e por seus comentários críticos sobre o trabalho.

- À Marina, por seu incentivo, compreensão e colaboração.

Resumo da dissertação submetida ao PPECM/CEFET-RJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

## TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO FUNDAMENTAL – A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MOVIMENTO, DE ARISTÓTELES A EINSTEIN.

Roberto Soares da Cruz  
Setembro de 2009

Orientador: Andréia Guerra de Moraes, D.Sc.

Programa: PPECM

O presente trabalho apresenta subsídios para se discutir a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, a partir da discussão de uma proposta pedagógica para a inclusão da teoria da Relatividade Restrita para o 9º ano do ensino fundamental. O trabalho concretizou-se com a construção e aplicação de textos sobre a evolução do conceito de movimento, onde a História da Ciência foi o eixo condutor.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, e a teoria da aprendizagem significativa crítica, apresentada por Marco Antonio Moreira, serviram de fundamentação teórica, e nos auxiliaram tanto na elaboração dos textos quanto na aplicação do produto. Além da curiosidade e interesse despertados, a escolha da abordagem histórica, como condutora das discussões sobre FMC, proporcionou aos alunos a oportunidade de refletir sobre a ciência como parte do desenvolvimento humano.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea; Estratégia de Ensino-Aprendizagem; História da Ciência; Currículo.

Abstract of dissertation to PPECM/CEFET-RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Mathematics and Physics Education.

TOPICS IN MODERN PHYSICS OF BASIC EDUCATION - THE EVOLUTION  
OF THE CONCEPT OF MOVEMENT, FROM ARISTOTLE TO EINSTEIN.

Roberto Soares da Cruz

September/ 2009

Supervisor: Andréia Guerra de Moraes, D. Sc.

Program: PPECM

This paper presents grants to discuss the inclusion of topics of Modern and Contemporary Physics, from the discussion of a pedagogical proposal to include the theory of Relativity Restricted to 9 years of basic education. The work took place with the construction and implementation of texts on the evolution of the concept of motion, where the History of Science was the main driver.

The theory of meaningful learning of Ausubel, meaningful learning theory and criticism, by Marco Antonio Moreira, served as the theoretical foundation, and both helped in drafting the text and in the application. Besides the curiosity and interest awakened, the choice of historical approach, as conductor of the discussions on FMC, gave students the opportunity to reflect on science as part of human development.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, Teaching and Learning Strategy, History of Science, Curriculum.

## INTRODUÇÃO

Segundo semestre de 2006, curso de Física Moderna para alunos do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Matemática, dentre eles, eu. Ao contrário da disciplina Física Moderna que havia cursado na graduação, fomos convidados a fazer uma análise histórica para tratar da evolução de alguns conceitos. Nessa abordagem, dentre outros assuntos, discutimos a respeito do éter, da problemática da falta de simetria no eletromagnetismo, do experimento de Michelson-Morley, e isso favorecia um ambiente de discussões e questionamentos, o que tornava as aulas dinâmicas, participativas e motivadoras. Esse foi o marco para iniciar um processo de mudanças em minhas práticas docente.

Ainda no ano de 2006, no segundo semestre, resolvi incluir a relatividade restrita no programa do 3º ano do Ensino Médio, a partir de uma abordagem histórica. Mesmo sem muito tempo para fazer um bom planejamento, o fato de discutir tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) despertou o interesse de alunos que antes não demonstravam. Um caso que chamou a atenção foi o de um aluno que prestaria vestibular para História. Esse aluno apresentava um brilhantismo nas disciplinas da área de humanas, porém não demonstrava o menor interesse nas aulas de Física, e muitas vezes estava ausente. Apesar de minhas aulas serem consideradas boas por alunos e por coordenadores, elas eram centradas na resolução de exercícios, o que não despertava o interesse do referido aluno. A partir da nova abordagem e da inserção do tópico da teoria da relatividade restrita, o aluno ao qual

estamos nos referindo, além de participar mais ativamente das aulas. Além de tornar-se assíduo às aulas, ele passou a comprar e ler livros de divulgação científica.

Essa experiência no ano de 2006 colocou-me uma questão: O que podemos fazer para que os alunos se interessem mais pelo estudo das ciências?

Segundo Guerra (GUERRA, 2004), o estudo de ciências é algo que deveria atrair a atenção dos alunos, fato que não temos percebido em nossa prática nas salas de aula.

*As discussões científicas fascinam o público, visto o grande número de publicações de divulgações da área. Alguns livros como A Breve História do Tempo de Stephen Hawking tornaram-se best sellers no Brasil. Apesar desse destaque, o tema ao ser tratado nos bancos escolares apresenta uma situação totalmente diferente. Os alunos não demonstram entusiasmo pela ciência e seus desempenhos são quase sempre medíocres. Essa dicotomia mostra o quanto o debate a respeito da educação científica formal deve ser priorizado em nosso país, apesar do tema ter sido bem discutido e problematizado nas últimas décadas (GUERRA, 2004, p.225).*

Partindo dessas reflexões, e tentando responder à pergunta supracitada, a questão a ser trabalhada diz respeito à origem dessa rejeição ao estudo de Física.

Escolheu-se pensar uma abordagem metodológica de Física na qual seria desenvolvido o estudo da evolução do conceito de movimento, através de textos elaborados, tomando como eixo condutor a história da ciência. Tal abordagem inicia-se com as discussões a respeito do movimento no século IV aC e se encerra com a apresentação da Teoria da Relatividade Restrita.

O professor autor da presente dissertação trazia consigo uma experiência de motivação pessoal e de impressão positiva da abordagem desse tema junto a uma turma de terceiro ano do Ensino Médio. Pensou, então, em utilizar essa abordagem no 9º ano. Apesar de conceitos ligados à Física já serem trabalhados desde as séries iniciais do Ensino Fundamental, é no 9º ano que, em nosso currículo, a Física é apresentada “explicitamente” e como parte de uma disciplina (Ciências) nesse ano de escolaridade. Isso se deu na tentativa de reverter previamente o quadro de rejeição ao

estudo da Física no Ensino Médio, além de tentar garantir uma aprendizagem mais significativa e discutir temas de Física Moderna (FMC).

A escolha da abordagem histórica vai ao encontro dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), no sentido em que os PCN defendem que esse olhar para a ciência é importante para a construção da cidadania dos estudantes, assim como desperta neles maior interesse.

*É mais freqüente, por parte do estudante, o interesse em compreender o alcance social e histórico das diferentes atividades humanas, entre elas a Ciência e a Tecnologia. (BRASIL, 1998, p.87).*

*Em acréscimo, o reconhecimento da Ciência e da Tecnologia como fazeres humanos, legitimados e realizados dentro de contextos sociais e culturais específicos possibilita abrir, durante a aula de Ciências Naturais, o exercício da cidadania crítica que valoriza o conhecimento acumulado pela humanidade, considerando seus limites e dificuldades. (BRASIL, 1998, p.88).*

A nova questão a ser respondida seria então: O estudo de FMC e, mais particularmente, da Teoria Da Relatividade Restrita pode despertar nos alunos interesse pela Física e, assim, fazer com que eles ingressem no Ensino Médio com um olhar entusiasmado e positivo para a Física?

O presente trabalho não se coloca como a solução para o problema do desinteresse dos alunos no estudo de Física, mas se apresenta como uma entre as várias possibilidades de tornar mais interessante a Física no ensino básico, trazendo tópicos de FMC para esse segmento educacional. Nesse sentido, no início do primeiro capítulo, apresenta-se um panorama sobre os trabalhos realizados a respeito da introdução de temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Apesar de a proposta deste trabalho ser a introdução do estudo da Teoria da Relatividade Restrita no último ano do ensino fundamental, acredita-se que as reflexões trazidas pelos autores selecionados fundamentam a proposta aqui apresentada. Destacam-se algumas justificativas de atualização do currículo do

Ensino Médio dadas por Terrazzan (1992), publicações que apontam tendências mundiais da inserção de FMC e algumas justificativas. Já na segunda parte do capítulo 1, é traçado um panorama favorável, apontado pelas Leis de Diretrizes e Base da Educação Nacional, de 1996 (LDB), pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, de 1998 (DCNEM), pelos Parâmetros Nacionais Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM), e pelos PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ao final do primeiro capítulo, justifica-se a proposta deste trabalho, destacando, além da necessidade cultural de se aprender FMC, haja vista a sua importância na formação do cidadão consciente e participativo do mundo contemporâneo, a função de despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima deles.

No segundo capítulo são apresentadas, de maneira sucinta a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria da aprendizagem significativa crítica de Marco Antonio Moreira. Essas teorias foram as bases teóricas utilizadas tanto na elaboração, quanto na aplicação do produto.

O terceiro capítulo é dedicado a apresentar a metodologia de investigação (os questionários aplicados: um elaborado para alunos do Ensino Médio, e outro para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, ambos no início do ano, além de um relatório preenchido pelos alunos ao final do primeiro trimestre do ano seguinte à aplicação do produto), a duração, a estrutura e o desenvolvimento dos textos que serviram de base para o curso aqui proposto.

No mesmo capítulo são descritas as aulas, atividade a atividade, destacando alguns trechos dos textos e como a teoria da aprendizagem significativa colaborou na sua elaboração. Descreve-se também a aplicação dos textos, apontando como os alunos se comportaram nas aulas. Ao final desse capítulo, faz-se uma avaliação do projeto, levando em consideração as respostas dadas aos instrumentos de verificação utilizados.

Como conclusão do presente trabalho, fez-se uma avaliação geral, apontando o que poderia ser modificado para uma próxima aplicação e citando outras ações ligadas à inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

## I- RELEVÂNCIA DO TEMA

### I.1- Um panorama favorável

Alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos no sentido de inserir tópicos de Física moderna no Ensino Médio - desde propostas de reformulação curricular até aplicações em sala de aula. Pretende-se apresentar um panorama do material produzido e acumulado na área, de forma a orientar o leitor quanto à relevância do presente trabalho e de sua possível implementação. Pensar na inserção de tópicos de FMC nos remete ao currículo escolar. Segundo Terrazan (2002), o currículo de Física do Ensino Médio é desatualizado, pobre e sem muita diversificação.

Os programas de Física trabalhados na maioria das escolas brasileiras desconsideram o nascimento da ciência, como a vemos a partir da Grécia Antiga, assim como seu desenvolvimento no século XX. Limita-se, em geral, o estudo da Física, nesse segmento, ao período que vai do século XVI à metade do século XIX:

*Os nossos currículos de Física, em termos de 2º grau, são muito pobres e todos muito semelhantes. Usualmente a Física escolar é "dividida" em temas como Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo. A mesma seqüência que é ditada pelos manuais de Física destinados a esse nível de ensino. Esta é apenas uma das possíveis divisões. Há outras, a dependendo critério utilizado. E aqui reside um ponto extremamente importante, qual seja, explicitar sempre o critério utilizado ao se propor uma seleção e uma divisão de conteúdos, de modo a justificá-las. Infelizmente, não encontramos justificativas, ao menos explícitas, para essa divisão. Na verdade, ocorre que até o momento continuamos a seguir a mesma seqüência ditada pelos manuais estrangeiros de ensino de Física utilizados no século passado.*

*Dessa forma, as variações em torno dessa divisão, eventualmente adotadas no ensino da Física em nossas escolas de 2º grau, são sempre pequenas e mantêm excluída, na prática, toda a Física desenvolvida neste século. (TERRAZAN, 2002, pág. 209).*

Com isso, temas de FMC não são discutidos. O estudo de temas de FMC não tem sido apontado como a resolução dos problemas encontrados no ensino de Física, porém percebe-se a importância da abordagem desses temas, como facilitadores da formação de um cidadão capaz de entender o mundo criado pelo homem atual, assim como a sua inserção consciente, modificadora e participativa neste mesmo mundo.

*A introdução da Física Moderna no Ensino Médio é de suma importância conforme atestam vários estudos na área. Podemos destacar dentre os motivos mais convincentes aqueles que permitem que os alunos dialoguem com os fenômenos físicos que estão por trás do funcionamento de aparelhos que, atualmente, são utilizados de forma corriqueira no dia-a-dia da maioria das pessoas, fato, aliás, que torna o assunto bastante interessante.*

*É imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definir à 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.*

*A importância de se fazer essa relação é candente para o estudante/cidadão, pois através dela é possível analisar algumas implicações da ciência no aspecto social, cultural, ecológico, enfim, global. Conhecendo essas implicações é possível adotar posturas éticas e políticas, cada vez mais necessárias, quanto ao uso das modernas tecnologias que o avanço da ciência possibilita.*

*O exercício da cidadania baseia-se no conhecimento das formas contemporâneas de linguagem e no domínio dos princípios científicos e tecnológicos que atuam na produção moderna. (CARVALHO, 2005, pág. 25)*

Entretanto, como aponta Terrazan, a inserção de tópicos de FMC não pode ser uma ação isolada dos pesquisadores da área de ensino de ciências. Deve, ao contrário, ser ponto de reflexão de todos os profissionais envolvidos nesse ensino:

*Não podemos, no entanto, nós professores e pesquisadores da Universidade, enfrentar tal tarefa sem a participação conjunta daqueles que praticam a Física escolar secundária: os professores de Física do 2º grau. O envolvimento desses profissionais, da forma mais direta possível, em qualquer proposta de reformulação do ensino da Física é ponto*

*fundamental para a efetividade da mesma.* (TERRAZAN, 2002, pág. 210).

Terrazan verifica três vertentes para a introdução de Física moderna na escola média. Uma delas é a exploração dos limites da Física clássica, como proposta por Gil e Solbes (1993). Pretende-se, nesse caso, que o aluno possa, a partir da análise de fenômenos, baseado nos conhecimentos da Física clássica, perceber que não conseguimos encontrar nesse modelo uma explicação compatível com a observação.

Tomamos como exemplo a ineficácia do modelo clássico para explicar o problema da radiação do corpo negro. Explorar os limites da Física clássica, nesse caso, é a partir dessa problemática iniciar o estudo da Física quântica. A segunda, contrária à primeira, proposta por Fishler e Lichtfeldt (1992), nega a comparação com os modelos clássicos, pois estes podem dificultar a compreensão, pelos alunos, de tópicos e modelos da Física Quântica. Já a terceira, proposta por Arons (1990), se apresenta como uma metodologia intermediária, que analisa a evolução histórica dos conceitos, porém defende a seleção cautelosa de conceitos importantes no estudo de temas de FMC, como elétrons, fótons, núcleos e estrutura atômica, evitando tudo que não seja essencial para o desenvolvimento do tema.

Como conclusão, Terrazan propõe uma postura reflexiva e pró-ativa do professor, de forma que a metodologia adotada se enquadre de acordo com a temática, e não que exista uma metodologia única. Nesse sentido, as diversas abordagens metodológicas e a permanente reflexão a respeito de diferentes práticas pedagógicas são fundamentais para o encaminhamento de uma possível reestrutura curricular.

Ostermann faz uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, que abrange o período da década de 70 ao ano 2000, ano de defesa de sua tese. A autora

destaca oito trabalhos referentes a temas de FMC aplicados a alunos do Ensino Médio. Os trabalhos relacionados por Ostermann apresentam iniciativas que abordam temas como: “A natureza quântica da luz”, trabalho de Pinto e Zanetic (1999), desenvolvido em algumas aulas de uma escola em São Paulo. Raios cósmicos foi um tema trabalhado por Pereira (1997), cujo trabalho foi desenvolvido através de palestras para alunos do Ensino Médio, resultando, ao final, na produção de um vídeo. No Mato Grosso, Coelho (1995) desenvolveu um curso de extensão de curta duração para um grupo de alunos, em que se discutiu a natureza quântica das radiações, átomos e elétrons, iniciando a discussão na radiação do corpo negro e chegando ao princípio de exclusão de Pauli. Temas de Física Quântica foram apresentados a alunos secundaristas, na Itália, por Stefanel (1998) e por Cuppari e colaboradores (1997). Em Berlim, na Alemanha, por Fisher e Lichtfelt (1992), dentre outros temas, difração de elétrons, o princípio da incerteza e análise espectroscópica foram assuntos discutidos em uma unidade didática de alguns cursos secundaristas, isso feito em detrimento da abordagem da Física Clássica. Na Holanda, atendendo a um componente curricular com ênfase na temática Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), Eijkelhof e colaboradores (1984) relatam uma experiência da aplicação de uma unidade didática cujo tema foi o armamento nuclear. O grupo espanhol de Gil e Solbes (Gil e Solbes, 1993; Solbes et al., 1987; Gil et al., 1987, 1988) apresenta tópicos de FMC para discutir problemas não resolvidos pela Física Clássica, partindo das suas principais contribuições.

Apesar do número de trabalhos relacionados à aplicação de tópicos de FMC no Ensino Médio, há, atualmente, uma preocupação dos pesquisadores da área de Ensino de Ciências e Matemática quanto ao tema. A pesquisa bibliográfica realizada por Ostermann e reforçada no referido trabalho identifica alguns trabalhos que justificam uma atualização curricular com a abordagem de temas de FMC, seja pela curiosidade apresentada pelos alunos com respeito ao tema, ou pela necessidade de

formar um cidadão capaz de discutir assuntos relacionados à modernidade, tanto no aspecto tecnológico, quanto no aspecto sociocultural.

Alguns trabalhos nacionais merecem destaque. Köhnlein e Peduzzi (2005) produziram um módulo didático para introduzir aspectos conceituais, históricos e filosóficos da Teoria da Relatividade Restrita. Trabalharam, em 2003, a ruptura entre o paradigma newtoniano e o relativístico, com uma turma de uma escola no município de Xanxerê (SC). Trinta e um alunos da 4ª fase (turno matutino) do Ensino Médio estiveram envolvidos na experiência. O módulo contemplou atividades divididas em 15 horas-aula, de 45 minutos de duração cada.

Machado e Nardi (2007) desenvolveram a produção e a validação de um *software* fundamentado em princípios ausubelianos de ensino, para inserção da Física Moderna no Ensino Médio. O trabalho baseou-se em debates promovidos no âmbito do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, em considerações quanto ao papel pedagógico da História e da Filosofia da Ciência e em orientações para implementação e validação de sistemas hipermedia.

Guerra, Braga e Reis (2007) desenvolveram uma proposta de inserção do estudo da relatividade restrita na primeira série do Ensino Médio, tendo por eixo condutor a história e a filosofia da ciência:

*Nas reflexões voltadas para a busca da identidade do ensino de Física, fica claro que esse ensino precisa preocupar-se em construir caminhos que facilitem a formação da cidadania dos envolvidos no processo educacional. Nesse sentido, é importante que ao longo de toda a sua formação, o aluno seja instigado a refletir sobre a ciência, pensando sobre os limites e as possibilidades desse conhecimento. Mas em que a Física moderna, e, mais particularmente, o estudo da relatividade restrita e da geral podem contribuir à reflexão dos limites e possibilidades da ciência?*

*A resposta a essa questão será construída a partir da reflexão sobre uma proposta de introdução do tema na primeira série do Ensino Médio. Essa inserção não é algo inédito. Alguns pesquisadores/educadores já propuseram ser este um caminho para que a Física relativística esteja*

*presente nos cursos de Física. (GUERRA ET AL., 2000, pág.576).*

Segundo Oliveira (2007), é comum, nas aulas de Física, os alunos apresentarem curiosidade a respeito de temas associados à FMC. Essa curiosidade surge a partir de leituras de livros ou revistas de divulgação científica, e/ou programas de televisão. Apesar desse interesse, os professores ficam muitas vezes impossibilitados de dar continuidade às questões trazidas pelos alunos, seja por falta de planejamento, seja por falta de preparo do próprio professor. O fato é que cada vez mais alunos se mostram interessados por esses temas. A falta de um currículo que aborde tais conceitos pode tornar o estudo da Física, para os alunos do Ensino Médio, algo sem função, pois nem mesmo serve para que possam entender sua realidade presente.

*A lacuna provocada por um currículo de Física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a Física desempenha no mundo em que vive.*

*O quadro se agrava à medida que esse aluno, quando termina o Ensino Médio, para de estudar ou envereda por carreiras onde não há mais ênfase numa formação científica. Nesses casos, o Ensino Médio constitui o último contato formal com a Física. Dessa forma, os problemas encontrados nesse segmento do ensino, no que diz respeito a uma formação científica mais atual e mais presente no dia a dia, contribuem de forma negativa para a formação da cidadania de boa parte dos alunos. (OLIVEIRA et al., 2007, pág.448).*

## I.2- Posições a respeito da relevância do tema

Ostermann (2000), além do levantamento bibliográfico, faz uma pesquisa com cerca de 100 profissionais, entre físicos teóricos e experimentais, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física do Ensino Médio, a respeito da relevância da inserção de tópicos de FMC, assim como um levantamento dos tópicos mais importantes e cabíveis na discussão com alunos do Ensino Médio.

*[...] nesse estudo, como os de “consenso” para a possível inclusão no currículo de Física do Ensino Médio: efeito fotoelétrico, átomos de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas. (OSTERMANN, 2000, pág.75)*

Ainda com respeito à opinião dos profissionais mencionados acima, Ostermann faz duas observações:

*Os professores de Física do Ensino Médio, nesta metodologia<sup>1</sup>, revelaram-se o grupo menos engajado na discussão. Pela nossa experiência nas escolas, percebemos que há muita resistência por parte deles com respeito a atualização curricular, principalmente, por implicar uma significativa modificação nos conteúdos usualmente trabalhados e um investimento no estudo de tópicos mais atuais.*

*Não há uma definição de consenso acerca do que é Física Contemporânea<sup>2</sup> e como distingui-la da Física Moderna. Pela lista obtida ao final do estudo, vê-se que há tópicos modernos mesclados a contemporâneos. Até mesmo temas de Física Clássica apareceram nesta pesquisa. Nossa preocupação, do ponto de vista do ensino, foi a de incorporar temas contemporâneos. É claro que estes, em geral, demandam conhecimentos clássicos e modernos (OSTERMANN, 2000, pág. 150-151).*

---

<sup>1</sup> A metodologia utilizada foi a técnica Delphi, que consiste na elaboração de um questionário inicial enviado a um grupo respondente, seguido de sua reelaboração e reenvio do questionário após o retorno das respostas. Durante o processo é garantido a cada respondente a oportunidade de reavaliar suas respostas originais, tendo como base o exame das respostas do grupo. Procura-se, assim, “permitir que um grupo de indivíduos, como um todo, enfrente um problema complexo” (OSTERMANN, 2000, pág. 41).

O resultado dessa pesquisa aponta um quadro favorável quanto à inserção de tópicos de FMC, por parte da comunidade científica, porém detecta-se certa resistência por parte dos professores de Ensino Médio. A resistência dos professores do Ensino Médio pode mostrar que a inserção de temas de FMC não é algo simples. Porém Ostermann e Moreira (2000), baseados em um estudo, feito com alunos de graduação em Física, sobre a introdução de dois tópicos de FMC (partículas elementares e supercondutividade), mostram que é possível ensinar em nível médio tópicos de FMC. Afinal, para que possamos introduzir tópicos de FMC no Ensino Médio, é necessário discutir como fazê-lo de forma eficiente nesse segmento. Para isso, é necessário levar essa discussão para os cursos de licenciatura em Física.

*[...] É viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não tem capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da Física clássica [...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis. (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, pág.11).*

No sentido de corroborar com essa idéia, Ostermann (2000) comenta:

*Os resultados apontam para a asserção de que deveria haver mais Física Contemporânea no Ensino Médio e menos “fósseis” de Física Clássica. Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais instrucionais estiverem disponíveis. Com isso, os jovens podem ter uma escolarização de nível médio em Física atualizada e mais coerente com um pleno exercício da cidadania na sociedade contemporânea (OSTERMANN, 2000, pág.154).*

As pesquisas apontam a necessidade da atualização do currículo e como desafio construir caminhos para inserir os tópicos de FMC sem que este se torne mais

um tópico num currículo. Não se deseja agregar mais um “assunto” a inchar ainda mais o currículo. Deve-se priorizar o caráter formativo desses tópicos.

*Embora os trabalhos consultados representem o preenchimento de uma lacuna importante que existe em termos de materiais sobre FMC, muitas vezes, alguns pecam por serem muito densos e demandarem conhecimentos prévios que, em geral, o público-alvo não possui (professores de Ensino Médio, pesquisadores em ensino, não especialistas nas áreas). Além disso, muitas áreas importantes de FMC estão pouco exploradas nas publicações e ainda não há consenso sobre quais tópicos deveriam ser contemplados na escola média. Sendo assim, é preciso tentar delimitar quais tópicos de FMC devem ser abordados e elaborar textos de uma maneira mais crítica e com maior comprometimento com a melhoria do Ensino Médio.*(OSTERMANN, 2001,pág.136)

### **I.3- O que diz a legislação**

Uma análise dos textos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), assim como das Orientações Curriculares Nacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCN+) mostra que o modelo proposto, por esses documentos, prioriza o ensino geral em contraste com o específico. Em relação ao ensino de Física, o fundamental é a formação científica de um cidadão contemporâneo, capaz de entender e participar da sua realidade e interagir com as demais disciplinas.

A LDB (1996) aponta como objetivo do Ensino Médio, dentre outros, que os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação utilizadas no ensino de Física e nas demais disciplinas da área de ciências da natureza devem ser organizadas de forma a favorecer a compreensão dos princípios científicos do mundo contemporâneo.

*[...]os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do Ensino Médio o educando demonstre domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna e conhecimento das formas contemporâneas de linguagem”.*(LDB, artigo 36, § 1º, incisos I e II).

Neste sentido é imprescindível a inserção de tópicos de FMC. A discussão desses temas no Ensino Médio pode facilitar ao aprendiz interagir de forma mais significativa com as questões do mundo contemporâneo, tanto em questões tecnológicas como também com as relações sócio-culturais.

A utilização da história da ciência como eixo condutor para a apresentação de temas da FMC corroboram com o desenvolvimento das competências e habilidades propostas pelos PCNs.

*A Física percebida como construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão de vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias Físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram.*

*Perceber essas dimensões históricas e sociais corresponde também ao reconhecimento da presença de elementos da Física em obras literárias, peças de teatro ou obras de arte.*

*Essa percepção do saber físico como construção humana constitui-se condição necessária, mesmo que não suficiente, para que se promova a consciência de uma responsabilidade social e ética. Nesse sentido, deve ser considerado o desenvolvimento da capacidade de se preocupar com o todo social e com a cidadania.(BRASIL, 2000, pág. 27-28).*

Os textos apontam para o fato de que alguns tópicos de FMC, que estão ligados à tecnologia contemporânea, assim como relacionados às discussões atuais de cunho sociocultural, são indispensáveis para alcançar tais objetivos. Não se pretende, com essas citações, fazer juízo de valores da LDB ou dos Parâmetros Curriculares Nacionais, mas permitir ao leitor perceber que a idéia de uma reformulação do currículo não é uma preocupação exclusiva dos pesquisadores em ensino de ciências. .

## **II-FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **II.1- Introdução**

Nosso trabalho fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e foi também baseado na tese desenvolvida por Marco Antonio Moreira, intitulada *Aprendizagem significativa crítica*.

### **II.2- A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel**

A teoria da aprendizagem significativa baseia-se no fato de que a aprendizagem processa-se quando os novos conceitos interagem com conceitos relevantes e inclusivos.

*Significado, segundo Ausubel, é: um produto “fenomenológico” do processo da aprendizagem, no qual o significado potencial, inerente aos símbolos, converte-se em conteúdo cognitivo, diferenciado para um determinado indivíduo. (MOREIRA, 2006, p.14)*

A posse de determinadas habilidades que possibilitam a aquisição e a retenção de novos conceitos apresentados ao indivíduo é o que o capacitará a garantir significados.

A interação do novo conceito apresentado a uma estrutura de conhecimento específico, a qual Ausubel define como o conceito de *subsunção* (*subsumer*), existente na estrutura cognitiva do indivíduo, é o que apresentamos como aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se nesses subsunsores presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para Ausubel, o

armazenamento e as informações na mente humana ocorrem de maneira organizada e hierárquica.

Na aprendizagem mecânica, o processo se dá com pouca, ou sem nenhuma, interação com conceitos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. Como há pouca conexão com conceitos previamente adquiridos, o novo conceito fica distribuído de maneira arbitrária na estrutura cognitiva. Um exemplo seria a memorização de fórmulas e leis em Física. Porém vale ressaltar que Ausubel não trata das teorias da aprendizagem significativa e da aprendizagem mecânica como uma dicotomia, na verdade ele as pensa como um processo contínuo. Isto porque é possível utilizar a aprendizagem mecânica para construir subsunçores. Por exemplo, pode ser essencial, no primeiro momento em que o indivíduo é apresentado a um conhecimento de uma área completamente nova para ele, que se opte pela aprendizagem mecânica, pois através dela é possível estabelecer subsunçores capazes de ancorar os novos conhecimentos.

Apesar disso, a aprendizagem mecânica não é a única forma de se estabelecerem subsunçores. Podemos entender outra maneira de formar os conceitos ou mesmo “apresentá-los” à estrutura cognitiva: através das experiências empírico-concretas vividas pelo aprendiz na infância. Esse conjunto de experiências levará o indivíduo, de maneira espontânea, a adquirir idéias genéricas que servirão como subsunçores. A partir daí, a maioria dos novos conceitos estarão prontos para serem relacionados com os anteriores.

Após essa fase, surge o que chamamos de **assimilação de conceitos**, que é caracteristicamente a forma com a qual as crianças mais velhas e os adultos adquirem novos conceitos e os relacionam com os conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva.

A aquisição de conceitos por recepção não ocorre de maneira passiva, pelo contrário, esse processo é caracterizado pela interação do novo conceito com conceitos previamente adquiridos. Dessa forma, quanto mais ativo for esse processo,

mais significativa será essa aprendizagem. Para Ausubel, é essencial o uso de **organizadores prévios** (materiais introdutórios apresentados antes mesmo do próprio material a ser aprendido) que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores capazes de facilitar a aprendizagem subsequente. Ou seja, através do estabelecimento de organizadores prévios, podemos manipular a estrutura cognitiva de forma que a aprendizagem se torne cada vez mais significativa. Segundo Ausubel, os organizadores prévios servem de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve aprender (**pontes cognitivas**). No caso de um conceito completamente novo, podemos pensar em organizadores “**explicativos**”, que tentarão estabelecer subsunçores para servirem como âncoras para o novo conceito a ser apresentado. Já para conceitos familiares, podemos pensar em organizadores “**comparativos**”, usados para associar os novos conceitos aos conceitos basicamente similares preexistentes na estrutura cognitiva. Apesar do nome, os organizadores devem ser mais eficientes do que servir meramente como comparativos introdutórios entre o material já existente e o novo.

*...Sua vantagem é garantir ao aluno o aproveitamento das características de um subsunçor, ou seja:*

- a) Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;*
- b) Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;*
- c) Prover elementos organizadores inclusivos, que levem consideração mais eficientemente e ponham em melhor destaque o conhecimento específico do novo material. (MOREIRA M.- 2006, p. 22)*

### **II.2.1- Evidências da Aprendizagem Significativa**

Para Ausubel, os alunos aprendem ou memorizam não somente fórmulas como também proposições, causas, exemplos e maneiras de resolver “problemas típicos”. Uma possibilidade de verificar ou mesmo garantir que a aprendizagem seja realmente significativa é trabalhar com exemplos e problemas novos que exijam máxima transferência de conhecimento. Outra seria solicitar que o estudante diferencie idéias

relacionadas, mas não idênticas, ou pedir que ele identifique elementos de um conceito num dado exemplo ou elementos de conceitos similares.

### *Assimilação de conceitos*

A hipótese da assimilação ajuda a explicar a organização da estrutura cognitiva. Apresentamos abaixo um esquema que, simbolicamente, representa de que forma um novo conhecimento é agregado à estrutura cognitiva por meio de subsunções:

Tabela II.1: Processo de subsunção por meio do princípio da assimilação.

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <b><i>Nova informação potencialmente → significativa</i></b> | <b><i>Relacionada e assimilada por →</i></b> | <b><i>Conceito Subsunçor → existente na estrutura cognitiva</i></b> | <b><i>Produto interacional (subsunçor modificado)</i></b> |
| <b><i>A</i></b>  |  | <b><i>A</i></b>   | <b><i>A'a'</i></b>  |

Retirada de Moreira (2006).

O esquema acima considera que a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição **a** é assimilado sob a idéia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva. Mais do que isso, tanto a nova informação passa fazer parte da estrutura cognitiva, ganhando significado e garantindo a aprendizagem significativa, como também o subsunçor que serviu de âncora para a elaboração da nova informação sofre modificação, tornando-se mais inclusivo.

Quanto à ordenação da aprendizagem,

*[...] do ponto de vista ausubeliano, o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e, posteriormente então, este é progressivamente diferenciado, em termos de detalhe e especificidade. (MOREIRA, 2006, p.29).*

Segundo Ausubel, ao se programar o conteúdo, devemos levar em consideração que as idéias mais gerais e mais inclusivas devem ser apresentadas primeiro e só depois se deve fazer uma diferenciação progressiva, em termos de detalhes e especificidade (*diferenciação progressiva*). Isto porque é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo e previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas.

A organização de conteúdos propõe uma hierarquia na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura, relacionadas às menos inclusivas.

Essa organização deve, além de operar uma *diferenciação progressiva*, explorar relações entre as proposições e os conceitos (similaridades e diferenças) e *reconciliar inconsistências reais e aparentes*.

Logo:

a) *diferenciação progressiva é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as idéias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e , progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. Essa ordem de apresentação corresponde à sequência natural da consciência, quando um ser humano é espontaneamente exposto a um campo inteiramente novo de conhecimento;*

b) *reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para espurar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças significativa, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. (MOREIRA, 2006, p. 30)*

*[...] Ausubel chama atenção para o fato de que os princípios de assimilação de conceitos que são relevantes para a aprendizagem escolar são essencialmente os mesmos princípios da aprendizagem verbal significativa. Aprender um novo conceito depende de propriedades existentes na estrutura cognitiva, do nível de desenvolvimento do aprendiz, de sua habilidade intelectual, bem como da natureza do conceito em si e do modo com que é apresentado. (MOREIRA, 2006, p. 39)*

## **II.2.2- Aspectos Desenvolvimentais da Aquisição de Conceitos**

Apresentamos a seguir, de maneira bastante simplificada, as mudanças gerais na aquisição de conceitos devido os estágios do desenvolvimento cognitivo. Essas mudanças podem ser agrupadas sob três estágios, segundo Piaget:

- I. Estágio pré-operacional – nesse estágio a criança é limitada à aquisição de conceitos primários, cujos referentes se limitam à experiência empírico-concreta.
- II. Estágio operacional-concreto – nesse estágio a aquisição se dá num nível maior de abstração. Os conceitos adquiridos estão num nível secundário, em que os significados que a criança aprende não estão limitados a experiências empírico-concretas.
- III. Estágio de operações lógico-abstratas – nesse estágio atributos criteriosais de conceitos secundários mais complexos podem ser relacionados à estrutura cognitiva sem estar relacionados com experiências empírico-concretas. A conceituação é refinada pela verbalização para levar a idéias mais gerais, abstratas, precisas e explícitas.

## **II.2.3 - Pontos Importantes a Serem Considerados**

Os conceitos, como abstrações, representam apenas uma das formas de definir uma classe e não têm existência no mundo real, apesar de psicologicamente serem reais, no sentido de que:

- a) Podem ser adquiridos, percebidos e manipulados como se tivessem existência independente deles mesmos;
- b) São percebidos e entendidos, tanto denotativamente como em termos de funções sintáticas, de maneira muito similar dentro de uma cultura a outra. Por exemplo, cultura, em si é um conceito abstrato que não tem existência independente por si, desde que consiste meramente de atitudes, meios típicos de pensar e maneiras características de institucionalizar relações interpessoais numa certa

sociedade. É uma abstração que não tem realidade Física fora da totalidade de comportamentos, atitudes e valores de um certo conjunto de indivíduos. Ainda assim, “cultura”, como entidade, é psicologicamente real. (MOREIRA,2006, p. 45)

O mais importante que devemos extrair dessa análise é o duplo aspecto envolvido no significado: o aspecto denotativo e o aspecto conotativo. O Ausubel salienta é que o significado é um produto “fenomenológico”, no qual o significado potencialmente inerente aos símbolos é convertido em conteúdo cognitivo, diferenciado para um determinado indivíduo.

### II.3 - A Aprendizagem Significativa Crítica

É preciso esclarecer o que entendemos como *aprendizagem significativa crítica*.

*Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades desenvolvidas por seu grupo social que permite ao indivíduo participar das atividades e, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não é mais captada pelo grupo. De certa forma, significa dizer que esta perspectiva permite ao indivíduo participar de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. (MOREIRA,s/d).*

Postman e Weingartner chamam esse tipo de ensino de *ensino subversivo*. Já Moreira prefere considerar aprendizagem subversiva e, ainda, acredita que a aprendizagem significativa crítica pode subjazer a esse tipo de subversão. Essa subversão garante ao aprendiz capacidade de refletir e pensar de forma crítica a respeito do seu objeto de estudo. É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá experimentar um olhar para seu objeto de estudo, ainda que, inserido em sua cultura, não seja subjugado pelos seus ritos, mitos e ideologias.

Segundo Moreira (s/d), é através da aprendizagem significativa crítica que permitimos ao aluno lidar com os pensamentos da atualidade, com o mundo contemporâneo e suas constantes transformações. Por meio dela, ele percebe que o conhecimento é parte da construção humana e que apenas representamos o mundo.

*É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a idéia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente (MOREIRA, s/d).*

### **II.3.1 - Facilitadores da Aprendizagem Significativa**

Vamos propor aqui alguns princípios, idéias ou estratégias facilitadores da aprendizagem significativa crítica:

1. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.

No que diz respeito à relação ensino-aprendizagem, a interação social é indispensável. Tal relação ocorre com o compartilhamento de significados do objeto de estudo. O compartilhar significados resulta da negociação de significados entre aluno e professor. Porém essa negociação deve envolver, ao invés de respostas, perguntas.

Como dizem Postman e Weingartner,

*o conhecimento não está nos livros à espera de que alguém venha a aprendê-lo; o conhecimento é produzido em resposta a perguntas; todo novo conhecimento resulta de novas perguntas, muitas vezes novas perguntas sobre velhas perguntas.(POSTMAN e WEINGARTNER, 1969,p.23 - apud MOREIRA, s/d)*

Pode-se comparar um ensino em que as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas respostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com um ensino em que, ao invés de receber

respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas). O primeiro tende a gerar aprendizagem não crítica e mecânica, já o segundo tende a gerar aprendizagem significativa crítica. Como sugerem os autores supracitados:

*Uma vez que se aprende a formular perguntas -- relevantes, apropriadas e substantivas -- aprende-se a aprender e ninguém mais pode impedir-nos de aprendermos o que quisermos (idem, ibidem).*

Quando o aluno chega a formular perguntas relevantes, apropriadas, substantivas, ele está utilizando de seus conhecimentos prévios, e com isso detectamos a aprendizagem significativa. Essa sim representa uma aprendizagem libertadora, capaz de detectar bobagens e irrelevâncias.

Vivemos num mundo onde a informação tem diversos canais, que podem servir como fontes de consulta para a construção de dado conhecimento. Porém, se não fizermos uma análise crítica daquela informação, podemos incorrer no risco de reproduzir o “erro”, ou o que chamamos de falsas verdades. A internet é um bom exemplo. Pensemos na quantidade de informações que são disponibilizadas na web a seus usuários. Para utilizarmos essa enorme disponibilidade de informação, é preciso fazer uma análise seletora, o que Postman e Weingartner chamam de *detector de lixo* (*crap detector*), o que é uma decorrência direta da aprendizagem significativa crítica.

Não devemos pensar que a aprendizagem significativa crítica está restrita a perguntas. Esse é um dos facilitadores dessa aprendizagem.

2. Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.

O livro didático simboliza a autoridade de onde “emana” o conhecimento. Parece que o conhecimento (a verdade) está ali à disposição, é só o aluno tomar o livro e “beber” dessa fonte.

Porém, para que haja uma aprendizagem significativa, a leitura do livro deve ser feita de maneira crítica. Buscando suscitar essa crítica, o professor deve lançar mão de outras fontes de consulta, como artigos científicos, contos, poesias, reportagens, filmes e obras de arte.

### 3. Princípio do aprendiz como perceptor/representador.

Essa é uma visão importante, que colabora com outros facilitadores da aprendizagem significativa crítica. Esse princípio coloca o aluno não como um receptor, mas como um perceptor/representador. Perceptor, porque a aprendizagem está ligada ao que ele percebe; e representador, porque a realidade percebida será representada através de modelos por ele criados. De acordo com a psicologia cognitiva, não captamos o mundo diretamente, nós o representamos internamente (modelos mentais). No que diz respeito ao ensino, o professor estará lidando sempre com as percepções dos alunos em um dado momento.

Se, por um lado, o aluno já traz suas concepções prévias e com isso tem sua maneira particular de percepção, por outro, o professor estabelece uma relação com o conhecimento também de acordo com sua percepção. Isso nos quer dizer que a comunicação entre professor e aluno só será possível se eles buscarem perceber o conhecimento de maneira semelhante.

Essa visão do aluno perceptor/representador nos leva a um conceito imprescindível na comunicação, que é o conceito de linguagem.

### 4. Princípio do conhecimento como linguagem.

*A linguagem está longe de ser neutra no processo de perceber, bem como no processo de avaliar nossas percepções. Estamos acostumados a pensar que a linguagem "expressa" nosso pensamento e que ela "reflete"*

*o que vemos. Contudo, esta crença é ingênua e simplista, a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas nossas tentativas de perceber a realidade (idem, ibdem., p.99).*

Entender o conhecimento como linguagem é reconhecer que as coisas com as quais lidamos têm sua definição dada por pessoas. Essas definições são dadas através de símbolos, e esses símbolos estabelecem a comunicação dos seus significados. Na verdade, muito do que chamamos de “conhecimento” é linguagem. Nesse sentido, cada conhecimento ou cada conteúdo tem sua própria linguagem, e, para dialogarmos com esse conhecimento ou com esse conteúdo, devemos conhecer a sua linguagem.

Aprender uma nova linguagem implica novas possibilidades de percepção. Vemos que isso reforça a idéia de uma aprendizagem significativa crítica, pois aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, através de suas palavras, signos e outros instrumentos, de forma substantiva e não arbitrária. A linguagem é a mediadora entre o que percebemos e o que expressamos do conhecimento que abstraímos.

Ou seja, para garantir uma aprendizagem significativa, a linguagem tem um papel fundamental.

##### 5. Princípio da consciência semântica.

Percebemos que os tópicos que estamos apresentando são complementares. O princípio da consciência semântica aborda ainda a importância da linguagem, como facilitadora no processo de aprendizagem significativa crítica. Esse princípio implica várias conscientizações. A primeira, e talvez a mais importante, é a consciência de que o significado está nas pessoas e não nas palavras, pois qualquer significado dado a uma palavra foi atribuído por uma pessoa. E ninguém pode dar mais significado a

uma palavra do que a sua própria experiência. Nesse sentido, percebemos a importância do conhecimento prévio na aquisição de novos significados. Sendo assim, esses significados podem ser discutidos e agregados à estrutura cognitiva de maneira substantiva e não arbitrária.

A segunda conscientização, relacionada à primeira, é a de que uma palavra não é o objeto de estudo, mas o representa. Algumas palavras são mais abstratas ou gerais, outras são mais concretas ou específicas.

A terceira conscientização semântica necessária à aprendizagem significativa está relacionada ao fato de usarmos palavras para nomear as coisas, como se essas coisas fossem eternas em seus significados. É uma forma de “fotografar” as coisas, e isso tende a dificultar a percepção de um mundo em permanente mudança. Por exemplo, quando nomeamos o átomo como uma estrutura fundamental e indivisível, damos a essa “coisa” um nome que traz consigo um significado. Ao estudarmos os modelos atômicos e apresentarmos a estrutura desses modelos, o significado primeiro do nome dado à “coisa”, tende a fixar a idéia de indivisibilidade.

O princípio da consciência semântica, embora abstrato, é muito importante para o ensino e para a aprendizagem, visto que, à medida que o aprendiz desenvolver a consciência semântica, a aprendizagem poderá ser significativa e crítica, pois não recairá nas armadilhas de causalidade simples, não ficará restrita às respostas certas ou erradas; antes, pensará em complexidade de causas, em graus de certeza ou em escolhas.

## 6. Princípio da aprendizagem pelo erro.

Não podemos confundir esse princípio facilitador com o conceito de aprendizagem por ensaio-e-erro, cujo significado é muitas vezes pejorativo. Aqui a idéia é de que o erro é um processo da natureza humana. Na verdade, aprendemos

corrigindo nossos erros. Não há nenhum problema em errar, errado é pensar na certeza de que a verdade absoluta existe. O conhecimento humano constrói-se baseado na superação dos erros, o que nos traduz também uma limitação desse conhecimento. O que conhecemos hoje é resultado da superação de erros passados. Essa idéia colabora com a aprendizagem significativa crítica, pois permite ao aprendiz, mais uma vez, perceber que o conhecimento que está em contato não diz respeito a uma verdade absoluta, permitindo-lhe pensar nas fragilidades do modelo em vigência e participar de maneira ativa na superação de possíveis erros, de acordo com a aplicabilidade.

Ao contrário disso, a escola atual tem colaborado com a crença em verdades, com uma postura de punição em função do erro. Isso favorece a criação de uma mentalidade de que o conhecimento que é correto, ou definitivo, é o conhecimento que temos hoje, o entanto sabemos que ele é transitório, ou seja, errado.

Devemos evitar passar a imagem do professor como contador de verdades e dos livros como portadores dessas verdades. Isso não contribui com a aprendizagem significativa e crítica, e sim colabora para uma aprendizagem mecânica e não significativa. Nosso conhecimento tem historicidade. Como dizia Freire (2003),

ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente (p. 28).

Entender o erro como parte da construção do conhecimento é pensar criticamente, é aprender a aprender.

## 7. Princípio da desaprendizagem.

Encaramos o princípio da desaprendizagem como fundamental num mundo em constante transformação. Segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, o novo conhecimento interage com um conhecimento prévio (subsunção) e, de certa

forma, ancora-se nele. Tal mecanismo é chamado de assimilação. Assim se dá a aprendizagem significativa. Porém, se o conhecimento prévio nos impede de assimilar os significados do conhecimento novo, estamos diante de um caso em que se faz necessária a desaprendizagem. Desaprender está sendo usado aqui no sentido de não usar o conhecimento prévio que impeça que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento. Isso não significa “apagar” algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva, o que na verdade é impossível, se a aprendizagem foi significativa. Um exemplo é o da aprendizagem da Mecânica Quântica: muitos alunos apresentam dificuldade de captar os significados de conceitos da Física Quântica, porque não conseguem desaprender certos conceitos da Física Clássica.

Pensar num ambiente em constante transformação é estar em constante “desaprendizagem”. O sucesso de uma aprendizagem significativa crítica depende da capacidade de aprender a desaprender. Para isso, precisamos desenvolver no aprendiz a capacidade seletiva para diferenciar, nos velhos conceitos, o que é relevante do que é irrelevante. Essa deve ser a missão da escola na sociedade tecnológica contemporânea.

#### 8. Princípio da incerteza do conhecimento.

O princípio da incerteza do conhecimento é, de certa forma, uma síntese dos princípios anteriores. A aprendizagem será significativa e crítica quando o aprendiz reconhecer o conhecimento como parte da construção humana. É necessário levá-lo à compreensão de que as respostas que obtemos são derivadas das perguntas que fazemos e que interagimos com a realidade através de representações. Significa dizer que tanto poderíamos fazer outras perguntas quanto criar outras representações da realidade, o que reforça a idéia de que o conhecimento é incerto.

Na aprendizagem significativa, o questionamento tem um papel fundamental. Perguntas são ferramentas de percepção. A natureza das perguntas determina a natureza das respostas, e as respostas estão ligadas aos símbolos de representação da realidade, ou seja, ligadas à linguagem. As definições são instrumentos para se pensar o conhecimento, e não fazem sentido fora do contexto no qual foram criadas. Vale ressaltar que, em geral, a escola não oferece aos alunos essa percepção. Desde as séries mais básicas da escolarização até as de especialização, os alunos recebem as definições como algo definitivo e como se fossem parte do mundo natural. Aprender uma definição de maneira significativa e crítica é entender que essa definição é um instrumento criado para alguma finalidade e que seriam possíveis definições alternativas para tal finalidade. Logo, o conhecimento para dada definição é incerto.

Um ponto também muito importante é o fato de usarmos as metáforas para pensar. Metáforas são mais do que instrumentos poéticos, são um modo de percepção. Elas estão presentes nas diversas áreas do conhecimento. Na Física, por exemplo, as metáforas aparecem em muitas situações, como quando associamos o modelo atômico a um modelo planetário, quando pensamos os campos elétricos como representados por linhas de força, ao idealizarmos um sistema mecânico sem atrito, com fios sem massa e inextensíveis. Aprender de maneira significativa e crítica é ter consciência que o conhecimento humano é metafórico e, portanto, incerto, dependente da metáfora utilizada.

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana. (idem, ibidem, p.172)

9. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.

Este princípio reforça o segundo, pois, assim como o livro texto pode passar uma idéia transmissiva e de autoridade quase absoluta, de onde “emana” o conhecimento, a utilização do quadro-de-giz também simboliza esse ensino transmissivo, em que o aluno copia e tenta reproduzir o que foi passado.

Não adianta substituir o quadro-de-giz por tecnologia, como a utilização do *datashow* com apresentações de slides em *power point*. O que se critica não é apenas o instrumento, mas sua utilização como possível facilitador de uma aprendizagem significativa e crítica.

Não é preciso buscar estratégias sofisticadas. A não utilização do quadro-de-giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, enfim, a diversas estratégias, as quais devem ter subjacentes os demais princípios. Na verdade, o uso dessas estratégias de ensino facilita tanto a implementação dos demais princípios em sala de aula como a atividade mediadora do professor. (MOREIRA, s/d, p.15)

### III- METODOLOGIA

#### III.1- Introdução

O curso de Física desenvolvido para o 9º ano do Ensino Fundamental foi planejado para a duração de um ano letivo. A proposta foi aplicada numa turma de 9º ano de um colégio particular de classe média, localizada no Méier, bairro da zona norte do Rio de Janeiro, com carga horária de 2 tempos semanais, com 50 minutos cada, e formada por 40 alunos com idades entre 14 e 16 anos.

Como metodologia de investigação utilizou-se a pesquisa qualitativa, em que o pesquisador foi o professor da realidade analisada. Dessa forma, ele construiu um diário com registros das impressões do professor, dos alunos e do desenvolvimento do trabalho.

Foram aplicados, inicialmente, dois questionários,  $q_1$ (anexo 9) e  $q_2$ (anexo 10), como pré-testes, sendo  $q_1$  aplicado uma única vez, enquanto  $q_2$  duas vezes.

No primeiro dia de aula, com o intuito de sondar tanto o conhecimento prévio dos alunos, quanto o nível de curiosidade e interesse pelo estudo da Física, o  $q_1$  foi aplicado na turma que veio a participar da atividade proposta pelo presente trabalho (9º ano do Ensino Fundamental).

O autor desta dissertação, como ex-aluno do Ensino Médio daquela instituição e mais tarde como professor de Física do mesmo segmento escolar, desde 1995, tinha a impressão que os alunos já chegavam ao 1º ano do Ensino Médio com uma idéia formada contrária ao estudo de Física. No intuito de verificar essa impressão, o  $q_2$  foi aplicado, também na condição de pré-teste, numa turma de 1º ano da mesma escola, que não participou da proposta aplicada no 9º ano.

Na tentativa de avaliar os resultados da aplicação do projeto aqui descrito, no início do ano seguinte,  $q_2$  foi aplicado como pós-teste na turma que participara da proposta desta dissertação (agora, no 1º ano do Ensino Médio da mesma escola).

O ano letivo foi dividido em duas etapas principais, sendo:

- 1- Fundamentação teórica: nesta fase, realizada entre os meses de março e julho, foram introduzidos conceitos associados à Mecânica (velocidade, aceleração, força, energia, etc); à Termodinâmica (temperatura, calor, energia interna, etc); à Ondulatória (conceitos de ondas periódicas, acústica, fenômenos ondulatórios, etc); à Óptica Geométrica e à Óptica Física, sendo que não houve aprofundamento teórico e matemático

O eletromagnetismo foi apresentado na segunda etapa, por razões apresentadas seguir.

- 2- A utilização dos textos - A evolução do conceito de movimento: a partir de julho, com os textos elaborados como produto desta dissertação, a segunda fase foi desenvolvida utilizando uma abordagem histórica. Foram elaborados 8 textos sobre a concepção de movimento ao longo da história. O primeiro tratou das idéias de Aristóteles e o último da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein.

Tomou-se como fundamento teórico a aprendizagem significativa crítica, focando os princípios enumerados no Capítulo II. Esses princípios serviram de base para a construção dos textos supracitados e também para os demais que serão apresentados neste capítulo, assim como para a sua aplicação em sala de aula, como pesquisa em ensino de Física. Fundamentalmente, a segunda estratégia, apresentada no Capítulo II, da aprendizagem significativa crítica, formatou o produto, pois, segundo Moreira (2006), a utilização de documentos que tirem a centralidade do livro didático pode conduzir o ensino a pontos que julgamos importantes.

Os textos foram construídos numa linha cronológica, com o intuito de enfatizar a evolução dos conceitos associados ao estudo do movimento, enquanto eram reapresentadas algumas grandezas físicas, garantindo significado a grandezas e aos conceitos. Nesse sentido, esperava-se que o aluno fosse capaz de criar uma consciência semântica, entendendo que o significado foi dado às coisas por pessoas historicamente situadas e, assim, que o significado representa a “coisa” e não tem um caráter de verdade estática, mas sim constitui-se em algo com possibilidade de reformulação.

A leitura dos textos em sala de aula foi realizada com o propósito de permitir a participação dos alunos, de forma a favorecer a aprendizagem significativa crítica pelo princípio da interação social e do questionamento. Para isso elaboramos os textos de forma que fossem destacadas as perguntas. Assim, em vários momentos, os textos visavam favorecer o embate de idéias. O primeiro momento em que isso ocorreu foi na discussão travada em torno dos modelos geocêntrico e heliocêntrico. O segundo momento foi na discussão a respeito da natureza da luz. Essa discussão favoreceu a idéia de uma ciência que interage com a natureza, criando modelos que sejam satisfatórios aos fenômenos observados, além disso, favoreceu a idéia de que ao longo do tempo cometemos erros e que esses erros são importantes para a elaboração de novos modelos.

Optou-se por uma abordagem “tradicional” na primeira etapa do curso. Essa opção baseou-se na teoria da aprendizagem de Ausubel, ou seja, pretendia-se que os conceitos nesse momento apresentados servissem como subsunçores para a segunda etapa do curso. Em princípio, parece impraticável a abordagem dos temas supracitados no intervalo de tempo proposto. Entretanto, ressaltamos que essa abordagem se deu de forma introdutória, importando-se mais com os aspectos conceituais capazes de favorecer a compreensão dos textos que foram apresentados na segunda etapa.

Como a base teórica do referido trabalho foi a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, pensou-se em garantir os conceitos considerados relevantes e inclusivos, de forma que os novos conceitos apresentados na segunda etapa interagissem com eles. A abordagem sugerida no referido trabalho se fez na tentativa de garantir que o aprendiz atribuísse significados aos conceitos apresentados.

Ainda segundo Ausubel, a organização dos conteúdos deve ser feita de forma a apresentar primeiro as idéias mais gerais para, a partir delas, fazer uma diferenciação progressiva em termos de detalhes e especificidade. Essa idéia reforça, num primeiro momento, a abordagem dos conceitos de forma mais geral, para depois entrar nas especificidades na segunda fase do curso, quando foi apresentada a evolução do conceito de movimento.

Para justificar essa opção, vamos tomar um exemplo, o texto “**Porque Homem é Homem... Será?**” T<sub>7</sub> (anexo 7), onde foi apresentada a discussão da natureza da luz, segundo as concepções de Newton e de Huygens. O texto destaca que a luz apresenta características ondulatórias. O fato de os alunos terem estudado o modelo ondulatório no 1º semestre permitiu que eles compreendessem a necessidade de se pensar num meio pelo qual a luz proveniente do Sol deveria se propagar (o Éter).

Poucas coisas da natureza conseguem ser mais diferentes entre si do que uma partícula e uma onda: Ondas podem se propagar umas através das outras, partículas não. Partículas transferem matéria ao longo de seu percurso, ondas não. Ondas podem atravessar orifícios ou vãos menores do que elas próprias, partículas não. Acima de tudo, partículas não precisam de um meio para se “locomover”: De acordo com a Lei da Inércia, uma partícula em movimento continuará nesse movimento até que uma força atue sobre ela; e, assim, uma partícula não apenas pode atravessar o vácuo absoluto, como será ainda mais fácil do que atravessar qualquer outro meio. Uma onda, ao contrário, necessita absolutamente de um meio de propagação: as ondas mecânicas que vemos na superfície de um lago, se propagam no lago, ou as que ondas sonoras no ar, que se propagam no ar, ou seja, todas se propagam através de um meio definido.

Assim, se a luz fosse efetivamente um feixe de partículas (como acreditava **Newton**), sua propagação pelo vácuo

espacial não representaria nenhum problema. Mas se a luz fosse uma onda (como defendiam **Robert Hooke** e **Christian Huygens**, dentre outros), deveria sempre haver um meio pelo qual a luz se propaga. Fragmentos do texto T<sub>7</sub> (anexo 7)

Esperava-se que as leituras dos textos servissem como ferramentas que favorecessem o desenvolvimento do pensamento crítico.

### III.2 Proposta do Curso

Apresentamos a seguir o cronograma de atividades realizadas com a turma:

- Até o dia 18/07/2008 – Conclusão da primeira fase do curso;
- Dia 04/08/2008 – Apresentação do primeiro texto “CADA UM NO SEU LUGAR- O Universo Aristotélico”;
- Dia 18/08/2008 – Apresentação do texto “SEGUINDO OS RASTROS DOS ASTROS”- Claudio Ptolomeu (discussão do modelo geocêntrico);
- Dia 25/08/2008 - Apresentação do texto “TROCANDO DE LUGAR” – Nicolau Copérnico (o modelo heliocêntrico);
- Dia 08/09/2008 – Apresentação do texto “... MAS QUE SE MOVE, MOVE!!”- Galileu Galilei;
- Dia 22/09/2008 – Apresentação do texto “MATEMÁTICA... EU ACREDITO!” – Johhanes Kepler;
- Dia 06/10/2008 – Apresentação do texto “SOBRE OMBROS DE GIGANTES”- Isaac Newton;
- Dia 20/10/2008 – Apresentação do texto “PORQUE HOMEM É HOMEM... SERÁ?” – Discussão sobre a natureza da luz;
- Dia 03/11/2008 – Aplicação dos experimentos de eletromagnetismo;

- Dia 17/11/2008 – Apresentação do texto “O TEMPO NÃO PARA?” - Einstein;

### **III.3- A Dinâmica da Utilização dos Textos**

Na tentativa de garantir uma aprendizagem significativa e crítica, os textos foram trabalhados de forma interativa. Eles eram lidos individualmente e fora de sala de aula antes de serem discutidos com a turma. Dessa forma, quando o texto fosse apresentado em sala de aula, todos ou a maioria dos alunos poderiam participar de forma mais efetiva.

Todos os textos eram entregues aos alunos com uma semana de antecedência. Essa prática permitiu verificar a importância do contato prévio com o texto, pois, para alguns alunos, o tema era motivo de pesquisa principalmente em fontes da internet. Além disso, foi desenvolvida posteriormente, a partir do terceiro texto, outra prática, a de destacar no texto (sublinhar) o que não havia sido compreendido. Isso tornou a aula ainda mais participativa. No início, a maioria dos alunos não fazia a leitura com antecedência, porém, à medida que eram vinculadas discussões a respeito do tema, os mesmos começaram a trazer a leitura, ainda que sem muito aprofundamento e compreensão.

Outro fator importante para a leitura prévia era o chamado conceito de Dedicção Acadêmica (DA) existente na escola em que a proposta foi aplicada. Todo professor atribuía um conceito ao aluno, decorrente de sua participação em sala e execução das tarefas de casa. Nas aulas de Física, o conceito DA foi atribuído a partir da leitura prévia do texto e da participação no debate em sala.

Em sala de aula, a dinâmica desenvolvida para se trabalhar com os textos foi a seguinte: as aulas foram divididas em dois momentos; no primeiro, os alunos eram

divididos em grupos de no mínimo 3 e no máximo 6 alunos e recebiam um texto sem marcações, que seria o texto do grupo. Como mencionado acima, os textos, quando trabalhados em sala de aula, já haviam sido lidos individualmente e neles destacados as partes não compreendidas. O grupo deveria discuti-los, a partir da apresentação das partes sublinhadas por cada aluno. Nesse momento, se porventura houvesse algum aluno que não tivesse sublinhado a parte compartilhada, significava que havia entendido o que os demais alunos do grupo apresentavam como dúvida. Ele deveria então explicar o que havia entendido da parte em questão. Porém, se a dúvida persistisse para algum aluno do grupo, esta deveria entrar como parte sublinhada no texto grupo. Da mesma forma, se a parte sublinhada fosse comum a todos, esta também deveria ser destacada no texto do grupo.



Figura III.1: Foto da turma no momento da leitura em grupo



Figura III.2: Foto da turma discutindo um dos textos

Cumprida essa primeira parte, um aluno era escolhido como representante. Ele deveria ficar com o texto do grupo e com este acompanhar a leitura do mesmo com a turma.

No segundo momento, a leitura era feita parágrafo a parágrafo, geralmente iniciada pelo professor e continuada por um aluno voluntário ou de escolha aleatória. A parte destacada no texto de cada grupo deveria ser apontada pelo aluno representante e debatida com o restante da turma. Muitas vezes os alunos representantes ficavam à frente da turma e apresentava pontos que o grupo havia ressaltado como importantes no texto. O professor era, nesse momento, o mediador do debate. A partir de então, o professor fazia um fechamento nas idéias propostas no texto e destacava os conceitos que deveriam ser introduzidos.

A princípio, essa não parece ser uma atividade que favoreça a participação dos alunos, ou que torne a aula mais dinâmica. Separá-los em grupos dando-lhes textos para que discutam entre si, conforme as fotos acima representam, poderia apontar um ambiente favorável à conversa a respeito de outros assuntos. Para que isso não ocorresse, em detrimento do trabalho proposto, o professor circulava pela sala, monitorando os grupos, colocando-lhes questões e muitas vezes auxiliando aos que pareciam não dispor, pelo menos nos primeiros textos, de diretrizes para a discussão.

Houve também um tempo de adaptação à nova dinâmica proposta. Nos primeiros textos, os alunos não entendiam muito bem qual era a tarefa designada. Por isso foi desenvolvida uma questão comum a todos os textos, que era analisar os títulos dados a cada um deles. Os títulos foram escolhidos pelo professor de forma que alguma idéia do texto fosse explorada, assim os alunos deveriam se posicionar favoravelmente ou não quanto ao título dado ao texto, justificando sua posição, se favorável, ou propondo um novo título, caso discordassem, também justificando a troca sugerida.



Figura III.3: Apresentação das idéias do grupo feita pelo representante

No momento da apresentação das idéias do grupo feita pelos representantes, ficou evidente tanto a liderança e desinibição de alguns alunos como a timidez e a dificuldade de expor suas idéias de outros. Coube ao professor não inibir a participação de nenhum aluno. Assim, aos alunos que resistiram em ficar em pé diante de seus colegas foi dada a oportunidade de participar sentados em seus lugares.

Ressalta-se uma dificuldade vivenciada na aplicação do texto em que o Eletromagnetismo foi apresentado. Optou-se, diferentemente dos demais tópicos abordados, por apresentar os conceitos ligados ao eletromagnetismo apenas na segunda fase do curso, na maioria das vezes através de experimentos. O caminho escolhido apontou a dificuldade acima mencionada, talvez pelo fato de o novo conhecimento não encontrar um subsunçor como os demais supracitados.



Figura III.4: Alunos realizando experimentos de eletromagnetismo

### III.4 - O Desenvolvimento dos Textos

O primeiro texto “**Cada um no seu Lugar- O Universo Aristotélico**”, T<sub>1</sub> (anexo 1), discute o universo aristotélico. Além da apresentação das idéias de movimento, segundo Aristóteles, também procura mostrar ao leitor a maneira de se pensar ciência proposta pelo referido filósofo.

De acordo com Aristóteles, a Terra representava um mundo em constante mudança: as alterações climáticas promoviam variações em suas paisagens; o crescimento e a decadência dos povos (esse foi um período em que isso se observava com frequência); o nascimento, desenvolvimento e a morte dos seres humanos, dos vegetais e dos animais, demonstravam algumas destas mudanças.. Estas e tantas outras coisas fizeram com que Aristóteles associasse a Terra a um mundo imperfeito, corruptível, sujeito a contínuas e profundas modificações.

Para Aristóteles, toda e qualquer mudança, é resultado de um propósito intrínseco (que lhe é próprio) ou pré-determinado que as coisas têm para se comportar da forma como se comportam. Assim, uma criança cresce porque é da sua natureza transformar-se num homem; uma semente desenvolve-se e transforma-se em uma planta porque assim é da sua natureza. Da mesma forma, uma pedra cai porque há nela um propósito intrínseco em dirigir-se para o centro do universo que é o seu lugar natural. Fragmentos do texto T<sub>1</sub> (anexo 1)

A leitura de T<sub>1</sub> apontou certo espanto por parte dos alunos, pois, a princípio, parecia ter mudado a dinâmica das aulas. Antes se apresentava uma teoria ou um novo conceito sem que grandes discussões históricas fossem realizadas. Agora, a Física era apresentada em forma de textos lidos e discutidos como uma idéia, ou uma tentativa de interpretação de algum fenômeno. Apesar do espanto, foi percebida uma maior participação dos alunos, principalmente daqueles apontados como bons alunos nas áreas de códigos e linguagem, como também na área das ciências humanas,

porém vistos como alunos com dificuldade e desinteresse pelas disciplinas da área da matemática e ciências da natureza.

A fala de um aluno, aqui identificado como ALUNO1, chamou a atenção para a “estranheza” acima mencionada, quanto à nova abordagem.

ALUNO 1 *“Professor, me desculpe perguntar, mas o que você fazia na faculdade de Física, ficava debatendo o tempo todo?”*

Essa “estranheza” não se restringiu aos alunos. Na primeira reunião de pais do ano, foi apresentado o projeto e foram defendidos os seus objetivos. Alguns pais ficaram preocupados quanto ao “conteúdo que não seria dado”. Destacamos as falas de uma mãe, aqui identificada como RESPONSÁVEL1:

RESPONSÁVEL1 *“Professor, confesso que fiquei muito preocupada com a sua fala. Matriculei meu filho nesta escola, pois acreditava que aqui ele receberia um bom “preparo”. No final do ano quero que ele preste concurso para uma escola técnica federal, mas de acordo com sua fala, eles passarão o ano estudando mais história que Física.”*

A fala da maioria dos pais mostrou que, para eles, o importante era o treinamento dado na resolução de exercícios. Na verdade, segundo muitos deles, quanto mais exercícios seus filhos resolvessem, mais aptos estariam para enfrentar o Ensino Médio.

Essa postura dos pais apontou a necessidade de se defender o projeto e garantir que o aluno estaria sim estudando Física e que a proposta consistia numa forma possível de minimizar os problemas vivenciados pelos professores de Física do Ensino Médio. Apresentou-se, portanto, como importante o conhecimento da base teórica utilizada no referido trabalho, para que o condutor da proposta pudesse justificar de maneira convincente a apresentação da Física no 9º ano, utilizando como eixo condutor a história da ciência.

A estranheza inicial dos alunos foi oriunda do fato de o texto apresentar tentativas de interação com o leitor, de forma a fazê-lo participante do pensamento desenvolvido por Aristóteles (no caso desse primeiro).

(...) A própria imobilidade da Terra podia ser constatada por um fato bastante corriqueiro: lançando-se um objeto para cima este retornava, rigorosamente, ao mesmo lugar de onde partira.

**Você acha que ao lançarmos um objeto para cima e ele retornar à nossa mão é um bom argumento para concluirmos que a Terra não está em movimento? Como você acha que deveria ser o movimento desse objeto?**  
Fragmentos do texto T<sub>1</sub> (anexo 1)

A maioria das respostas dadas a essa questão estava em concordância com o pensamento desenvolvido por Aristóteles de que a Terra estaria em repouso. Essa questão não foi esgotada nesse momento, isso porque um dos objetivos do curso era o de acompanhar a evolução do conceito de movimento, e esse argumento usado por Aristóteles e defendido por alguns alunos foi colocado em questão mais adiante.

Por se tratar do primeiro texto e aplicado a uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental, a maior preocupação foi a apresentação do autor e de suas teorias ou pensamentos da forma mais lúdica possível e numa linguagem compreensível ao leitor.

O segundo texto, "**Seguindo os Rastros dos Astros**" T<sub>2</sub> (anexo2), apresentou Claudio Ptolomeu e o modelo geocêntrico proposto por ele.

(...) A Terra consolidara-se como o centro estático do universo(sistema geocêntrico): em torno dela giravam planetas e estrelas, fixos em imaginárias esferas giratórias de cristal. Esse modelo foi elaborado por Hiparco de Nicéia, no século II a.C., sendo aperfeiçoada por outros pensadores, notadamente **Cláudio Ptolomeu**. Em seu modelo, ao redor da Terra giram, Mercúrio, Vênus, a Lua, o Sol, Marte, Júpiter, Saturno e as estrelas. Todos esses astros descreveriam, em suas órbitas, círculos perfeitos, conforme ensinavam Platão e Aristóteles. Adotada pelos teólogos medievais, qualquer outra teoria que retirasse a Terra de seu lugar privilegiado, considerando-a quem sabe

como apenas mais um astro, era rejeitada de forma veemente. Fragmentos do texto T<sub>2</sub> (anexo 2)

Figura III.5: Esquema das esferas celestes

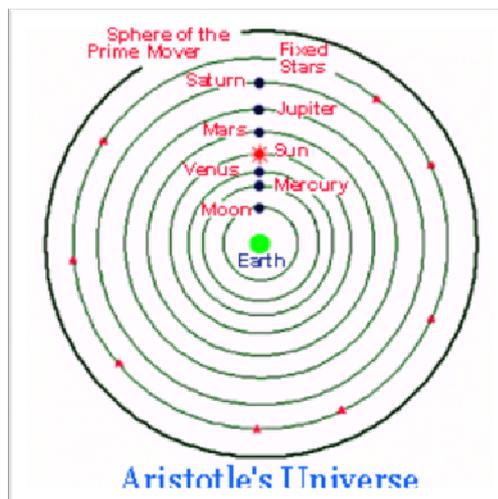
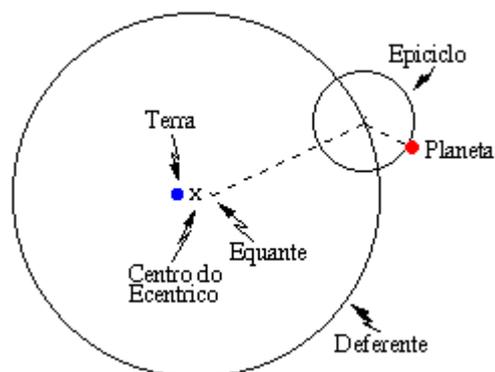


Figura retirada de  
[http://calendario.incubadora.fapesp.br/portal/introducao/imagens/aristotle\\_universe.gif/view](http://calendario.incubadora.fapesp.br/portal/introducao/imagens/aristotle_universe.gif/view)

Em T<sub>2</sub> foi ainda discutido como Ptolomeu respondia às observações de “recuo” dos planetas. Os epiciclos foram esquematizados de forma simples, para que os alunos pudessem entender.

Para perceber a importância de **Claudio Ptolomeu**, considerado o último dos grandes astrônomos gregos (150 d.C.), o sistema geocêntrico também é conhecido como sistema ptolomaico. Pois foi ele quem construiu o modelo geocêntrico mais completo e eficiente. Ptolomeu explicou o movimento dos planetas através de uma combinação de círculos: o planeta se move ao longo de um pequeno círculo chamado **epiciclo**, cujo centro se move em um círculo maior chamado **deferente**. A Terra fica numa posição um pouco afastada do centro do deferente (portanto o deferente é um círculo excêntrico em relação à Terra). Para dar conta do movimento não uniforme dos planetas, Ptolomeu introduziu ainda o **equante**, que é um ponto ao lado do centro do deferente oposto à posição da Terra, em relação ao qual o centro do epiciclo se move a uma taxa uniforme.

Figura III.6: Esquema do modelo de Epiciclos

Figura retirada de <http://astro.if.ufrgs.br/p1/node1.htm>

Se unirmos, por um segmento de reta, o equante e o planeta representado acima, ao acompanharmos o movimento do planeta no epiciclo, vamos perceber que, em certos instantes, o planeta descreve um movimento de recuo, conforme as observações. Fragmentos do texto T<sub>2</sub> (anexo 2)

Durante a análise do texto 2, os alunos foram desafiados a montar um sistema capaz de representar a dinâmica do modelo dos epiciclos proposto por Ptolomeu. Ensaaiou-se então um teatro dos astros, cada um representando um “elemento”. Apesar de simples, foi significativo, pois foi explorado o trabalho em equipe e a liderança dos alunos. Houve o envolvimento da maioria da turma. Esta atividade utilizou, como elemento facilitador da aprendizagem significativa, os princípios da não utilização do quadro-de-giz, da participação ativa do aluno e da diversidade de estratégias de ensino.



Figura III.7: Ensaio da demonstração do modelo planetário de Ptolomeu



Figura III.8: Alunos dramatizando o modelo dos epiciclos

A análise do texto de Ptolomeu levou alguns alunos a indagar o porquê da tentativa de elaborar um modelo tão complexo. Alguns, talvez motivados por

conhecimentos anteriores, indagaram se não seria mais simples admitir que o Sol, e não a Terra, estava no centro.

*ALUNO2 “Professor, não é mais simples colocar o Sol no centro com os planetas girando ao redor dele?”*

*ALUNO3 “Eu acho que o Sol é muito grande para girar em torno da Terra... como explicar o Sol aparecer e desaparecer todos os dias, o Sol teria que girar muito rápido para que isso acontecesse.”*

Os alunos apresentaram, inicialmente, certa dificuldade em pensar os conceitos diferentes do seu tempo. Encaravam como verdadeiras as teorias que conheciam e consideravam sem sentido algum dos pensamentos apresentados por Aristóteles e Ptolomeu.

A elaboração dos textos assim como a sua utilização tinham como desafio desenvolver metodologias de forma a garantir que a aprendizagem fosse significativa. Foi imprescindível o reforço da idéia do conhecimento como processo, como construção humana. Para isso alguns facilitadores nortearam o trabalho, como:

- Princípio da aprendizagem pelo erro.
- Princípio da desaprendizagem.
- Princípio da incerteza do conhecimento.

Na sequência foi apresentado o texto 3 - “**Trocando de Lugar**” (T<sub>3</sub>) - que trata da vida e da obra de Nicolau Copérnico. Para a contextualização, foi apresentado o período do Renascimento. Destacou-se a relação entre arte e ciência e como as concepções de espaço da Idade Média eram revistas nessas duas áreas. Devido à dificuldade do tema, a leitura do texto foi realizada pelo professor, concomitantemente a uma discussão em sala, acerca de Ciência e Arte. Essa discussão basou-se na leitura do capítulo II do livro *De Arquimedes a Einstein* (Espaço e Perspectiva no

Quattrocento), de onde extraímos algumas figuras, na tentativa de tornar mais compreensível a relação proposta.

Há uma oposição entre o universo dos gregos, “tátil e muscular”, ao dos renascentistas, essencialmente “visual”. No primeiro, os objetos podem ser representados isoladamente, sua forma pode ser conhecida unicamente pelo toque e podem ser representados justapostos. Porém essa justaposição não aponta uma relação matemática (geométrica) entre eles. No segundo, ao contrário, os objetos são representados num espaço homogêneo, isotrópico e infinito em todas as direções. O espaço “tátil muscular”, traz com ele uma limitação geométrica. Já no universo “visual”, a geometria projetiva poderia ser desenvolvida. “Nasce” então a idéia de um espaço mensurável (que pode ser medido).

Já com essa nova idéia de espaço, Copérnico teve a idéia de construir uma torre de observação e em 1513 comprou pedras e cimento e a ergueu. Utilizando instrumentos astronômicos como, quadrantes, paralácticos e astrolábios, fez observações do Sol da Lua e das estrelas. No ano seguinte escreveu comentários sobre a Teoria dos movimentos dos corpos celestes (*De hypothesibus motuum coelestium a se constituis commentariolus*). Preferiu não publicar compartilhando apenas com seus amigos de forma discreta. Fragmentos do texto T<sub>3</sub> (anexo 3)

Figura III.9: Quadrante



Retirado de <http://www.astro.mat.uc.pt/novo/observatorio>

Figura III.10: Astrolábio



Figura retirada de <http://topazio1950.blogs.sapo.pt/191282.html>

Em  $T_3$  não houve a preocupação de explicar o funcionamento dos instrumentos de medida relacionados.

Na tentativa de tornar mais compreensível a discussão da mudança na concepção do espaço, de tátil e muscular para essencialmente visual, foram apresentadas três pinturas. A primeira, uma iluminura da Alta Idade Média; a segunda o afresco da capela Scrovegni, de Pádua, do final da Idade Média; e a terceira, uma pintura de Masaccio, do início do Renascimento, século XV.

Figura III.11: luminura, da alta Idade Média, a qual o historiador da arte Erwin Panofsky denominou de espaço agregado.



Figura retirada de Thuillier, Pierre; **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica**, 1 ed. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1994.

Figura III.12: uma pintura de Giotto(1267-1337). Esse afresco da capela Scrovegni, de Pádua, pintado em 1304-1306, representa as **Núpcias de Canaã**.



Figura retirada de Thuillier, Pierre; **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica**, 1 ed. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1994.

Figura III.13: Quadro, **O Pagamento do tributo**, que Masaccio pintou por volta de 1427 na igreja Santa Maria della Carmine de Florença.



Figura retirada de Thuillier, Pierre; **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica**, 1 ed. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1994.

As fotos de quadros produzidos antes e durante o Renascimento foram utilizadas durante a apresentação do texto  $T_3$ , com o intuito de colocar em questão a mudança na concepção do espaço e a possibilidade de representá-lo de forma sistemática. Utilizou-se um conjunto de slides que apresentava algumas obras da arte Bizantina e outras do Renascimento, de forma a compará-las. Essa primeira impressão seria apenas uma exploração visual das mudanças referentes às duas fases artísticas. Essas diferenças foram mais bem trabalhadas no texto  $T_4$ , com a colaboração dos professores de Arte e História. Em conjunto com o professor de matemática, foram trabalhados o plano cartesiano e a nova representação desse espaço.

Parte das idéias desenvolvidas na obra de Copérnico, completada em 1530, chamada *Sobre as Revoluções das Esferas Celestes (De Revolutionibus Orbium Coelestium)*, também foi apresentada em T<sub>3</sub>.

Destacou-se também por que as idéias de Copérnico eram tão inovadoras e levantaram-se alguns motivos que levaram escritores a destacarem sua contribuição.

Muitos escreveram a respeito do célebre padre Polonês, mas destacamos as contribuições de Copérnico, segundo um escritor e cientista alemão do século XVIII, Johann Wolfgang von Goethe:

De todas as descobertas e opiniões, nenhuma exerceu efeito maior no espírito humano do que a doutrina de Copérnico. O mundo mal se tornara conhecido como redondo e completo em si mesmo, quando se pediu a ele que se abrisse mão do enorme privilégio que é ser o centro do universo. Nunca, talvez, foi feito um pedido de tal magnitude a humanidade - pois com tal admissão tantas coisas desapareceriam em névoa e fumaça! O que aconteceu com o Éden, nosso mundo de inocência, piedade e poesia; o testemunho dos sentidos; a convicção de uma fé poético-religiosa? Não é de surpreender que seus contemporâneos não quisessem perder tudo isso, resistiram de todo modo possível uma doutrina que autorizava exigia de seus convertidos uma liberdade de visão e grandeza de pensamento desconhecidas até então, e de fato nunca antes sonhadas.(HAWKING S., 2004 p. 21)

Em todos os textos, foram feitas as devidas apresentações da vida e obra dos nomes mencionados, assim como a contextualização do cenário histórico em que cada um deles estava inserido. No texto que aborda a vida e obra de Galileu Galilei “... **Mas que se move, move!!!**” T<sub>4</sub> (anexo 4), como o seu contexto histórico era rico, pois se tratava de uma época de muita produção intelectual, principalmente na área das artes, pôde ser feito um trabalho em conjunto com o professor de artes, ainda com o suporte do professor de história. O professor de artes iniciou um trabalho, em suas aulas, de perspectiva. Utilizando a técnica do ponto de fuga, mostrou aos alunos uma

forma de representação do espaço tridimensional. Ainda nas aulas de artes, o professor apresentou algumas pinturas e esculturas renascentistas, como *La Pietá* e *David*, ambas obras de Michelangelo. Em duas aulas, com a presença dos professores de artes, de ciências e história, enquanto eram apresentados alguns slides de quadros e esculturas renascentistas, o professor de artes salientava os detalhes que caracterizavam mudanças concernentes à época. Já o professor de história colaborou contando a mudança de pensamento envolvida nesse período, assim como chamando à atenção a importância do domínio da cartografia, devido à mudança na representação do espaço e na expansão marítima, além de ter enfatizado a perda da hegemonia intelectual da Igreja.

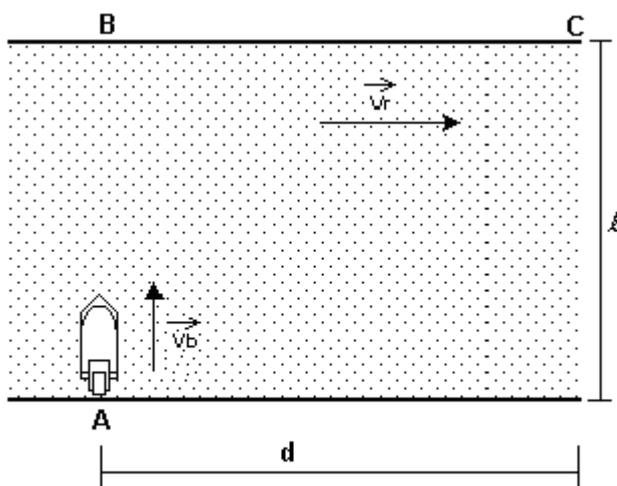
Em  $T_4$  foram apresentados nomes importantes da arte e arquitetura renascentista, como Michelangelo, Rafael, Bernini, Sangallo e Bramante.

Esse foi um dos textos mais importantes para que, mais tarde, os alunos pudessem entender o problema enfrentado na detecção do éter, pois foi com esse texto que se apresentou o caráter vetorial da velocidade e a relatividade nos movimentos. Ainda nesse texto, apresenta-se rapidamente o tempo como conceito absoluto, ponto importante que será discutido mais a fundo no texto de Einstein.

Os princípios facilitadores da aprendizagem significativa, apresentados no capítulo II, serviram de base tanto para a elaboração dos textos quanto para a sua aplicação em sala de aula. Os princípios do conhecimento como linguagem e da consciência semântica foram aplicados também na construção desse texto ( $T_4$ ). Ao apresentar o conceito de grandeza vetorial e o vetor geométrico para o aluno, tomou-se o cuidado de não só apresentar o símbolo (vetor), como também o seu significado. Assim os alunos identificaram as técnicas utilizadas nas somas vetoriais como uma ferramenta ou um meio, representativo, de visualizar como seria a adição de duas grandezas vetoriais, dependendo de suas direções e sentidos.

➤ **Relatividade de Galileu:**

**Vamos pensar num exemplo em que um barco atravessa um rio com correnteza. A figura abaixo representa essa travessia.**



$\vec{v}_r$  = velocidade da água do rio em relação às margens;

$\vec{v}_b$  = velocidade gerada pelo motor do barco em relação às margens do rio

Um rio de largura  $\ell$  é atravessado por um barco de maneira perpendicular à margem, com velocidade constante  $\vec{v}_b$ . Pelo Teorema de Roberval, a velocidade do barco em relação às margens é a adição da velocidade  $\vec{v}_r$  à velocidade  $\vec{v}_b$ . Esse resultado será uma velocidade  $\vec{v}_t$  (velocidade total) que é diagonal.

O princípio da relatividade de Galileu prevê que o tempo da travessia do rio é o mesmo medido por alguém que esteja em repouso em relação às margens do rio ou por alguém que esteja em repouso dentro do barco..

Suponha que o barco atinja o outro lado do rio no ponto C. O tempo de travessia seria o mesmo caso não existisse correnteza, a diferença seria que o barco atingiria a outra margem do rio no ponto B. Na verdade podemos considerar que o barco realiza dois movimentos simultâneos, um na direção da correnteza e outro perpendicular.

(...) O que devemos ressaltar é que, segundo o princípio da relatividade de Galileu, **o tempo é absoluto**, ou seja, independe do referencial. Porém, quando se trata da análise do movimento, é importante notar que as observações estão relacionadas ao referencial adotado (isto é, de onde se observa).

*Vamos criar uma experiência mental para compreendermos melhor o que se quer dizer a respeito do movimento relativo: imagine que estamos em uma nave espacial em uma região do espaço muito afastada de qualquer outro corpo. De acordo com Galileu, não há nenhum meio de sabermos se estamos parados ou em movimento com velocidade uniforme. Agora suponha que observamos outra nave se aproximando. É possível saber se somos nós ou a outra nave que está em movimento?*

**Não é possível saber! Não existe movimento absoluto!**  
Fragmentos do texto T<sub>4</sub> (anexo 4)

No texto “**Matemática ... Eu Acredito!!!**”, T<sub>5</sub>(anexo 5), cujo assunto é a vida e obra de Johannes Kepler (1571-1630), foi apresentada a sua contribuição para a nova concepção do sistema planetário, o modelo copernicano do sistema heliocêntrico. A teoria das trajetórias elípticas e a apresentação da elipse foram os pontos marcantes do texto. Em sala de aula, foi proposta uma atividade de construção de circunferências e elipses, utilizando o *método do jardineiro*, para que o aluno pudesse diferenciar as duas.

A concepção de Kepler a respeito de Deus foi explicitada em T<sub>5</sub>, com a intenção de permitir aos alunos perceber como sua “relação” com Deus influenciara o seu trabalho como cientista.

*Kepler foi um homem religioso, e sua dedicação se dava no sentido, ao seu ver, a um dever como cristão de compreender o universo criado por Deus. Sua vida foi marcada por situações muito complicadas.(...)*

*Kepler acreditava ter descoberto a lógica divina na criação do universo e não podia conter seu êxtase. No quinto livro de Harmonias do Mundo Kepler escreve: “Me atrevo a confessar francamente que roubei os vasos de ouro dos egípcios para fabricar o tabernáculo ao meu Deus longe das terras do Egito, Se me perdoarem, eu me alegrarei; se me reprovarem eu o suportarei. O dado foi lançado, e estou escrevendo o livro; se para ser lido agora, ou pela posteridade, não importa. Ele pode esperar um século por um leitor, assim como o próprio Deus esperou seis mil anos por uma testemunha.”*

*Johannes Kepler foi um homem que preferiu a ordem e harmonia estética, e tudo o que ele descobrira estava ligado de maneira muito íntima a visão que ele possuía de Deus. Lê-se em seu epitáfio, escrito por ele mesmo: “Eu media os céus, e agora medirei as sombras da terra. Apesar da minha*

*alma vir dos céu, a sombra de meu corpo descansa aqui.”*  
Fragmentos do texto T<sub>5</sub> (anexo 5)

Ainda foram apresentadas as três leis de Kepler sem muita preocupação em propor exercícios numéricos.

Algumas dificuldades foram manifestadas pelos alunos. Por não terem conhecimento da geometria analítica, não foi imediata a compreensão de como os dados coletados por Tycho Brahe, levaram à conclusão de Kepler de que a órbita de Marte era uma elipse e não uma circunferência. Porém a idéia discutida no texto T<sub>2</sub>, de como Ptolomeu propôs o modelo dos epiciclos baseado em suas observações, fez com que, mesmo sem o conhecimento de geometria analítica, os alunos entendessem que era possível pensar num “tipo” de órbita baseado nas posições dos astros acompanhados ao longo do ano.

No texto destinado a Isaac Newton, “Sobre Ombros de Gigantes”, T<sub>6</sub> (anexo 6), destacamos as Leis de Newton e sua teoria corpuscular da luz, que foi melhor discutida no texto T<sub>7</sub>. Também foram ressaltadas as características humanas de Newton, de forma que os alunos pudessem perceber que, apesar de o cientista inglês ter contribuído de forma esplendorosa para o desenvolvimento da ciência moderna, ele era humano como qualquer outro, com virtudes e defeitos.

Neste texto, ficou mais evidente a identificação de características que tiram do cientista-filósofo a imagem de alguém iluminado e/ou escolhido para desvendar os segredos do universo, visto que se considera Newton como uma criança normal, com virtudes e defeitos, como qualquer um dos alunos, e mais tarde como um adulto com seus anseios, medos, vaidade e parcialidade.

Tentou-se explicitar a extraordinária contribuição de Newton para o estudo dos movimentos e como ele utilizou idéias já desenvolvidas por Galileu Galilei e Johannes Kepler, dentre outros, em séculos anteriores. Um destaque da sua obra *Principia*

*Mathematica* foi dado ao livro 1, apresentando os princípios da Mecânica em suas três leis, conhecidas como Leis de Newton.

O Texto T<sub>7</sub> se diferencia dos demais, por não se restringir à vida e contribuição ao estudo dos movimentos de apenas uma pessoa e por apresentar a discussão quanto à natureza da luz – corpuscular ou ondulatória – e as implicações de cada uma delas.

Nesse momento, os alunos já haviam sido apresentados ao modelo ondulatório e sabiam diferenciá-lo do modelo corpuscular (partícula), além de conhecerem fenômenos ondulatórios, como interferência, difração e ressonância. Aqui também reaparece a idéia do éter, dessa vez com uma discussão um pouco mais aprofundada.

*E aqui chegamos ao debate sobre a natureza da luz, que se iniciou no século XVII e só foi resolvido no século XIX\*: A luz é partícula ou onda? [\*No século XX esse debate ressurgiria, com características inteiramente distintas]*

*Poucas coisas da natureza conseguem ser mais diferentes entre si do que uma partícula e uma onda: Ondas podem se propagar umas através das outras, partículas não. Partículas transferem matéria ao longo de seu percurso, ondas não. Ondas podem atravessar orifícios ou vão menores do que elas próprias, partículas não. Acima de tudo, partículas não precisam de um meio para se “locomover”: De acordo com a Lei da Inércia, uma partícula em movimento continuará nesse movimento até que uma força atue sobre ela; e, assim, uma partícula não apenas pode atravessar o vácuo absoluto, como será ainda mais fácil do que atravessar qualquer outro meio. Uma onda, ao contrário, necessita absolutamente de um meio de propagação: as ondas mecânicas que vemos na superfície de um lago, se propagam no lago, ou as que ondas sonoras no ar, que se propagam no ar, ou seja, todas se propagam através de um meio definido.*

*Assim, se a luz fosse efetivamente um feixe de partículas (como acreditava **Newton**), sua propagação pelo vácuo espacial não representaria nenhum problema. Mas se a luz fosse uma onda (como defendiam **Robert Hooke** e **Christian Huygens**, dentre outros), deveria sempre haver um meio pelo qual a luz se propaga.*

***Robert Hooke**, mais conhecido por sua lei sobre elasticidade [Lei de Hooke: para pequenas deformações, a intensidade da força (ou carga) é proporcional à*

*deformação], já conhecia fenômenos que indicavam a natureza ondulatória da luz: um deles, descoberto por ele, foi o de interferência (descoberta também, independentemente, por **Robert Boyle**), o outro foi a difração, descoberto por Grimaldi em 1665. Ele já havia efetivamente sugerido, em sua Micrografia (1665), uma teoria ondulatória para a luz; e, em 1672, havia proposto que a direção de vibração fosse perpendicular à direção de propagação.*

*Um dos problemas seria responder a seguinte pergunta: se a luz não era um feixe de partículas, como propunha **Newton**, mas sim uma onda, como propunha **Hooke**, como podia ela atravessar o vácuo entre o Sol e a Terra? E a resposta sugerida era: o éter.*

*A idéia básica de éter era simples: O vácuo, o espaço entre O Sol e os Planetas, não seria um vazio absoluto, mas estaria inteiramente preenchido **por uma substância transparente, sem peso, que não causaria atrito aos corpos que viajassem através dela, indetectável por meios químicos ou físicos, e elástica**. Esta substância seria **o éter: o meio elástico através do qual a luz se propaga**. Para sermos mais precisos, é importante ressaltar que o éter não era admitido apenas no vácuo, mas universalmente, tanto no vácuo como permeando toda a matéria que existe. Fragmentos do texto T<sub>7</sub> (anexo 7)*

Em seguida, foram trabalhados o conceito de carga elétrica, os processos de eletrização e o conceito de corrente elétrica, além de se ter feito um rápido histórico do magnetismo e a apresentação das propriedades dos ímãs.

Utilizando uma folha de papel em branco, limalha de ferro e dois ímãs - um em forma de barra e outro em forma de U -, os alunos observaram desenhos que podiam sugerir um espaço preenchido por meio que sofria mudanças em suas configurações na presença de um ímã, por exemplo. Esses desenhos, segundo a opinião de alguns alunos, representavam o que se procurava detectar, o éter.

*ALUNO4 “Roberto: agora a gente pode provar que o éter existe, não é? E que o ímã distorce o éter... mas como seria o éter sem o ímã? É possível detectá-lo?”*

Mediante esse cenário, discutimos a existência do éter associado aos fenômenos elétricos e magnéticos.

### **O éter luminífero**

*Fresnel (1788-1827) desenvolveu uma teoria ondulatória para explicar os fenômenos luminosos. Para conceber um processo de propagação deste tipo imaginou que as ondas seriam produzidas de uma forma análoga à que uma esfera mergulhada numa geleia, girando alternadamente num e noutro sentido, produziria, transmitindo a vibração às moléculas de geleia circundantes, transversalmente, enquanto este daria origem na geleia a ondas afastando-se da esfera.*

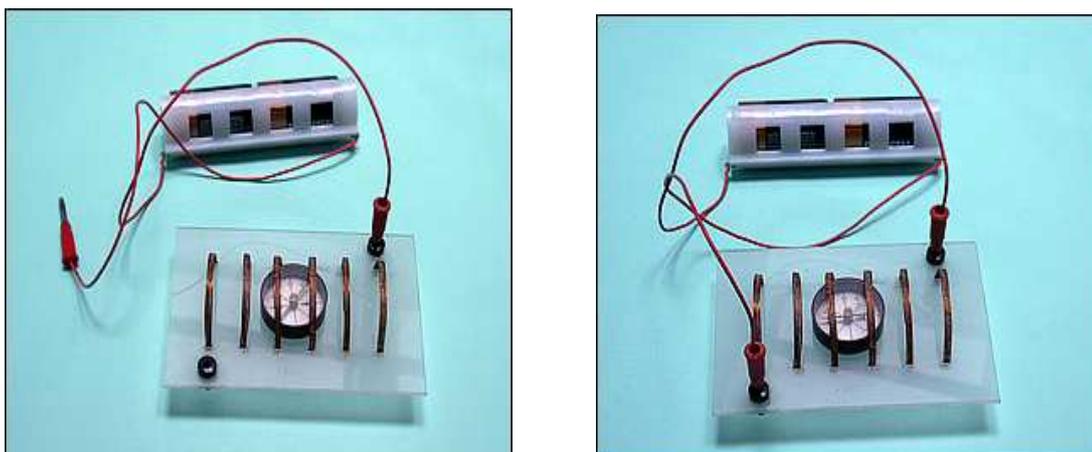
*Éter luminífero é um meio elástico hipotético em que se propagaria a luz. Como vimos anteriormente, a idéia de Éter surgiu entre as discussões a respeito da natureza da luz, onde alguns defendiam que esta seria corpuscular, ou seja, dotada de matéria, já outros defendiam que a natureza da luz seria ondulatória. Com isto o éter veio a contribuir com a idéia de que a luz seria uma onda, uma vez que precisaria de um meio material onde se propagar, e este meio foi chamado de éter. Suas características seriam tais que não alterariam as rotas dos planetas, sendo somente de interação com a luz, proporcionando meios de esta se locomover pelo espaço interplanetário e interestelar.*

### **O éter elétrico**

*A observação dos fenômenos elétricos fascinou e intrigou os primeiros experimentadores. O poder de certos corpos friccionados atraírem objetos à distância, sem contato físico, é deveras fantástico, já que normalmente é necessário pegar nos corpos para os movimentar. Daí a necessidade da existência de um éter que seria o meio pelo qual essas interações se propagariam. Fragmentos do texto T<sub>7</sub> (anexo 7)*

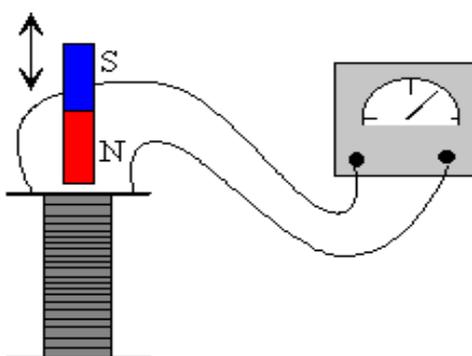
Durante a aplicação desse texto, utilizamos alguns experimentos de baixo custo que permitiram a introdução de conceitos importantes do eletromagnetismo. Fez-se necessária a apresentação das leis de Lenz, de Faraday e Ampère.

Figura III.14a e 14b: *Simulação da experiência de Orsted*



Retirado de [http://cepa.if.usp.br/e-fisica/eletricidade/basico/cap14/cap14\\_02.php](http://cepa.if.usp.br/e-fisica/eletricidade/basico/cap14/cap14_02.php)

Figura III.15: Esquema para demonstração da Lei de Faraday



Retirado de [www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/electmagnet/fem/fem.htm](http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/electmagnet/fem/fem.htm)

Após o estudo analítico do eletromagnetismo, foi apresentada a idéia do éter entendida por Maxwell, e demonstrou-se como a discussão em torno dessa idéia levou à teoria da relatividade restrita.

**Maxwell (o unificador da eletricidade, magnetismo e luz) e o éter**

Partindo dessas teorias das Linhas de força elétricas e magnéticas, **James Clark Maxwell** (1831-1879) chegou à compreensão e à descrição matemática do

eletromagnetismo. Em 1855 e 1856 ele apresentou publicamente sua formulação matemática das idéias Físicas de **Faraday**. **Maxwell** estudou a ação recíproca dos campos elétrico e magnético, e a forma como uma alteração em um campo magnético produz um campo eletromagnético induzido. Através desses estudos ele descobriu que (teoricamente) poderia haver ondas transversais no meio dielétrico (dielétrico quer dizer isolante, e o meio dielétrico era o éter), e foi assim, teoricamente, que ele previu a existência das ondas eletromagnéticas. Mais tarde ele calculou que a velocidade de propagação de tais ondas deveria ser próxima à velocidade da luz. Por volta de 1862 ele escreveu: *Difícilmente podemos evitar a conclusão de que a luz consiste nas ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos. Por fim, em 1864 ele concluiu: luz e magnetismo são resultados de uma mesma substância, (...) a luz é um distúrbio eletromagnético propagado através do campo de acordo com as leis do eletromagnetismo.*

*Finalmente, o éter luminífero e éter elétrico haviam se tornado um só. **Maxwell** acreditava que esse éter deveria causar algum pequeno arrasto nos corpos celestes que o atravessam, e propôs experimentos para medir esse arrasto. Chegou a tentar medir o efeito desse arrasto no movimento da Terra, mas não obteve sucesso. **Maxwell** descrevia a permeabilidade do éter à matéria comparando aquele à água e esta à uma rede de pesca: “a água do mar passa através da malha da rede, conforme ela é puxada pelo barco.”*

### **O éter após Maxwell**

*Enquanto parte dos físicos continuaram a considerar a necessidade da existência do éter, outros preferiram esquecê-lo um pouco ou totalmente, substituindo o conceito de éter pelos de campos de forças elétricas e magnéticas. Os primeiros eram de opinião que o éter deveria atravessar a Terra sem a perturbar. Pensaram numa experiência que serviria para demonstrar a existência do éter. Ela consistia em medir a velocidade da luz a partir da Terra. A medida efetuada num ponto da Terra que se aproxima (por efeito da rotação da Terra) da fonte luminosa, devia ser diferente da medida efetuada quando o ponto se afasta da fonte, pois à velocidade da luz havia que adicionar ou subtrair, respectivamente, a velocidade de rotação da Terra. Esta experiência foi efetuada várias vezes por vários cientistas a partir de 1880, mas os resultados esperados não se verificaram. A velocidade da luz é igual nos dois casos considerados. Mais uma vez falhou uma tentativa de*

*verificar a existência do éter.* Fragmentos do texto T<sub>7</sub> (anexo 7)

O último texto trabalhado com os alunos foi o que abordou parte da vida e obra de Einstein “O Tempo não Para?” T<sub>8</sub> (anexo 8). Verificaram-se grande curiosidade e interesse por parte dos alunos em conhecer um pouco mais a respeito da vida do cientista alemão. Algumas curiosidades que não estavam relatadas no texto surgiram.

ALUNO5 *”Professor, é verdade que Einstein foi reprovado em matemática quando jovem?”*

ALUNO6 *”...ouvi dizer que Einstein tinha apenas um terno para não gastar seus neurônios escolhendo roupas...”*

Talvez o fato de esse tipo de curiosidade ter surgido só com a discussão do T<sub>8</sub> tenha ocorrido porque o nome Albert Einstein é mais conhecido pelos alunos que os demais cientistas que foram anteriormente apresentados. Foi notável o envolvimento dos alunos com a discussão desse texto.

Outro ponto importante que favoreceu a abordagem do tema Relatividade Restrita, foi um “estranho” elemento motivador, o fato de os alunos descobrirem que esse assunto era desconhecido inclusive pelos alunos da 3ª série do Ensino Médio.

ALUNO7 *”Professor, descobri que minha irmã que já concluiu o Ensino Médio não sabe nada a respeito da teoria da relatividade. Daí comecei a contar pra ela e pra minha mãe...”*

Iniciou-se o texto relatando um pouco da história de Einstein, destacando-o como uma criança comum, um jovem como qualquer outro, um homem como qualquer outro. O fato de Einstein não ter sido bem sucedido no primeiro exame de admissão na Politécnica reforçou ainda mais essa idéia.

O texto T<sub>8</sub> apresentou a importância do desenvolvimento do senso crítico de Einstein para a criação da teoria da relatividade, visto que sua teoria colocava em “cheque” afirmações de cientistas com muita credibilidade, como Galileu Galilei e

Isaac Newton. Sua resistência em aceitar a autoridade sem questionamento fora importante para, por exemplo, colocar em dúvida a idéia do tempo absoluto pressuposta na mecânica de Newton.

A teoria da relatividade restrita proposta por Einstein foi apresentada no referido texto. Essa apresentação foi feita baseada na reflexão da “frustrada” tentativa de se medir a velocidade da luz em diferentes direções relativas ao movimento da Terra. Como a idéia de velocidade relativa já havia sido discutida no texto T<sub>4</sub>, e a questão de se tentar verificar a existência do éter no texto T<sub>7</sub>, julgou-se ser um caminho mais simples para alunos dessa faixa etária (alunos do 9º ano do Ensino Fundamental). A seguir apresentam-se partes do texto T<sub>8</sub> para que o leitor possa melhor compreender a sequência de apresentação da teoria da relatividade restrita.

Como introdução à abordagem, o texto T<sub>8</sub> propõe uma discussão que tem como objetivo diferenciar o que é relativo do que é absoluto. Essa discussão propiciou um ambiente interativo na turma. Dessa forma, facilitou a aprendizagem significativa crítica, pois utilizou mais uma vez a linguagem dando significados a termos que utilizaríamos a seguir, o que foi de suma importância à compreensão do significado agregado a essas palavras.

*Vamos começar a análise da produção de Einstein fazendo a seguinte pergunta:*

***Você saberia diferenciar o que chamamos de absoluto do que chamamos de relativo?***

*Vamos propor a seguinte atividade:*

***Tente montar uma tabela contendo duas colunas. Na primeira relacione “coisas” que você ache que sejam absolutas e na outra, “coisas” que você ache que sejam relativas. Feito isso, num grupo de 3 ou 4 colegas, compartilhe sua tabela, e após argumentar sobre as “coisas” relacionadas em sua lista e ouvir a justificativa dos demais do grupo, em conjunto como seus companheiros, monte uma nova tabela.***

*A partir da nova tabela, tente definir com suas palavras uma grandeza absoluta e uma grandeza relativa. Compare sua definição com a definição proposta no Apêndice do texto. Fragmentos do texto T<sub>8</sub> (anexo 8)*

Em seguida, o texto recorre à recapitulação da composição dos movimentos e da velocidade relativa. A recapitulação desses conceitos foi essencial para a compreensão do que será apresentado na teoria da relatividade especial.

O conceito de onda já havia sido trabalhado na primeira fase do curso e já servira como subsunçor no texto em que foi discutida a natureza da luz (corpúscular ou ondulatória), no debate entre Newton e Hygens, reaparecendo no referido texto, assim como o éter. Ainda no T<sub>8</sub>, são mostradas as tentativas de comprovação da existência do éter e a falta de êxito do experimento de Michelson e Morley nesse sentido.

### **Ondas e a relatividade do movimento**

*Como discutimos em textos anteriores, no final do século XIX as ondas e os fenômenos ondulatórios já eram bastante conhecidos.*

*O som e as ondas mecânicas já eram bastante familiares para os cientistas da época, assim como as ondas eletromagnéticas, propostas teoricamente pelo físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879). Algumas dessas ondas eletromagnéticas já haviam sido detectadas experimentalmente pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894).*

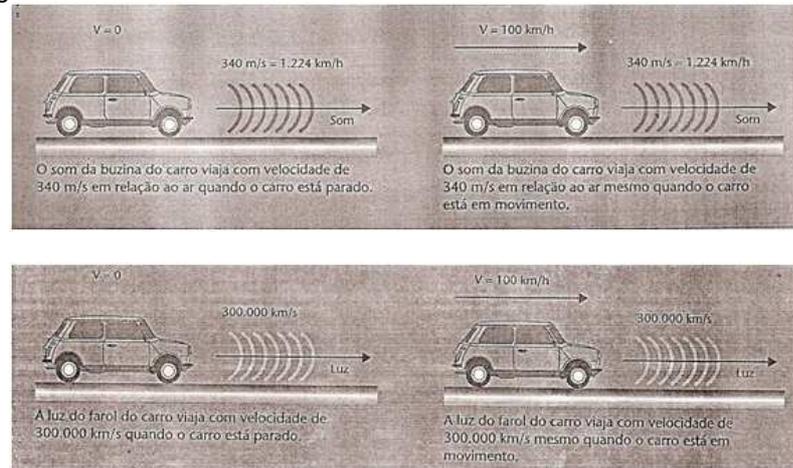
*Após a determinação da velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas e de Maxwell perceber que esse valor se aproximava muito do valor da velocidade da luz, que já era conhecida, o físico escocês interpretou que a luz era uma onda eletromagnética. Como permanecia a idéia de que uma onda, mecânica ou eletromagnética, necessitava de um meio através do qual esta se propagaria, e se sabia, por exemplo, que o som como qualquer onda mecânica se propagava através de um meio material sólido, líquido ou gasoso, acreditava-se que deveria haver um meio pelo qual a luz pudesse se propagar. Esse meio deveria ter características singulares que justificasse o fato da dificuldade de detectá-lo, assim como o fato de a velocidade de propagação dessas ondas (eletromagnéticas) ser tão alta (cerca de 300.000km/s).*

*A seguir vamos analisar a relatividade nos movimentos. Antes, porém, vamos reforçar algumas propriedades das ondas:*

- I. Toda onda (mecânica ou eletromagnética) transporta energia e não matéria. Podemos dizer que a energia propaga-se sem arrastar o meio.*

- II. A velocidade de uma onda (mecânica ou eletromagnética) não depende da fonte emissora, mas sim das características do meio.

Figura III: 20a e 20b:



Retirado de Braz Júnior, Dulcideo; **Física moderna: tópicos para o Ensino Médio**, 2 ed. Campinas, Companhia da Escola, 2002.

A partir dessas propriedades, vamos pensar na composição de velocidades para as ondas.

Tomemos o exemplo anterior dos dois carros  $C_1$  e  $C_2$ , que viajam com velocidades de 100 km/h e 80 km/h, respectivamente, e analisemos a velocidade do som da buzina desses carros, medida por cada observador em questão.

Consideremos a velocidade do som no ar igual a 340 m/s ou 1224 km/h. Se o carro da frente buzinar, o som da buzina vai de encontro ao carro de trás com uma velocidade relativa igual a  $100 + 1224 = 1324$  km/h. No entanto se o carro de trás buzinar, o som avança e encontra o carro da frente com uma velocidade relativa igual a  $1224 - 80 = 1144$  km/h.

Figura III.21:



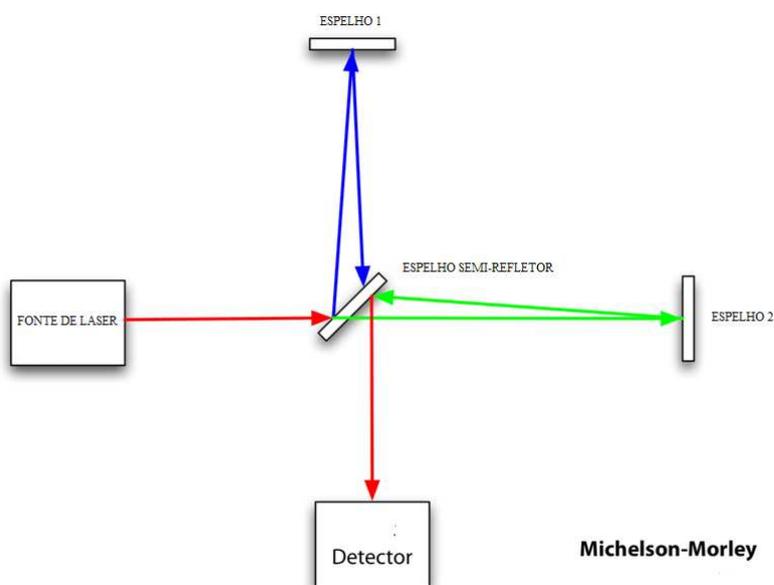
Retirado de Braz Júnior, Dulcideo; **Física moderna: tópicos para o Ensino Médio**, 2 ed. Campinas, Companhia da Escola, 2002.

Note que a velocidade relativa dos carros (que é de 20km/h) não aparece nas contas. Como a velocidade do som é em relação ao ar (ou ao solo) e um observador dentro do carro também se move em relação ao ar, devemos considerar o movimento relativo som-observador. Por isso, para esses casos, somamos ou subtraímos as velocidades do som e do observador medidas em relação ao solo, tomando-o como referencial.

Se, em vez de pensarmos num carro buzinando, propusermos os carros ligando os faróis? Será que ocorre o mesmo que apontamos nos casos acima? Será que a onda luminosa também obedece à regra de composição de velocidades?

Apresentamos abaixo um esquema que representa uma experiência elaborada inicialmente, em 1881, pelo físico americano (mas de origem polonesa) Albert Abraham Michelson (1852-1931) e mais tarde juntamente com outro físico americano Edward Williams Morley (1838-1923). Essa experiência é conhecida como interferômetro de Michelson-Morley. O objetivo do experimento era o de detectar o que podemos chamar de “vento” de éter.

Figura III. 22: Experimento de Michelson-Morley



Retirado de <http://portalmie.com/escoteiros/2009/06/16/fisica-mecanica-mecanica-dos-fluidos-parte-11-115-125/>

### O que seria o “vento” de éter?

Se o éter existe e o observador se move em relação a ele, assim como pode se mover em relação ao ar, então deveríamos conseguir compor as velocidades da luz e do observador assim como fizemos no caso do som.

Imaginemos a Terra girando em torno do Sol mergulhada num “mar” de éter. Não seria aceitável

*pensarmos numa “correnteza” ou “vento” de éter devido ao movimento da Terra em relação a ele? Se conseguíssemos medir esse “vento”, a existência do éter estaria comprovada. Porém a experiência de Michelson e Morley não permitiu medir essa velocidade, o que levaria a idéia da existência do éter cair por terra. Apesar do aparente fracasso da tentativa da comprovação da existência do meio em questão, muitos cientistas buscaram explicações alternativas para a “falha do experimento”. Alguns cientistas como o físico e matemático holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), por exemplo, continuaram sua pesquisa acreditando na existência do éter. Outros, porém, como Einstein, passaram a buscar outras interpretações para o fato. De acordo com ele, não havia necessidade da existência do éter. Na verdade não temos certeza se Einstein tomou conhecimento do experimento acima citado. De acordo com sua publicação a respeito da relatividade, havia um problema maior que motivava a Einstein descartar éter. Para o físico alemão, as explicações dadas para o surgimento de correntes elétricas numa bobina devido à variação do fluxo magnético ter explicações diferentes quando o ímã se movia ou quando a bobina se movia, não fazia sentido. Para ele isso apresentava um problema “estético”, o que foi classificado por ele como falta de simetria. Este sim foi o elemento motivador para o desenvolvimento de sua teoria, tanto que seu trabalho se intitula “Sobre Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento”.*

Segundo Einstein:

**❖ A velocidade da luz e das ondas eletromagnéticas, diferentemente das ondas mecânicas, é absoluta, independente do observador.**

*A afirmação acima é um dos postulados da teoria da relatividade restrita de Einstein. O outro postulado pode ser enunciado como:*

**O movimento absoluto uniforme não pode ser detectado.** Fragmentos do texto T<sub>8</sub> (anexo 8)

Nesse ponto do curso verificou-se a importância do primeiro momento de fundamentação e conceituação ocorrido no primeiro semestre do ano letivo. Isto porque os conceitos ali trabalhados serviram de âncoras, conforme previsto na teoria da aprendizagem de Ausubel, para que os novos conceitos fossem associados ao sistema cognitivo do aluno de forma significativa.

O texto T<sub>8</sub> apresentou, ainda, as consequências dos postulados de Einstein ,demonstrando a dilatação do tempo e a contração do espaço. A demonstração da

expressão da dilatação temporal foi feita mais de uma vez para que ela fosse realmente compreendida pelos alunos.

Nesse ponto da aplicação dos textos, pareceu ser positiva a resposta à pergunta inicial da presente dissertação (*O estudo de FMC e, mais particularmente, da Teoria Da Relatividade Restrita pode despertar nos alunos interesse pela Física e, assim, fazer com que eles ingressem no Ensino Médio com um olhar entusiasmado e positivo para a Física?*). Alguns alunos se viram fascinados pelas idéias proposta por Einstein e, ao mesmo tempo, apresentavam uma satisfação pessoal ao considerarem que estavam compreendendo a “famosa” Teoria da Relatividade Restrita.

Apesar de não constar na primeira versão do texto T<sub>8</sub>, foram apresentados à turma, como exemplos, o paradoxo dos gêmeos e como a contração do comprimento pode ser comprovada utilizando a explicação de como o múon atinge a Terra. Apesar de parecer precoce a apresentação desse exemplo, não foi complicada para os alunos a compreensão da meia vida do múon, e como isso estava ligado à contração do comprimento proposta na teoria de relatividade de Einstein.

Outra discussão que não esteve presente na primeira versão foi a respeito da equação  $E = m.c^2$ . Foi proposto um exemplo simples para que os alunos pudessem entender a relação massa-energia e a possibilidade, baseada nessa relação, do desenvolvimento da bomba atômica.

Os temas acima descritos pareceram despertar ainda mais o fascínio dos alunos, e, a despeito de não compreenderem por completo o que lhes foi apresentado, muitos se viram motivados a conhecer um pouco mais a respeito do assunto.

Ao apresentar Einstein como um pacifista e muitas vezes interessado em discutir assuntos que não estavam ligados diretamente à Física, os alunos conheceram um Einstein mais humano. Como reforço a essa idéia, no final do texto, transcrevemos algumas frases de Einstein que causaram encantamento nos alunos, em relação a esse cientista que revolucionou a maneira de ver o mundo a partir do século XX.

*Algumas frases de Einstein:*

- ✓ *A ciência sem a religião é coxa, a religião sem a ciência é cega.*
- ✓ *Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso.*
- ✓ *A luta pela verdade deve ter precedência sobre todas as outras.*
- ✓ *Aquele que já não consegue sentir espanto nem surpresa está, por assim dizer, morto; os seus olhos estão apagados.*
- ✓ *Aquele que já não consegue sentir espanto nem surpresa está, por assim dizer, morto; os seus olhos estão apagados.*
- ✓ *Tornou-se chocantemente óbvio que a nossa tecnologia excedeu a nossa humanidade.*
- ✓ *A fama é para os homens como os cabelos - cresce depois da morte, quando já lhe é de pouca serventia.*
- ✓ *O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer.*
- ✓ *Nada beneficiará mais a saúde da humanidade e aumentará as chances de sobrevivência da vida na Terra quanto a dieta vegetariana.*
- ✓ *Se as pessoas são boas só por temerem o castigo e almejarem uma recompensa, então realmente somos um grupo muito desprezível.*
- ✓ *A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.*
- ✓ *A tradição é a personalidade dos imbecis.*
- ✓ *A liberação da energia atômica mudou tudo, menos nossa maneira de pensar.*
- ✓ *Eu quero saber como Deus criou este mundo. Não estou interessado neste ou naquele fenômeno, no espectro deste ou daquele elemento. Eu quero conhecer os pensamentos Dele, o resto são detalhes.*
- ✓ *Não sei como será a terceira guerra mundial, mas sei como será a quarta: com pedras e paus.*
- ✓ *Para me punir por meu desprezo pela autoridade, o destino fez de mim mesmo uma autoridade.*
- ✓ *Se a minha Teoria da Relatividade tiver êxito, a Alemanha dirá que sou alemão e a França que sou cidadão do mundo. Se a minha teoria, porém, falhar, dirá a França que sou alemão, e a Alemanha que sou judeu.*
- ✓ *O estudo, a busca da verdade e da beleza são domínios em que nos é consentido sermos crianças por toda a vida.*
- ✓ *A política serve a um momento no presente, mas uma equação é eterna.*
- ✓ *O casamento á a tentativa mal sucedida de extrair algo duradouro de um acidente.*

- ✓ *Não sei por que todos me adoram se ninguém entende minhas idéias.*
- ✓ *Existem apenas duas maneiras de ver a vida. Uma é pensar que não existem milagres e a outra é que tudo é um milagre.*
- ✓ *Os ideais que iluminaram meu caminho e sempre me deram coragem para enfrentar a vida com alegria foram a Verdade, a Bondade e a Beleza*
- ✓ *Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário.*
- ✓ *A Matemática não mente. Mente quem faz mau uso dela.*
- ✓ *A teoria é assassinada mais cedo ou mais tarde pela experiência.*
- ✓ *O problema de morar sozinho é que sempre é a nossa vez de lavar a louça.*

### **III.5- Avaliação do projeto**

No início do ano letivo de 2009, aplicamos o questionário  $q_2$  (em anexo) aos alunos do 1º ano do Ensino Médio da escola onde fora desenvolvido o projeto no ano de 2008. O questionário tinha o objetivo de verificar se os alunos que haviam participado do projeto estavam mais entusiasmado para estudar Física no Ensino Médio do que aqueles que não haviam participado do mesmo. Assim decidiu-se aplicar o  $q_2$  tanto para os alunos antigos quanto para os que haviam ingressado no ano de 2009 na escola.

Os resultados dos questionários dos dois grupos não apresentaram diferenças que pudessem ser evidenciadas ou que indicassem que os alunos que participaram do projeto entendiam melhor ou que se sentiam mais motivados com o ensino de Física. Ressalta-se apenas que o  $G_1$  manifestou perceber mais uma relação do estudo da Física com a história da humanidade que o  $G_2$ , além de em  $G_1$  aparecer como tópicos mais interessantes, temas que despertaram a atenção e interesse, a Teoria da Relatividade Restrita e a história da física.

Como a maioria das perguntas de  $q_2$  é objetiva, notou-se certa dificuldade em fazer uma análise aprofundada capaz de evidenciar se a proposta trazia algum ganho significativo na apresentação da Física no 9º ano do Ensino Fundamental. Por esse motivo foi elaborado um relatório de avaliação do curso de Física ministrado na turma em que o projeto aqui analisado foi aplicado, RA (anexo 11). O modelo deste relatório foi elaborado pelo autor dessa dissertação na tentativa de melhor coletar as impressões dos alunos a respeito da abordagem proposta, assim como verificar se os conceitos trabalhados na abordagem da Teoria de Relatividade Restrita haviam sido assimilados. Alguns alunos poderiam encontrar dificuldade na interpretação das perguntas, por isso a leitura foi feita pelo professor com o acompanhamento dos alunos. Caso algum aluno não compreendesse a questão, a mesma era elucidada pelo professor.

A partir de 2009, as aulas de Física não mais foram ministradas pelo autor da presente dissertação, dessa forma, para que  $q_2$  e RA fossem aplicados, foi solicitada autorização do professor regente da turma. Foram utilizadas duas metodologias de aplicação, uma para o  $q_2$ , e outra para o RA. A primeira, utilizada para a aplicação de  $q_2$ , foi uma simples distribuição dos questionários para os alunos presentes, sem prévio aviso, num dia normal de aula nos últimos 15(quinze) minutos da aula de filosofia com a permissão do professor da disciplina. Os alunos responderam ao  $q_2$  sem se identificarem. Já para a aplicação do RA, os alunos foram convidados, e divididos em grupos de 5(cinco), pelo professor responsável pela aplicação do projeto, num horário extra-classe e após o término do primeiro período de avaliações. Houve o cuidado ao explicar o objetivo do preenchimento do relatório de ressaltar que, apesar dos alunos se identificarem, deveriam ser o mais honesto possível para que as impressões relatadas fossem as mais reais. Além disso, foi frisado que não estava em jogo a afinidade com o professor atual ou com o do ano anterior.

Apesar de manter o caráter qualitativo, o RA permitiu uma visualização maior das impressões supracitadas. Destacam-se as repostas dadas pelos **ALUNO 12** e **ALUNO 8**, às perguntas: 2(dois) e 5(cinco), respectivamente, assim como as perguntas.

2)“**Pode-se comparar dois “tipos” de ensino: o primeiro, onde as repostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber repostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas).**” Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

**RESPOSTA:***A do segundo tipo de ensino, pois no 9º ano houve uma discussão dos temas, e não apenas decoramos. Tivemos que pensar e transmitir o que sabíamos para a resposta. ALUNO 8 (anexo 11).*

5)A *proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante. Justifique.*

**RESPOSTA:** *É mais interessante pois o aluno pensa mais reflete melhor sobre o assunto. Eu, particularmente, gosto muito de história e esse fato pode ter contribuído para que eu me interessasse mais. Em geral, todos preferem uma abordagem histórica à perguntas e repostas prontas dadas pelo professor para serem decoradas ou cálculos com números para serem feitos. É mais interessante saber o porquê do cálculo do que fazê-lo. ALUNO 12 (anexo11)*

Apesar de não estar claro na pergunta 5(cinco) , conforme reproduzida acima, o professor antes de ler a referida questão perguntava se eles conseguiam identificar ou perceber diferenças entre o tipo de abordagem dada à Física no 9º ano à do 1º do Ensino Médio. Cabe destacar que a abordagem de Física no Ensino Médio no colégio em questão, é uma abordagem tradicional baseada no treinamento de resolução de

exercícios visando a preparação para o vestibular, e que no planejamento não havia a utilização da história da ciência e se baseava basicamente em aulas expositivas.

A análise dos relatórios de avaliação dos demais alunos (anexo 11) evidencia um maior interesse e participação dos alunos no curso em que o projeto aqui avaliado foi aplicado. Parece então que os princípios mencionados no capítulo III, utilizados como base para elaboração do produto assim como na sua aplicação, tais como: o princípio da interação social e do questionamento; o princípio da não centralidade do livro de texto; o princípio do aprendiz como perceptor/representador; o princípio da aprendizagem pelo erro e o princípio da incerteza do conhecimento, podem, além de garantir uma aula de física mais participativa, favorecer o despertar do interesse dos alunos pela ciência, inclusive dos que tem mais afinidade com a área das Ciências Humanas.

Alguns desses princípios são evidenciados quando as respostas de alguns alunos à questão 3(três).

3)“ **Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e “se dispõe” a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente.**” Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de Física do 9º ano que demonstram que uma “velha” idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

### **RESPOSTAS**

- O avanço do conhecimento dos átomos, onde Aristóteles desenvolveu uma teoria, e com estudos e pesquisa, ao passar do tempo, outros cientistas foram modificando essa teoria, a partir de descobertas feitas, assim o conhecimento de Aristóteles foi se tornando ultrapassado e foi abrindo espaço para novas teorias. A discussão para saber se a luz era uma partícula ou uma onda, onde os cientistas montaram sua teoria, e com o avanço dos estudos e da tecnologia outras pessoas criaram outras teorias, que com o passar do tempo iam se tornando ultrapassadas. **ALUNO 8** (anexo 11).

- Discutimos bastante sobre os pensadores e cientistas sobre a evolução do pensamento do que é um átomo. Começamos por Aristóteles dizendo que o átomo é algo indivisível e terminamos com Rutherford Bôhr, já sabendo de prótons nêutrons e elétrons. Discutimos bastante também se a luz era uma partícula ou onda. Cada cientista e pensador defendia suas idéias, e nós alunos tínhamos que decidir a que nós achávamos mais coerentes. No final a luz podia ser tanto uma quanto outra. **ALUNO 12** (anexo 11).

As respostas dadas à questão 4 (quatro) evidenciam que a teoria da relatividade não foi integralmente compreendida. Pelo contrário, ainda muitas "confusões" são detectadas nas respostas dadas. Porém não era o objetivo do presente trabalho, esgotar o assunto, até porque se direciona a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Destacam-se as repostas dadas por alguns alunos, assim como a própria questão 4(quatro) do RA.

4)O que o Princípio da Relatividade Restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

#### **RESPOSTAS:**

- *Que o tempo é relativo. Se uma pessoa passar a velocidade da luz, o tempo que ela conta será diferente ao da pessoa que está abaixo da velocidade da luz. **ALUNO 9**(anexo11).*
- *Não é possível perceber os efeitos da relatividade. Uma das discussões é se o tempo é relativo ou absoluto. Uns acham que 1 hora é 1 hora para todo mundo, já outros dizem que quando irmãos gêmeos, e um deles foi viajar, quando volta, volta mais velho que o irmão que não foi viajar. **ALUNO 8**(anexo11).*
- *Ela somente aborda e estuda aquilo que vivemos. O conceito de tempo cronológico e muitos outros relacionados ao ser – humano e tempo de um modo geral. Essa teoria é evidente em nosso dia – a – dia quando estamos em um veículo emissor de velocidade e outra pessoa do lado de fora do mesmo, completamente imóvel. O tempo de envelhecimento das duas será o mesmo. Tornando concreta a equação de teoria da relatividade. Aluno, **ALUNO 10**(anexo11).*

- *Ele diz que o tempo é relativo, contrariando a nossa idéia de que o tempo é absoluto. Não, pois o tempo é igual para todos, seja para uma pessoa que viaja durante duas horas num avião ou para outra que está parada há duas horas. **ALUNO 11**(anexo11).*

## CONCLUSÕES

Na tentativa de romper com a “forma tradicional” de se ensinar a Física, o presente trabalho se pautou na teoria da aprendizagem significativa crítica, favorecendo assim a utilização de alguns textos em sala de aula e não tendo apenas o livro didático como manual de condução. Além disso, os debates suscitados pelos temas apresentados nos textos permitiram uma dinâmica diferente, que nos apontou uma maior participação dos alunos, relatada como uma impressão do professor ministrante do projeto e também manifestada nas respostas do RA.

A motivação e o aumento do interesse por parte dos alunos, no estudo de Física, foram “timidamente” manifestados através das respostas dadas ao RA. Ainda assim, alguns alunos se manifestaram contrários à idéia da abordagem proposta como sendo mais interessante e motivadora, conforme a resposta dada à pergunta 5 (cinco) do RA, pelo **ALUNO 13**.

5)A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

**RESPOSTA:** Menos interessante, porque com a abordagem histórica você fica muito preso ao texto e acaba sendo uma aula massiva. É muito importante sim estudar a história da Física, porém em tempo menor. **ALUNO 13**(anexo11).

Talvez não seja possível medir a incorporação dos conceitos, ou o quanto a abordagem sugerida no presente trabalho serviu como elemento motivador e tenha aumentado o interesse pelo estudo da Física. Apenas avaliam-se as impressões relatadas pelos alunos ou o quanto foi agregado de conhecimento

As discussões travadas no decorrer do curso foram basicamente algumas controvérsias que surgiram ao longo da evolução do pensamento científico, a respeito de modelos (geocêntrico e heliocêntrico), da natureza de entes físicos (luz – partícula

ou onda), das características do espaço (sensitivo e representativo) e do próprio preenchimento desse espaço (existência ou não do éter). E isso, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, é favorável à aprendizagem, pois, para Ausubel, “[...]é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas” (MOREIRA, 2006, p.29).

Como já ressaltado na presente dissertação, esta não tem a intenção de esgotar o tópico abordado, mas aponta-se como mais uma das ferramentas que podem colaborar com as mudanças no ensino de Física. Na verdade, convém ressaltar que os textos ainda podem e devem ser revistos, no sentido de aproximá-los ainda mais da linguagem dos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Essa mudança deve ser feita de maneira criteriosa, para que não se perca o enfoque nos conceitos essenciais, nem se deixe construir condições para que se formem os subsunçores a serem utilizados mais tarde na organização dos conceitos apresentados à estrutura cognitiva.

Este trabalho não deve estar fora de um contexto de discussão do ensino de Física como um todo. Pensar numa apresentação da Física a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, como a proposta desta dissertação, sem repensar sua continuidade, parece ser uma proposta com pouco resultado significativo. Portanto, se o aluno, ao ingressar no Ensino Médio, estudar uma Física com uma abordagem tradicional, em que o que se valoriza é a habilidade na resolução de questões e a memorização de fórmulas, a referida proposta tornar-se-á sem efeito ou apenas uma possível boa lembrança. Ou ainda, o esforço na tentativa de criar interesse pelo estudo da Física poderá ser perdido. Por isso, faz-se necessário o levantamento de ações que possam, em conjunto com esta proposta, colaborar com um ensino de Física mais eficaz, tanto na inserção de tópicos de FMC, e com isso aproximando o estudo de Física da realidade tecnológica do aluno, como também na tentativa de torná-lo cada vez mais significativo.

Há algum tempo é colocada em questão a eficácia do ensino de Física, assim como o cumprimento de seus objetivos. Apesar de não terem sido explorados na presente dissertação, não se pode pensar em reformulação do ensino de Física sem levantar questões a respeito do currículo e da formação de professores. Ao olhar para o currículo de Física no Ensino Médio, percebe-se certo esvaziamento de temas de FMC. Esse esvaziamento pode ser constatado quando analisamos os livros didáticos. Alguns livros mencionam esses temas, geralmente nos últimos capítulos do último volume, muitas vezes como um tópico especial.

[...]Essas e outras necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à Física contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso (BRASIL, 1999, p.234).

Apesar disso, chama-se a atenção para alguns livros didáticos que já apresentam uma nova proposta, em que tópicos de Física Moderna e Contemporânea aparecem na apresentação de temas clássicos, como é o caso da abordagem de a relatividade restrita surgir no momento em que se discute a relatividade dos movimentos e a adição de velocidades, feita por ALVARENGA & MÁXIMO (2008).

Essa ausente ou escassa abordagem dos tópicos de FMC não está restrita ao Ensino Médio. Segundo Canato (2003), os currículos dos cursos de Licenciatura em Física também demonstram essa ausência ou escassez. Canato faz uma breve análise do tempo dedicado aos temas clássicos em contraste com os temas de FMC.

A formação acadêmica é outro problema que merece atenção. A grade curricular de minha licenciatura na UFSCar, não diferente do atual currículo naquela e em muitas outras instituições, continha apenas três disciplinas relacionadas à FMC, uma no quinto período, **Física Moderna 1**, e duas no sexto, **Física Moderna 2** e **Física Moderna experimental 1**. Três disciplinas que formam um conjunto equivalente a 16 créditos, inserido em um currículo de 192 créditos distribuídos entre 41 disciplinas (CANATO, 2003, p.101).

Passados seis anos, essa realidade não é muito diferente. A grade curricular do curso de licenciatura em física da UFRJ apresenta duas disciplinas relacionadas à FMC: uma no sétimo período, *Tópicos de Física Moderna*, e uma no oitavo período, *Lab. de Física Moderna I*. Duas disciplinas que juntas somam 6 créditos, inseridas em um currículo de 131 créditos distribuídos em 42 disciplinas, em média.

Portanto, aponta-se ainda um caminho a ser trilhado, no sentido de garantir ao Ensino de Física o cumprimento de seus objetivos, tanto na aproximação da realidade tecnológica atual, como na formação do cidadão, dando-lhe condições de participação consciente e promovendo a responsabilidade social e ética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, M.; FINN, E.J.; **Física: um curso universitário**, 1ed. São Paulo, Edgard Blücher, v.1, 1972.

ALVARENGA,B., MÁXIMO,A.; **Física**, 2 ed. São Paulo, Scipione,2008.

ARRUDA, M.S.; “Sobre as origens da relatividade especial: Relações entre quanta e relatividade em 1905.”, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.1, p.32-47, Abr. 1996.

ARRUDA, S. M. et al.; “Da aprendizagem significativa à aprendizagem satisfatória na educação em ciências.”, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.21, p. 194-223, Ago. 2004.

BASSALO, José M.F.; “Aspectos Históricos das Bases Conceituais das Relatividades”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.1, p.27-36, 2004.

BODANIS, D.;  **$E= m.c^2$ - uma biografia da equação que mudou o mundo e o que ela significa**, 2 ed. Rio de Janeiro, Ediouro, 2001.

BRAGA, M.; et.al; **Newton e o triunfo do Mecanicismo**, 1ed. São Paulo, Atual, 1999.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9394, 20 de Dezembro de 1996.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 1999.

BRAZ JUNIOR, Dulcideo.; **Física Moderna: Tópicos para o Ensino Médio**, 1 ed. Campinas, Companhia da Escola, 2002.

CANATO, O.; **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média**, Dissertação de M.Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil, 2003.

CARVALHO, Sílvia.H.M.; ZANETIC, João; “Ciência e Arte, Razão e Imaginação: complementos necessários à compreensão da Física Moderna”. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Jaboticatubas, Minas Gerais, BRASIL, 26-30 Out 2004.

FIOLHAIS, C.; “Einstein e o Prazer da Física: passados cem anos, a Física continua divertida”, **Física na Escola**, v.6, n.1, p.11-14, 2005.

FREIRE, Paulo; **Pedagogia da Autonomia**, 27 ed. São Paulo, Paz e Terra, 2003.

GASPAR, Alberto.; **Física**, 1 ed. São Paulo, Ática, 2001.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, São Paulo, Editora da USP, v.1 Mecânica, 1993.

\_\_\_\_\_ São Paulo, Editora da USP, v.2 Física Térmica e Óptica, 1993.

\_\_\_\_\_ São Paulo, Editora da USP, v.3 Eletromagnetismo, 1995.

GUERRA, A.; REIS, J.C.; BRAGA, M.; “ Um julgamento no Ensino Médio- uma estratégia para trabalhar a Ciência sob um enfoque Histórico-Filosófico.”, **Física na Escola**, v.3, n.1, 2002.

GUERRA, A.; REIS, J.C.; BRAGA, M.; “Uma abordagem Histórico-Filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio”, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.21, p.224-248 , Ago. 2004.

GUERRA, A.; REIS, J.C.; BRAGA, M.; “Teoria da Relatividade Restrita e Geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.4, p. 575-583, 2007.

HALIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.; **Fundamentos da Física**, 6 ed., Rio de Janeiro, LTD, v.1, 2002.

\_\_\_\_\_ Rio de Janeiro, LTD, v.4, 2002.

HAWKING, S.; **O Universo numa Casca de Noz**, 2 ed. São Paulo, Mandarim, 2002.

HAWKING, S.; **Os Gênios da Ciência: Sobre os Ombros de Gigantes**, edição especial ilustrada. Rio de Janeiro, Elsevier, 2005.

IVINS, W.M.; **Art & Geometry – a study in space intuitions**, 1ed. New York, Dover, 1946.

KARAN, R.A.S.; CRUZ, Sônia M.S.C.S.; COIMBRA, D.; “Relatividade no Ensino Médio: o debate em sala de aula”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.1, p. 105-114, 2007.

KARAN, R.A.S.; CRUZ, Sônia M.S.C.S.; COIMBRA, D.; “Tempo Relativístico no Início do Ensino Médio”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.3, p.373-386, 2006.

KÖHNLEIN, Janete F.K.; PEDUZZI, Luiz O.Q.; “Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita”, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.22, n.1, p.36-70, Abr. 2005.

LEMOS, Nivaldo A.; “ $E = m.c^2$  : Origem e Significado” , **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, n.1, p.3-9, Mar. 2001.

MACHADO, D.I.; NARDI, R.; “Construção e Validação de um Sistema Hiperídia para o Ensino de Física Moderna”, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.6, n.1, p.90-116, 2007.

MARTINS, André F.P.; ZANETIC, J.; “O tempo na mecânica: de coadjuvante a protagonista”, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, p.149-175 , Ago. 2002.

MARTINS, André F. P.; **O Ensino do Conceito de Tempo: Contribuições Históricas e Epistemológicas**, Dissertação de M. Sc., Instituto de Física-Faculdade de Educação/USP, São Paulo, SP, Brasil, 1998.

MARTINS, R.A.; “A Dinâmica Relativística antes de Einstein”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.1, p.11-26, 2005.

MEDEIROS, A.; “Eric Rogers e o Ensino de Física Moderna”, **Física na Escola**, v.8, n.1, p.40-42, 2007.

MOREIRA, M. A.; **Aprendizagem significativa: A Teoria de David Ausubel**, 2 ed. São Paulo, Centauro, 2006.

MOREIRA, M.A.; “Um mapa Conceitual para Interações Fundamentais”. **Enseñanza de las Ciencias**, v.8, n.2, p.133-139, Mayo 1990.

MOREIRA, M.A.; “Um mapa conceitual sobre partículas elementares”. **Revista de Ensino de Física**, v.11, p.114-129, Dez. 1989.

MOREIRA, M.A.; MASSONI N. T.; OSTERMANN, F.; “História e Epistemologia da Física na Licenciatura em Física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.1, p.127-134, 2007.

MOREIRA, M.A.; **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: UFRGS, s/d. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso em: 9 fev. 2009.

OLIVEIRA, F.F.; VIANNA, D.M.; GERBASSI, R.S.; “Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.3, p.447-454, 2007.

OLIVEIRA, M.P.; “Fresnel e o arrastamento Parcial do Éter: a influência do movimento da Terra sobre a propagação da luz.”, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.10, n.2, p.157-172, Ago. 1993.

OSTERMANN, F.; **Tópicos de Física Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na Formação de Professores de Física**, Tese de D.Sc., UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 1999.

OSTERMANN,F.;MOREIRA,M.A.; “Atualização do Currículo de Física na Escola de Nível Médio: Um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores”, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.18, n.12, p.135-151, Ago. 2001.

OSTERMANN, F.; RICCI, T.F.; “Relatividade Restrita no Ensino Médio: Contração de Lorentz-Fitzgerald e a aparência visual dos objetos relativísticos em livros didáticos de Física”, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.2, p.176-190, Ago. 2002.

OSTERMANN, F.; RICCI, T.F.; “Relatividade Restrita no Ensino Médio: Os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física.”, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.21, n.1, p.83-102, Abr. 2004.

PANIAGUA A.; VILLAGRÁ, J.A.M.; “Teoría Reformulada de la Asimilación(TRA) : análisis, interpretación, coincidências, y diferencias com La teoria de La Asimilación de Ausubel”, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, v.5, n.1, p.161-183, 2006.

PEDUZZI, Luiz O.Q.; “Física Aristotélica: porque não considerá-la no ensino de mecânica?”, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.1, p.48-63, Abr.1996.

PIETROCOLA, M.; “O Espaço Pleno e a Concepção do Éter”, **Física na Escola**, v.3, n.2, p.7-8, 2002.

PINTO, A.C., ZANETIC, J.; “É possível levar a física Quântica para o Ensino Médio?”, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.1, p.7-34, Abr. 1999.

RAMALHO, F.; NICOLAU G.F.;TOLEDO, P.A.; **Os Fundamentos da Física**, 8 ed. São Paulo, Moderna, v.1, 2003.

\_\_\_\_\_ São Paulo, Moderna, v.2, 2003.

\_\_\_\_\_ São Paulo, Moderna, v.3, 2003.

RENN, Jürgen; “A Física Clássica de Cabeça para Baixo: Como Einstein descobriu a Teoria da Relatividade Especial”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.1, p.27-36, 2004.

SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C.S.; **Universo da Física**, 2 ed. São Paulo, Atual, v.1, 2005.

\_\_\_\_\_ São Paulo,v.2, 2005.

\_\_\_\_\_ São Paulo,v.3, 2005.

SANTOS, R.P.B.; “Relatividade Restrita com o auxilio de diagramas”, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.23, n.2, p.238-246, Ago. 2006.

STACHEL, J.; “1905 e Tudo o Mais”, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.1, p.5-9, 2004.

STRATHERN, P.; **Einstein e a Relatividade em 90 min**, 1ed. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1998.

TERRAZAN, E.A.; “A inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau.”, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.9, n.3, p.209-214. Dez. 1992.

THUILLER,Pierre.; **De Arquimedes a Einstein: A Face Oculta da Invenção Científica**, 1 ed. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1994.

## REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

[http://calendario.incubadora.fapesp.br/portal/introducao/imagens/aristotle\\_universe.gif/view](http://calendario.incubadora.fapesp.br/portal/introducao/imagens/aristotle_universe.gif/view) acessado em Junho de 2009

<http://astro.if.ufrgs.br/p1/node1.htm> acessado em Junho de 2009

<http://www.astro.mat.uc.pt/novo/observatorio> acessado em Junho de 2009

<http://topazio1950.blogs.sapo.pt/191282.htm> acessado em Janeiro de 2009

[www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm43/elipses.htm](http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm43/elipses.htm) acessado em Janeiro de 2009

[www.colegioweb.com.br/fisica/as-leis-de-kleper](http://www.colegioweb.com.br/fisica/as-leis-de-kleper) acessado em Janeiro de 2009

<http://history.wisc.edu/sommerville/351/351-184.htm> acessado em Janeiro de 2009

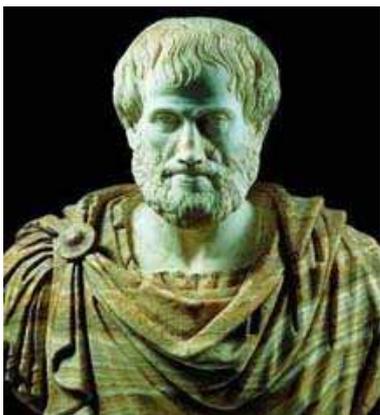
[http://cepa.if.usp.br/e-fisica/eletricidade/basico/cap14/cap14\\_02.php](http://cepa.if.usp.br/e-fisica/eletricidade/basico/cap14/cap14_02.php) acessado em Janeiro de 2009

[www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/elecmagnet/fem/fem.htm](http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/elecmagnet/fem/fem.htm) acessado em Janeiro de 2009

<http://portalmie.com/escoteiros/2009/06/16/fisica-mecanica-mecanica-dos-fluidos-parte-11-115-125/> acessado em Janeiro de 2009

ANEXO 1:

## CADA UM NO SEU LUGAR - O universo aristotélico



Aristóteles, que foi estudante de Platão, viveu no período entre 384 e 322 antes de Cristo. Aproximadamente no ano 335 a.C. Aristóteles fundou a sua própria escola de Filosofia Natural, o 'Liceu', em Atenas.

De acordo com Aristóteles, a Terra representava um mundo em constante mudança: as alterações climáticas promoviam variações em suas paisagens; o crescimento e a decadência dos povos (esse foi um período em que isso se observava com frequência) ; o nascimento, desenvolvimento e a morte dos seres humanos, dos vegetais e dos animais, demonstravam algumas destas mudanças.. Estas e tantas outras coisas fizeram com que Aristóteles associasse a Terra a um mundo imperfeito, corruptível, sujeito a contínuas e profundas modificações.

Para Aristóteles, toda e qualquer mudança, é resultado de um propósito intrínseco (que lhe é próprio) ou pré-determinado que as coisas têm para se comportar da forma como se comportam. Assim, uma criança cresce porque é da sua natureza transformar-se num homem; uma semente desenvolve-se e transforma-se em uma planta porque assim é da sua natureza. Da mesma forma, uma pedra cai porque há nela um propósito intrínseco em dirigir-se para o centro do universo que é o seu lugar natural.

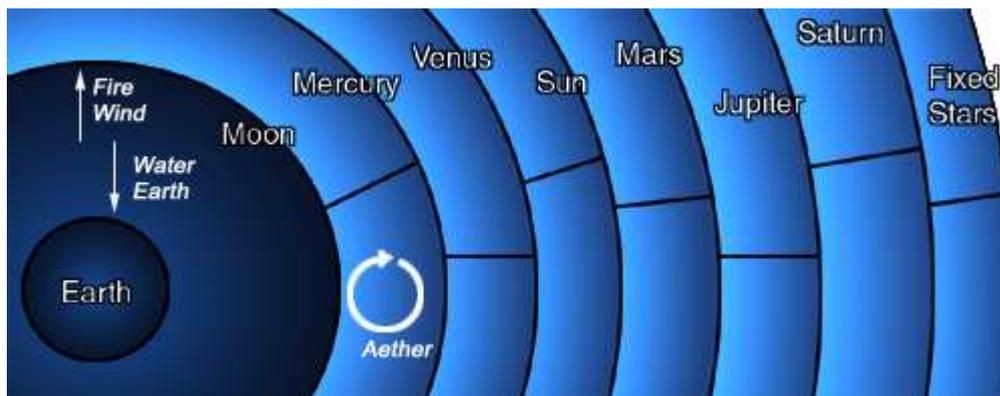
Quando, por outro lado, Aristóteles voltava-se para o céu via a perfeição. Não havia qualquer espécie de mudança no firmamento, como as observadas na Terra, exceto pelos movimentos dos astros. Tudo parecia harmonioso e igual para sempre: a mesma Lua, o mesmo Sol, os mesmos planetas, as mesmas estrelas. Isso fazia com que Céu e Terra fosse entendidos como “lugares” diferentes com características distintas. Não seria estranho pensar que deveriam então apresentar constituições físicas diferentes, ou seja, deveríamos explicar os fenômenos terrestre de maneira diferente dos fenômenos observados no céu. O fato de que todos os corpos celestes pareciam girar ao redor da Terra, reforçava essa idéia. A própria imobilidade da Terra podia ser constatada por um fato bastante corriqueiro: lançando-se um objeto para cima este retornava, rigorosamente, ao mesmo lugar de onde partira.

***Você acha que ao lançarmos um objeto para cima e ele retornar à nossa mão é um bom argumento para concluirmos que a Terra não está em movimento? Como você acha que deveria ser o movimento desse objeto?***

Estes fatos fizeram com que Aristóteles, ao organizar o seu sistema filosófico natural, retomasse a concepção de Empédocles (cerca de 490-435 a.C.), um filósofo grego pré-socrático segundo a qual a terra, a água, o ar e o fogo se combinariam entre si para formar todas as coisas. Porém, para ele, esses elementos comporiam apenas as coisas da Terra. Já, os corpos celestes deveriam ser constituídos de uma outra substância, o éter, um elemento puro transparente inalterável e sem peso, que nada tinha em comum com os elementos encontrados na Terra, pois esses são corruptíveis e sujeitos a mudança. Dessa forma Aristóteles explicava a diferença entre corrupção e decadência das coisas na Terra e a permanência dos corpos celestes.

O universo de Aristóteles era finito e esférico. Para defini-lo, ele adotou o sistema de esferas concêntricas proposto por Pitágoras (cerca de 582-497 aC) para descrever os planetas, mas deduziu que a Terra devia estar imóvel. A Terra não gira em torno de qualquer outra coisa nem gira em torno do seu eixo. A Terra é circundada

por esferas concêntricas feitas de uma substância perfeitamente transparente conhecida como 'quintessência' ou 'éter'. Essas esferas é que 'seguram' os planetas. As estrelas são fixas e não se movem. O 'Reinado dos Céus' está localizado além da última esfera.



A característica “estática” do universo vem do fato que, segundo Aristóteles o universo não surgiu em um ponto mas sim que ele tinha existido, inalterado, por toda a eternidade. Isso tinha que ser assim porque ele era 'perfeito'. Mais ainda, como ele acreditava que a esfera era a mais perfeita de todas as formas geométricas, o universo deveria Ter forma esférica. A Terra ocuparia o centro dessa esfera, a parte material do Universo tinha uma borda que era 'gradual', começando na esfera lunar e terminando na esfera das estrelas fixas. Na ciência de Aristóteles, matéria e espaço andam juntos e devem terminar juntos; não é preciso construir uma parede para limitar o universo e a seguir ficar se interrogando sobre o que limita esta parede . Conforme ele menciona em uma das passagens de seu livro Dos céus , *Não há qualquer massa ou corpo para além do céu. O mundo, no seu todo, é constituído pela soma total da matéria disponível.* A idéia do vazio(vácuo) para Aristóteles é

inconcebível. Depois da esfera das estrelas o universo continuava para dentro do domínio espiritual onde as coisas materiais não podiam estar.

Aristóteles acreditava, assim como Pitágoras, que a Terra, o Sol, a Lua e os planetas deviam ser esferas. Entretanto, Aristóteles diferia de Pitágoras por basear a sua suposição de uma Terra esférica em fenômenos capazes de serem observados e propôs algumas provas observacionais de que a Terra era uma esfera, e citaremos três delas:

- os navios desaparecem lentamente no horizonte
- durante os eclipses lunares a sombra lançada sobre a Lua pela Terra parece circular
- estrelas diferentes são visíveis em latitudes mais ao norte e mais ao sul. Ele notou que, à medida que uma pessoa viaja para o norte, as estrelas polares se colocam cada vez mais alto no céu e outras estrelas vão se tornando visíveis ao longo do horizonte. Isto só poderia acontecer se a Terra fosse esférica.

Na verdade, Aristóteles contribuiu em diversas áreas do conhecimento, porém destacamos sua contribuição na Física, particularmente na sua concepção de universo e seus estudos a respeito dos movimentos.

ANEXO 2:

## SEGUINDO OS RASTROS DOS ASTROS

### Cláudio Ptolomeu (séc II d.C)



Célebre astrônomo, geógrafo e matemático, supõe-se que Ptolomeu tenha nascido em Tolemaida Herméia, colônia grega no Egito.

Os escritos sobre astronomia elaborado por Ptolomeu no século II foi adotado pela igreja durante toda a Idade Média. Segundo seu modelo, a Terra ocupava o centro do universo e foi aceita durante 14 séculos, até ser contestadas pelas teorias de Copérnico e Galileu.

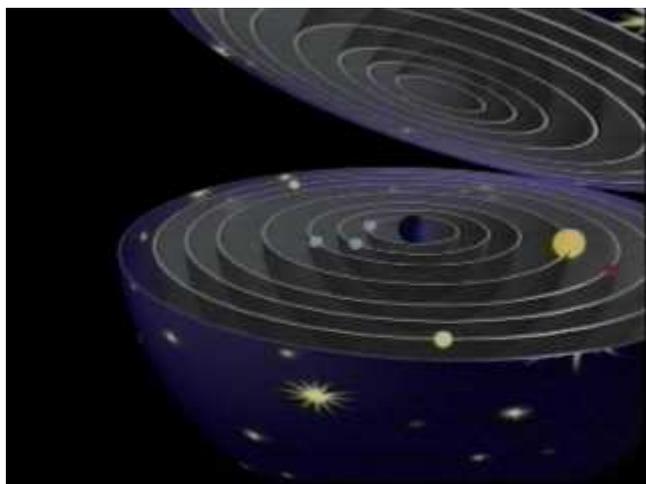
Com base em certas observações astronômicas por ele anotadas, sabe-se que trabalhou em Alexandria, no Egito, entre os anos 120 e 145 da era cristã. Nesse período seu trabalho atingiu o apogeu. Talvez tenha trabalhado até o ano de 151.

Ptolomeu pode ser considerado uma das personalidades mais célebres da época do imperador Marco Aurélio. Foi o último dos grandes sábios gregos e procurou sintetizar o trabalho de seus antecessores.

Esse período (séc. II) pode ser considerado como um dos períodos mais obscuros pelo qual passou a cultura e a produção de conhecimento da humanidade. A

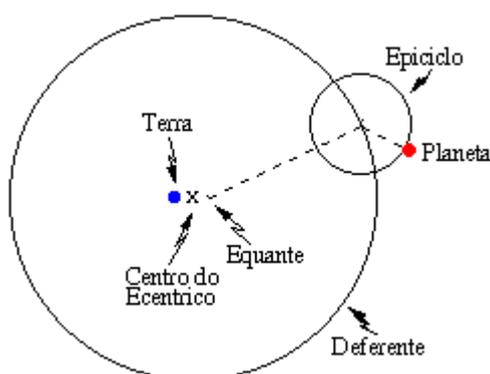
ciência, com isso, estagnou-se e em muitos casos sofreu retrocesso. Um exemplo disso foi a astronomia que sofreu impacto desse estado estagnação e retrocesso, onde em 1400 a Europa conhecia menos a respeito do cosmo do que a Grécia conhecera, 19 séculos antes.

A Terra consolidara-se como o centro estático do universo(sistema geocêntrico): em torno dela giravam planetas e estrelas, fixos em imaginárias esferas giratórias de cristal. Esse modelo foi elaborado por Hiparco de Nicéia, no século II a.C., sendo aperfeiçoada por outros pensadores, notadamente **Cláudio Ptolomeu**. Em seu modelo, ao redor da Terra giram, Mercúrio, Vênus, a Lua, o Sol, Marte, Júpiter, Saturno e as estrelas. Todos esses astros descreveriam, em suas órbitas, círculos perfeitos, conforme ensinavam Platão e Aristóteles. Adotada pelos teólogos medievais, qualquer outra teoria que retirasse a Terra de seu lugar privilegiado, considerando-a quem sabe como apenas mais um astro, era rejeitada de forma veemente.



Para perceber a importância de **Claudio Ptolomeu**, considerado o último dos grandes astrônomos gregos (150 d.C.), o sistema geocêntrico também é conhecido como sistema ptolomaico. Pois foi ele quem construiu o modelo geocêntrico mais completo e eficiente. Ptolomeu explicou o movimento dos planetas através de uma

combinação de círculos: o planeta se move ao longo de um pequeno círculo chamado **epiciclo**, cujo centro se move em um círculo maior chamado **deferente**. A Terra fica numa posição um pouco afastada do centro do deferente (portanto o deferente é um círculo excêntrico em relação à Terra). Para dar conta do movimento não uniforme dos planetas, Ptolomeu introduziu ainda o **equante**, que é um ponto ao lado do centro do deferente oposto à posição da Terra, em relação ao qual o centro do epiciclo se move a uma taxa uniforme.



Se unirmos, por um segmento de reta, o equante e o planeta representado acima, ao acompanharmos o movimento do planeta no epiciclo, vamos perceber que, em certos instantes, o planeta descreve um movimento de recuo, conforme as observações.

O objetivo de Ptolomeu era produzir um modelo que permitisse prever a posição dos planetas de forma correta, e nesse sentido, como seu modelo correspondia ao observado, ele foi razoavelmente bem sucedido. Por essa razão esse modelo continuou sendo usado sem mudança substancial por 1300 anos.

ANEXO 3:

## TROCANDO DE LUGAR

### Nicolau Copérnico(1473-1543)



Nicolau Copérnico, padre matemático polonês do século XVI, é considerado freqüentemente o fundador da astronomia atual.

Antes de sua teoria, os homens consideravam como verdadeira a tese de um cientista grego chamado Ptolomeu, que defendia a idéia de que a Terra era o centro do universo(Geocentrismo).Contrário a esta idéia, Copérnico não se convenceu da idéia de que o Sol e todos os demais planetas giravam em torno da Terra. Por esta razão, defendeu a tese de todos os planetas, inclusive a Terra, giravam em torno do Sol (Heliocentrismo).

Além de Copérnico, outros estudiosos não se convenceram da teoria de Ptolomeu, entretanto ele é conhecido como o fundador da Astronomia moderna e também da defesa bem fundamentada destes argumentos

Copérnico nasceu em 19 de fevereiro de 1473 em Torun, Polônia. Cresceu em uma família de mercadores que dava muita importância à educação. Seu tio, Lukasz Watzenrode, príncipe bispo de Ermland, garantiu à seu sobrinho a melhor educação da Polônia. Mais tarde estudou medicina e direito na Itália, onde em 1500 observou um

eclipse na cidade de Roma. Apesar de sua formação acadêmica em medicina e direito, Copérnico nunca abandonou sua paixão pela astronomia. Em 1503, ele e retornou à Polônia.

Copérnico foi um estudioso de medicina, astronomia, matemática e teologia. Aqui destacaremos apenas seus trabalhos na área da Astronomia.

Um eclipse lunar observado por Copérnico parece ter estimulado seu interesse pela astronomia. Durante seus estudos na Universidade de Bolonha(onde ele se tornaria professor de astronomia), se hospedou na casa de Domenico Maria de Novara, um famoso matemático, do qual mais tarde Copérnico se tornaria discípulo. Novara era um crítico do modelo planetário de Ptolomeu e encarava com ceticismo a astronomia do século II.

Há uma oposição entre o universo dos gregos, “tátil e muscular”, ao dos renascentistas, essencialmente “visual”. No primeiro, os objetos podem ser representados isoladamente, sua forma pode ser conhecida unicamente pelo toque e podem ser representados justapostos. Porém essa justaposição não aponta uma relação matemática(geométrica) entre eles. No segundo, ao contrário, os objetos são representados num espaço homogêneo, isotrópico e infinito em todas as direções. O espaço “tátil muscular”, traz com ele uma limitação geométrica. Já no universo “visual”,a geometria projetiva poderia ser desenvolvida. “Nasce” então a idéia de um espaço mensurável(que pode ser medido).

Já com essa nova idéia de espaço, Copérnico teve a idéia de construir uma torre de observação e em 1513 comprou pedras e cimento e a ergueu. Utilizando instrumentos astronômicos como, quadrantes(fig.1), paraláctico e astrolábios(fig.2), fez observações do Sol da Lua e das estrelas. No ano seguinte escreveu comentários sobre a Teoria dos movimentos dos corpos celestes(De hypothesibus motuum coelestium a se constituis commentariolus). Preferiu não publicar compartilhando apenas com seus amigos de forma discreta.



Fig.1- Quadrante



Fig.2- Astrolábio

O cenário em que Copérnico estava inserido( no séc. XV e XVI) não era propício à discussões que questionassem os dogmas da igreja. Pois apesar de, no século XVI, já ter iniciado a reforma protestante, ainda assim, todas as pessoas que se opunham aos ensinamentos da igreja, eram consideradas hereges e, dentre outras punições, poderiam ser condenadas à morte, como na Santa Inquisição.

Verdadeiramente, Copérnico estava insatisfeito com o modelo Geocêntrico vigente em sua época. Pensava ele que a Terra não era o centro do universo, mas apenas o centro da órbita da Lua. Segundo Copérnico nos movemos em torno do Sol

como qualquer outro planeta. Essa afirmação, traria vários problemas na época. Seu medo de enfrentar publicamente a Igreja e o povo, não foram os únicos motivos que o impediram publicar seu trabalho. Copérnico era um perfeccionista e acreditava que suas observações deveriam ser submetidas a verificações e a revisões constantes. Apesar de concluídos em 1530, seus escritos *Sobre as Revoluções das Esferas Celestes*, levou ainda 13 anos até serem divulgados.

Algumas considerações foram feitas em *Sobre as Revoluções* de Copérnico:

- Na primeira das seis seções do seu livro, considerou o sistema ptolomaico que colocava todos os corpos celestes em órbita ao redor da Terra, estabelecendo a seguinte ordem heliocêntrica: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno( os seis planetas conhecidos na época, incluindo a Terra).
- Na segunda seção, Copérnico usou a matemática(epíclis e equantes) para explicar os movimentos dos planetas e das estrelas, considerava que o movimento do Sol coincidia com o da Terra.
- Na verdade, inicialmente, não se propõe um sistema heliocêntrico mas um sistema heliostático, pois em seu modelo o Sol não estava exatamente no centro do universo, apenas próximo.
- A Terra completava uma rotação em torno de seu próprio eixo num período de um dia e ao redor do Sol em um ano.

As outras seções do livro se concentravam nos movimentos dos planetas e da Lua.

Antes de Copérnico, acreditava-se que o Sol era apenas mais um planeta. Com o sistema heliocêntrico, e com isso a retirada da Terra do centro, iniciou a revolução copernicana. Agora a Terra deixava de ser o centro de gravidade do universo e com isso as teorias gravitacionais pré-copernicanas deveriam ser revistas. Para Copérnico cada corpo celeste poderia ter suas próprias propriedades gravitacionais, e afirmou que objetos pesados tendiam em direção a seu próprio centro. Essa idéia levaria mais tarde à teoria da gravitação universal.

*“Quando Sobre as Revoluções apareceu em 1543, a obra foi atacada por teólogos protestantes que sustentavam que a premissa de um universo heliocêntrico contrariava a Bíblia. As teorias de Copérnico, concluíram, poderiam levar as pessoas a acreditar que eram meramente parte de uma ordem natural, e não os senhores da natureza, o centro ao redor do qual a natureza se organizara.*

*Devido a esta oposição clerical, e possivelmente uma incredulidade geral à perspectiva de um universo não geocêntrico, entre 1543 e 1600, menos de uma dúzia de cientistas adotou a teoria copernicana. Ainda assim, Copérnico não havia feito nada para resolver o problema mais importante que um sistema no qual a Terra gira ao redor do seu próprio eixo (e se move ao redor do Sol) confrontava, ou seja, como era possível para os corpos terrestres permanecerem presos a Terra em rotação? A resposta foi proposta por Giordano Bruno, um cientista italiano, copernicano confesso, que sugeriu que o espaço não possuía fronteiras e que o sistema solar poderia ser um de muitos outros sistemas semelhantes. Bruno também se aventurou por algumas áreas completamente especulativas da astronomia, as quais Copérnico não explorou em Sobre as Revoluções. Em seus escritos e palestras, o cientista italiano sustentava que existia um número infinito de mundos com vida inteligente no universo, algumas das quais superiores a inteligência humana. Tal audácia trouxe Bruno para a mira da Inquisição<sup>9</sup>, que tentou condená-lo por suas crenças heréticas. Ele foi queimado na fogueira em 1600”. (HAWKING, 2005 p.18).*

Copérnico não viveu o suficiente para assistir o “caos” que sua teoria heliocêntrica causaria, pois em 1543 ele morreu. Nascia uma nova era da Astronomia, pois como vamos ver a seguir, a partir de suas afirmações, muitos outros colaboraram com a nova idéia de universo.

Muitos escreveram a respeito do célebre padre Polonês, mas destacamos as contribuições de Copérnico, segundo um escritor e cientista alemão do século XVIII, Johann Wolfgang von Goethe:

De todas as descobertas e opiniões, nenhuma exerceu efeito maior no espírito humano do que a doutrina de Copérnico. O mundo mal se tornara conhecido como redondo e completo em si mesmo, quando se pediu a ele que se abrisse mão do enorme privilégio que é ser o centro do universo. Nunca, talvez, foi feito um pedido de tal magnitude a humanidade - pois com tal admissão tantas coisas desapareceriam em névoa e fumaça! O que aconteceu com o Éden, nosso mundo de inocência, piedade e poesia; o testemunho dos sentidos; a convicção de uma fé poético-religiosa? Não é de surpreender que seus contemporâneos não quisessem perder tudo isso, resistiram de todo modo possível uma doutrina que autorizava exigia de seus convertidos uma liberdade de visão e grandeza de pensamento desconhecidas até então, e de fato nunca antes sonhadas.

- Johann Wolfgang von Goethe

## ANEXO 4:

**... MAS QUE SE MOVE, MOVE!!!****Galileu Galilei (1564-1642)**

Galileu Galilei foi um Físico, Matemático e Astrônomo nascido na cidade italiana de Pisa, em 15 de fevereiro de 1564, foi considerado um dos maiores nomes da Ciência moderna.

Filho de Vincenzo Galilei, músico nobre da cidade. Desde cedo, era excelente estudante. Quando sua família se mudou para a cidade de Florença, em 1574, Galileu passou a estudar em uma cidade vizinha, onde era educado por monges do mosteiro de Camaldolense. Alguns anos depois, voltou à sua cidade natal onde começou estudar medicina como era desejo de seu pai. No entanto, não tinha interesse. Galileu, desde cedo, demonstrava facilidade para matemática e interesse no estudo de mecânica, mesmo assim, seu pai o encaminhou ao que chamou de campos mais úteis, de forma que Galileu entrou para Universidade de Pisa em 1581 para estudar medicina e filosofia aristotélica. Foi em Pisa que sua rebeldia transpareceu ainda mais, pois Galileu não tinha interesse no estudo de medicina. Seu interesse era concentrado em experiências com balas de canhão, onde as soltava de tábuas de diferentes inclinações e observava onde paravam. Conta-se que foi em Pisa, numa

catedral, que Galileu descobriu o isocronismo do pêndulo ( no qual o tempo de um movimento de ida e volta -período- não depende do quanto ele tenha sido afastado da sua posição de equilíbrio), principio que mais tarde utilizaria ao construir o relógio astronômico.

Galileu persuadiu seu pai para que o permitisse abandonar seus estudos de medicina sem ter obtido o diploma. Sendo assim, retornou a Florença para estudar e ensinar matemática.

Em 1589 Galileu tornou-se professor da Universidade de Pisa, onde uma de suas atribuições foi lecionar o curso de astronomia ptolomaica, a teoria segundo a qual o Sol e os planetas descrevem órbitas circulares em torno da Terra. E foi em Pisa que Galileu, se aprofundou no estudo da astronomia e começou a romper com as idéias de Aristóteles e Ptolomeu. Algumas notas de aula que foram recuperadas dessa época mostram que nos estudo dos movimentos, Galileu adotara o enfoque de Arquimedes e ensinava que a densidade de um corpo em queda livre e não o seu peso, como afirmara Aristóteles, era proporcional à sua velocidade de queda. Segundos alguns relatos, Galileu utilizou a torre inclinada de Pisa, de onde deixou cair alguns objetos de densidades diferentes, afim de demonstrar sua teoria, porém não sabemos ao certo se isso realmente aconteceu. Foi em Pisa que Galileu escreveu seu livro sobre o movimento(De Motu), o qual contrariava as teorias aristotélicas a respeito do movimento.

Após a morte de seu pai em 1592, Galileu deixa Pisa e com a ajuda de um amigo da família, Guidobaldo del Monte, foi nomeado catedrático de matemática na Universidade de Pádua, na República de Veneza. Em Pádua sua reputação cresceu, onde viveu durante 18anos. Já em 1593, Galileu inventa uma bomba para elevar água e em 1597 ele inventou um compasso geométrico e militar que se tornou muito útil para engenheiros mecânicos e militares. Galileu também começou a se corresponder com Johannes Kepler. Naquele período Galileu conheceu e se encantou por uma

Veneziana chamada Marina Gambá, com a qual teve um filho e duas filhas, sendo o ano de 1600 o ano do nascimento de Virginia, sua filha mais velha.

Foi durante os primeiros anos do século XVII que Galileu realizou experimentos com pêndulos e começou a elaborar um modelo para descrição do movimento de corpos em queda livre. Ainda na primeira década Galileu aperfeiçoa a luneta, que em 1608 um holandês chamado Hans Lipperhey reivindica a sua patente. Em pouco tempo projetou um telescópio( de nove aumentos) três vezes mais poderoso que o aparelho de Lipperhey, e dentro de um ano já havia projetado um telescópio de trinta aumentos. Em 1610 Galileu voltou seu telescópio aos céus e o cosmo literalmente foi aberto para a humanidade. A lua deixou de ser uma esfera perfeita e passou a apresentar crateras e montanhas. O fato de maior importância foi a observação de quatro luas de Júpiter, isso porque ia de encontro com a idéia dos simpatizantes do geocentrismo que acreditavam que os corpos celestes se moviam exclusivamente ao redor da Terra. Frente a essa observação, Galileu se viu impossibilitado de continuar ensinando teorias aristotélicas.

Galileu retorna a Florença como matemático e filósofo. Agora livre das obrigações do ensino, pôde se dedicar a telescopia. Observações como as fases de Vênus e o formato oblongo de Saturno, pois seu telescópio não o permitia identificar os anéis, reforçava sua idéia do modelo heliocêntrico de Copérnico. Em 1613 ele publicou Cartas sobre manchas solares onde pela primeira vez colocava em palavras impressas a sua defesa do sistema copernicano de um universo heliocêntrico. Seu trabalho foi imediatamente alvo de ataques e logo chegou à Inquisição. Galileu é levado à Roma afim de esclarecer suas posições, após publicar em 1616 sua teoria sobre as marés, onde ele acreditava ter provado que a Terra se move. Um conselho de teólogos emitiu um édito que declarava que Galileu praticava ciência ruim ao ensinar o sistema de Copérnico como um fato. Porém, apesar de ser severamente advertido, talvez por uma questão de afeto com o então Papa Paulo V, acreditou que poderia continuar com seus ensinamentos, mas deveria ser apresentados como

hipóteses ao invés de fatos. Com a morte de Paulo V em 1623, o seu sucessor, o Cardeal Barberini, eleito com o nome de Papa Urbano VIII, era um dos amigos e defensores de Galileu. Urbano disse a Galileu que havia pessoalmente retirado a palavra “heresia” do édito e que Galileu tratasse o sistema de Copérnico como hipótese e não como fato e que assim poderia continuar os seus escritos. Galileu contou com essa garantia para escrever o Diálogo entre os dois máximos sistemas do mundo durante os próximos anos, livro qual o levaria a prisão.

Como já dissemos, em 1623, Maffeo Barberini, então cardeal de 55 anos, vindo de uma família de grande poder político e financeiro, foi eleito Papa Urbano VIII, acrescentando assim o poder da Igreja Católica Romana. Urbano não iniciou a construção da Basílica de São Pedro, mas foi em seu pontificado que ela foi concluída. Participaram de sua construção grandes nomes da arquitetura e da arte do século XV ao início do século XVII – incluindo Michelângelo, Rafael, Bernini, Sangallo e Bramante.

Esse foi o poder que Galileu enfrentou quando, no início do século XVII, ele e Urbano “subiram ao ringue”. Galileu havia sido ameaçado de tortura, encarceramento e mesmo morte na fogueira. Por isso no dia 22 de junho de 1633 ele foi forçado, de joelhos, a abjurar, amaldiçoar e detestar toda uma vida brilhante de labor intelectual. Confrontado a uma suspeita de heresia ele teve que renunciar com “um coração sincero e fé genuína” à sua crença de que o Sol e não a Terra era o centro do universo, e que a Terra gira em torno do Sol e não o contrário. Na verdade, o que nos chama a atenção são seus sentimentos acerca da religião, pois ele não era um ateu zombadeiro, nem tampouco um fugitivo ressentido da religião, ele se considerava um filho leal da Santa Madre Igreja. Galileu entendia que estava tentando salvar, e não combater, a Igreja. Desejava evitar que a Igreja fosse levada a defender uma doutrina que, segundo ele, estava sujeita a refutação.

O sistema Copernicano ainda não trazia soluções significativas em simplicidade, nem qualquer ganho em precisão. Copérnico ainda estava preso a idéia

de órbitas circulares, visto que ***era o tipo mais “perfeito”de movimento***. A razão básica de sua crença no modelo heliocêntrico também era instrutiva – a saber, que não pode haver ***“melhor lugar senão o centro, para a lâmpada que ilumina todo o universo”***.

Coube a um astrônomo, físico e matemático de nome Johannes Kepler, nascido no dia 27 de dezembro de 1571, na cidade de Weil der Statdt em Württemberg(agora parte da Alemanha), recolocar o heliocentrismo no rumo certo, principalmente por sua descoberta que as órbitas eram elípticas e não circulares.

Embora Kepler e Galileu tenham sido contemporâneos e tenham até mantido correspondência, e embora Kepler tenha sido um dos poucos cientistas que apoiaram o heliocentrismo, Galileu jamais fez uso do trabalho dele, na verdade Galileu também mantinha fixa a idéia das órbitas circulares, ***uma indicação de como é difícil romper com um velho molde***.

Algumas evidências foram propostas por Galileu a fim de confirmar seus escritos. Boa parte delas foi elaborada por ele mesmo baseadas nas observações realizadas através do seu telescópio. Galileu ao enfrentar a alegação que os corpos celestes eram perfeitos mostrou que o Sol tem manchas e que a Lua não é lisa, em resposta à objeção dos eclesiásticos de que um corpo não pode ter dois movimentos simultâneos, ele mostrou os satélites de Júpiter, que giravam em torno de Júpiter enquanto Júpiter girava em torno da Terra ou do Sol.

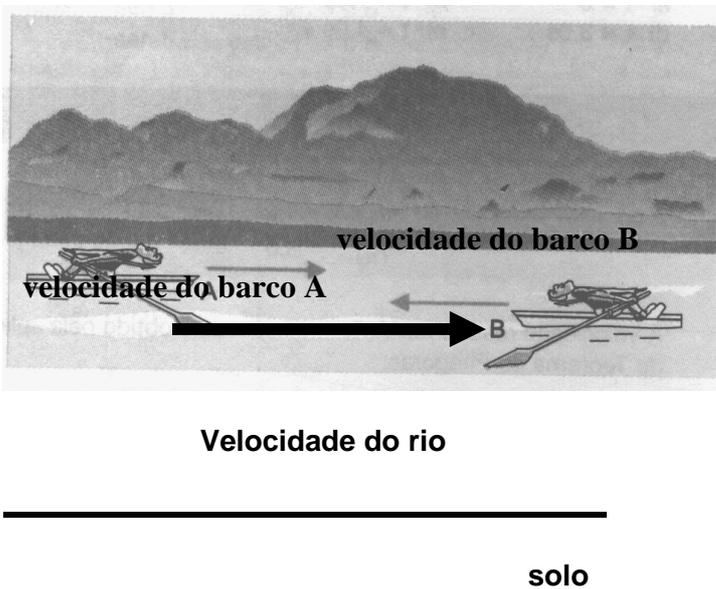
Devemos levar em consideração, contudo, que essas observações forma feitas, principalmente nos anos 1609 e 1610, por meio de telescópios muito primitivos, era necessário olhar e dar sentido as observações. Muitos contemporâneos de Galileu olharam através das lentes e nada viram senão manchas luminosas que tremulavam. Outros simplesmente se reusaram a olhar.

Podemos perceber nestes relatos que as discussões acerca das teorias esbarram em questões políticas, religiosas, culturais, ou seja, as teorias carregam em si a humanidade muitas vezes desprezada em suas apresentações.

Finalmente, vamos analisar a relatividade dos movimentos segundo Galileu.

### Teorema de Roberval e a Relatividade de Galileu

#### Composição de velocidades



Velocidade do rio  $\Rightarrow$  **Velocidade no Movimento de Arrastamento em relação ao solo.**

Velocidade do barco A ou barco B  $\Rightarrow$  **Velocidade no Movimento Relativa em relação ao rio.**

Velocidade do barco A ou do barco B  $\Rightarrow$  **Velocidade no Movimento Resultante em relação ao solo.**

➤ **Teorema de Roberval:**

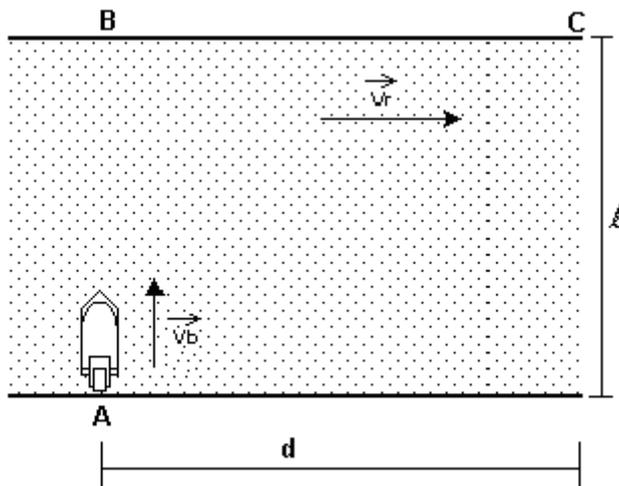
A velocidade no movimento resultante é a soma das velocidades nos movimentos relativo e de arrastamento.

$$\vec{V}_{RES} = \vec{V}_{REL} + \vec{V}_{ARR}$$

➤ **Relatividade de Galileu:**

Vamos pensar num exemplo em que um barco atravessa um rio com correnteza.

A figura abaixo representa essa travessia.



$\vec{v}_r$  = velocidade da água do rio em relação às margens;

$\vec{v}_b$  = velocidade gerada pelo motor do barco em relação às margens do rio

Um rio de largura  $l$  é atravessado por um barco de maneira perpendicular à margem, com velocidade constante  $\vec{v}_b$ . Pelo Teorema de Roberval, a velocidade do barco em relação às margens é a adição da velocidade  $\vec{v}_r$  com a velocidade  $\vec{v}_b$ . Esse resultado será uma velocidade  $\vec{v}_t$  (velocidade total) que é diagonal.

O princípio da relatividade de Galileu prevê que o tempo da travessia do rio é o mesmo medido por alguém que esteja em repouso em relação às margens do rio ou a alguém que esteja em repouso dentro do barco..

Suponha que o barco atinja o outro lado do rio no ponto C. O tempo de travessia seria o mesmo caso não existisse correnteza, a diferença seria que o barco atingiria a outra margem do rio no ponto B. Na verdade podemos considerar que o barco realiza dois movimentos simultâneos, um na direção da correnteza e outro perpendicular.

Vejamos um exemplo:

Se a velocidade desenvolvida pelo barco devido a seu motor, em relação às margens, é de 4m/s, a velocidade da água do rio em relação às margens é de 3m/s, e que a largura do rio seja de 40m. qual é o valor da distância d ?

$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ , como sabemos a velocidade na direção da travessia e a largura do rio,

podemos calcular o tempo da travessia.  $\Delta t = \frac{\Delta s}{v_m} \rightarrow \Delta t = \frac{40m}{4m/s} \rightarrow \Delta t = 10s$

Ao mesmo tempo que o barco atravessa o rio, ele está sendo arrastado pela correnteza rio abaixo. Isso significa que o barco desce o rio com velocidade igual a 3m/s durante 10s, então: a distância d corresponde a  $d = v_m \cdot \Delta t \rightarrow d = 3 \cdot 10 \rightarrow$

$$d = 30m$$

Na verdade o barco, segundo a um observador parado junto à uma das margens do rio, se desloca 50m nos 10s, como podemos demonstrar através do esquema abaixo.

Isso significa que para um observador que estivesse numa bóia nesse rio em repouso em relação à água mediria a velocidade do barco e encontraria como resultado  $v=4\text{m/s}$ . Já um observador em repouso em relação às margens do rio encontraria

como resultado  $v'=5\text{m/s}$  ( $v' = \frac{50\text{m}}{10\text{s}} = 5\text{m/s}$ )

O que devemos ressaltar é que, segundo o princípio da relatividade de Galileu **o tempo é absoluto**, ou seja, independe do referencial. Porém quando se trata da análise do movimento, é importante notar que as observações estão relacionadas ao referencial adotado(ou seja, de onde se observa).

Vamos criar uma experiência mental para compreendermos melhor o que se quer dizer a respeito do movimento relativo:

*Imagine que estamos em uma nave espacial em uma região do espaço muito afastada de qualquer outro corpo. De acordo com Galileu não há nenhum meio de sabermos se estamos parados ou em movimento com velocidade uniforme. Agora suponha que observamos uma outra nave se aproximando. É possível saber se somos nós ou a outra nave que está em movimento?*

**Não é possível saber! Não existe movimento absoluto!**

Relatamos abaixo a tradução do Latim para o Português da abjuração feita por Galileu Galilei no ano de 1633:

*Eu, Galileu Galilei, filho do falecido Vincenzo Galilei de Florença, com 70 anos de idade, julgado pessoalmente por essa corte, e ajoelhado diante de vós, Eminentíssimos e Reverendíssimos Cardeais, Inquisidores-Gerais de toda a República Cristã contra a devassidão da heresia, tendo sob meus olhos os Santíssimos Evangelhos, e colocando sobre estes as minhas próprias mãos, juro que sempre cri, que creio agora, e que com a ajuda de Deus sempre creerei sempre no futuro em tudo que a Igreja Católica e Apostólica afirma prega e ensina.*

*Mas visto que, após receber a admonição da Igreja Católica, abandono inteiramente a opinião falsa segundo a qual o Sol é o centro do universo e imóvel, e a Terra não é o centro do universo e ela se move, a dita falsa doutrina, na qual não devo crer, defender ou ensinar sob qualquer forma, seja verbalmente ou por escrito, e após ser notificado que tal doutrina é contrária aos escritos sagrados, tendo escrito e publicado um livro que trata da doutrina condenada no qual argumento com bastante eficácia a seu favor sem chegar a qualquer solução: fui julgado veementemente suspeito de heresia, isto é, de ter afirmado e acreditado que o Sol é o centro do universo e imóvel, e que a Terra não é o centro do mesmo, e que, por sua vez, se move.*

*Portanto com o desejo de remover dos pensamentos de Vossas Eminências e de todos os fiéis esta veemente suspeita concebida justamente contra mim, abjuro, de todo coração e com verdadeira fé detesto e amaldição os supracitados erros e heresia, e todo e qualquer erro em geral seja contrária à Igreja Católica. E juro que no futuro não direi nem afirmarei verbalmente ou por escrito tais coisas que venham a me colocar sob este gênero de suspeitas, e, ao conhecer algum herético ou algum suspeito de heresia, denunciá-lo-ei a este Santo Ofício, ou ao Inquisidor, ou ao Ordinário do lugar onde possa me encontrar.*

*Juro ainda e prometo cumprir e observar na sua completude todas as penitências que tenham sido ou venham a ser impostas a mim por este Santo Ofício. Eu se vir a transgredir quaisquer de tais promessas, protestos ou juramentos(que*

*Deus me proteja!), eu me submeterei a todas as dores e penas que forem impostas e promulgadas a transgressores pelos Cânones Sagrados e outros decretos em geral. Que Deus e os Sagrados Evangelhos que tenho em mãos me protejam.*

*Eu Galileu Galilei, abjurei, jurei, prometi e me obriguei como mencionado acima, em fé do verdadeiro, de meu próprio punho subscrevi a presente cédula da minha abjuração e a recitei palavra por palavra, em Roma, no Convento della Minerva, neste o vigésimo segundo dia de junho de mil seiscentos e trinta e três. Eu, Galileu Galilei, tendo abjurado como descrito acima, de minha própria mão.*

**Conta a lenda que ao se levantar, Galileu resmungou “*Eppur si muove*” - “Mesmo assim se move”.**

ANEXO 5:

## MATEMÁTICA ... EU ACREDITO!!!

### Johhanes Kepler (1571-1630)



Johannes Kepler, Matemático e Astrônomo alemão nascido na cidade de Weil der Statdt em Wüttemberg (agora parte da Alemanha), em 27 de dezembro de 1571, foi considerado um dos maiores nomes na busca da precisão absoluta.

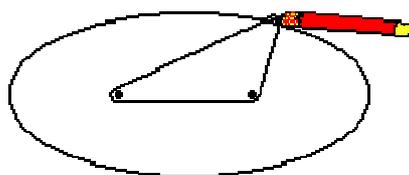
Kepler foi um homem religioso, e sua dedicação se dava no sentido, ao seu ver, a um dever como cristão de compreender o universo criado por Deus. Sua vida foi marcada por situações muito complicadas. Desde a morte prematura de vários de seus filhos à humilhação de ter de defender sua mãe, que tinha um comportamento excêntrico, em julgamento. Katherine foi acusada de bruxaria e por pouco não foi levada a morte na fogueira.

Kepler manteve uma série de relacionamentos complicados, um deles foi com Tycho Brahe, um grande observador astronômico a olho nu que dedicou sua vida ao registro e medição de corpos celestes. Porém o que lhe faltava era habilidade matemática e analítica de forma que o permitisse interpretar seu dados, ou seja, a compreensão do movimento planetário. Por esse motivo, sendo Brahe um homem abastado, contratou Kepler para elucidar suas observações da órbita de Marte, que a anos vinha deixando os astrônomos sem respostas. Foi então que, mapeando cuidadosamente os dados colhidos por Tycho Brahe, Kepler construiu uma elipse

(lugar geométrico de todos os pontos cujas somas das distancias a dois pontos fixos dados seja constante).

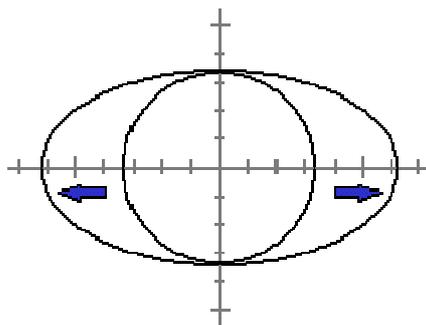
Demonstramos abaixo dois métodos diferentes de se construir uma elipse para que você possa se familiarizar.

1. O **método do jardineiro** consiste em espetar duas hastes verticais no chão, atar as extremidades de uma corda a cada uma das hastes e com um pau encostado à corda ir traçando a elipse no chão, mantendo sempre a corda esticada. O comprimento da corda deve, obviamente, ser superior à distância entre as hastes. Podemos reproduzir também utilizando uma folha de papel apoiada numa folha de isopor, com dois alfinetes espetados conforme a fig. 1. Com um barbante, com o comprimento maior que a distância entre os alfinetes, e um lápis desenhamos assim, uma elipse.



**Fig. 1 - Método do jardineiro.**

2. O **método de alongamento de uma circunferência** consiste em, partindo de uma circunferência de um determinado diâmetro, com centro na origem de um referencial, multiplicar as abcissas(eixo horizontal) de todos os pontos da circunferência por um fator de alongamento. O diâmetro da circunferência deve ser igual ao eixo menor da elipse que se pretende traçar. O fator de alongamento deve ser escolhido por forma a que quando multiplicado pelo diâmetro da circunferência dê a medida do eixo maior da elipse.



**Fig. 2 - Método de alongamento de uma circunferência.**

Sua descoberta das órbitas elípticas contribuiu para dar credibilidade ao modelo copernicano do sistema heliocêntrico e foi importante como uma marca da inauguração de uma nova era da astronomia.

Johannes, filho de Heinrich Kepler, era, de acordo com ele, um soldado rude, imoral e brigão” que abandonou a família várias vezes, juntando-se a um bando de mercenários para lutar contra um levante de protestantes na Holanda. Johannes passou sua infância e juventude ao lado de sua mãe numa pensão de seu avô onde trabalhava desde cedo servindo as mesas. Kepler apresentava diversos problemas de saúde. Além de míope, tinha visão dupla, sofria de problemas abdominais e tinha dedos “tortos”, o que lhe impediu de seguir a carreira de pastor protestante.

Segundo Johannes, sua mãe era tagarela e mal humorada. Katherine, em 1577, mostrou a seu filho o “grande cometa” que apareceu no céu naquele ano, e Kepler mais tarde reconheceu que essa experiência havia lhe despertado a atenção e curiosidade, e que teria lhe deixado forte impressão. Apesar de uma infância conturbada, Kepler demonstrava seu talento desde cedo e logrou uma bolsa de estudos destinada a alunos de bom potencial porém com poucos recursos, residentes na província alemã de Swabia. Kepler freqüentou a escola alemã Schreibschule em

Leonberg e depois foi transferido para para uma escola de latim, o que lhe foi muito útil ao lhe proporcionar o estilo em latim utilizado em seus escritos mais tarde.

Em 1587, Kepler se matriculou na universidade de Tübingen, onde estudou filosofia e teologia. Ainda nessa universidade ele se tornou estudioso na área de matemática e astronomia. Kepler era um defensor do modelo copernicano do sistema heliocêntrico. Kepler abriu mão de sua carreira como pastor protestante para estudar ciência, mas nunca abandonou a sua fé no papel de Deus na criação do universo.

No século XVI, a distinção entre astronomia e astrologia era bastante ambígua. Para Kepler, a astrologia era "*filhinha boba da astronomia*".

Kepler trabalhou como professor de matemática e astronomia numa escola secundária na cidade de Graz, na Áustria, e foi num dia enquanto dava aula, teve uma súbita revelação que mudara sua vida. Era, ao seu ver, a chave para a compreensão do universo. Ele desenhou no quadro-negro um triângulo equilátero dentro de um círculo, e outro círculo dentro de um triângulo. Segundo ele a razão entre os círculos correspondia a razão entre as órbitas de Júpiter e Saturno. Kepler então supôs que os demais planetas também deveriam estar dispostos em torno do Sol de modo que figuras geométricas se encaixassem entre eles. Ao utilizar figuras bidimensionais seus ensaios não foram bem sucedidos, é então que Kepler decide lançar mão dos sólidos de Pitágoras, aqueles usados na Antiguidade pelos gregos que haviam descoberto que apenas cinco sólidos podem ser construídos a partir de figuras geométricas regulares. Kepler interpretou isso como sendo o motivo da existência de apenas seis planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno), com cinco espaços entre si, e cujo os espaços não poderiam ser uniformes. Esta geometria das órbitas e distâncias entre planetas foi inspiração para que pudesse escrever *Mistério do*

*Cosmos (Mysterium Cosmographicum)*, publicado em 1596.

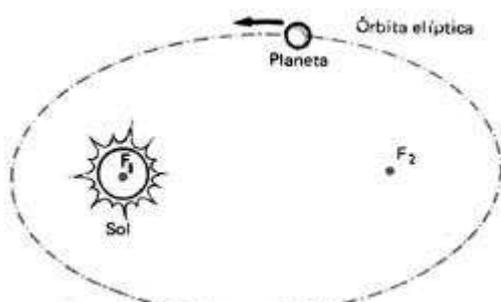


**Fig. 3 – Modelo do Sistema solar de Kepler.**

No final de 1598, Kepler visita o castelo Benatky de Tycho Brahe em Praga e é convidado a trabalhar com o astrônomo dinamarquês, e aceita o convite, e em 1599 começa a trabalhar em suas pesquisas. Brahe porém o tratava como um secretário não o permitindo ter acesso a um vasto compêndio de observações que ele tinha em mãos, mas não tinha ferramentas matemáticas necessárias para compreendê-lo. Finalmente, Brahe deu a tarefa a Kepler de estudar a órbita de Marte que intrigava o astrônomo dinamarquês por assumir a órbita menos circular dentre os planetas. O trabalho de Kepler que definira a órbita de Marte como elíptica só fora concluída em 1609 em seu trabalho *Nova Astronomia*.

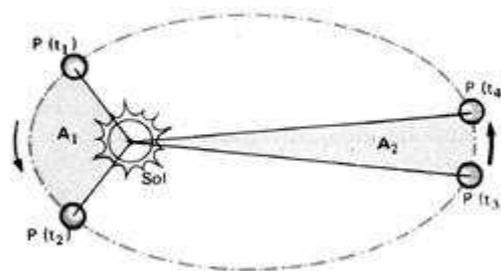
Tycho Brahe morreu em 1601 e, a partir daí Kepler lançou mão das anotações de Brahe e ascendeu à posição de Matemático Imperial. Kepler escreveu mais tarde a seguinte declaração: “*Confesso que quando Tycho faleceu, rapidamente me aproveitei da ausência, ou da falta de circunspeção de seus herdeiros, tomando as observações sob meus cuidados, ou talvez, usurpando-as*”. Kepler, usando dados coletados por Tycho Brahe (as oposições de Marte entre 1580 e 1600), mostrou que os planetas não se moviam em órbitas circulares, mas sim elípticas. Esse detalhe, somente perceptível por acuradas medições, mais tarde deu a Isaac Newton elementos para formular a teoria da gravitação universal, 50 anos mais tarde.

Em 1605, Kepler anunciou sua primeira lei, a Lei das Elipses, que afirma que os planetas descrevem uma órbita elíptica e ao redor do Sol que ocupa um dos focos. Essa teoria prevê que a Terra está mais próxima do Sol em janeiro e mais distante em julho. Em 1609, no seu livro *Nova Astronomia*, sua segunda lei, a Lei das Áreas Iguais em períodos iguais.



**Fig. 3 – Lei das Órbitas.**

**Áreas.**



**Fig. 4 – Lei das**

Desolado pela morte de sua esposa e seu filho preferido em 1611, Kepler retornou a Linz, e em 1613 se casou com uma orfã de 24 que lhe deu 7 filhos, dos quais apenas dois sobreviveram até a idade adulta. Nessa mesma época sua mãe fora acusada de bruxaria e apesar de presa e torturada, Kepler conseguiu a absolvição de sua mãe Katherine e ela foi libertada. Devido a estes problemas, o retorno de astrônomo alemão não foi muito produtivo de início. Ele então concentrou seus esforços e desenvolveu seu trabalho *Harmonias do Mundo* (*Harmonice Mundi*) e terminou em 27 de maio de 1618. Nesta série de cinco livros Kepler utilizou sua teoria da harmonia para a música, astrologia, geometria e astronomia. A série de livros inclui a sua terceira lei sobre o movimento dos planetas, que viria inspirar Isaac Newton sessenta anos mais tarde, no desenvolvimento da teoria da Gravitação Universal.

Enunciamos abaixo a terceira lei de Kepler:

Para qualquer planeta do sistema solar, o quociente entre o cubo do raio médio ( $r$ ) da órbita e o quadrado do período de revolução ( $T$ ) em torno do Sol é constante.

$$\frac{r^3}{T^2} = k_p$$

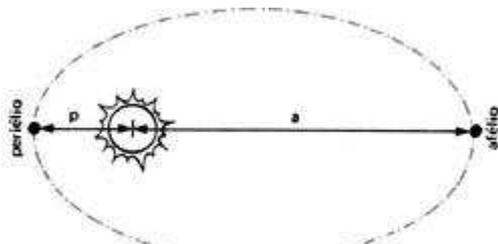


Fig. 5 – distâncias  $p$  e  $a$ , do Sol aos pontos da órbita, periélio e afélio.

Raio médio da órbita ( $r$ ) – A média aritmética entre  $a$  e  $p$ :

$$r = \frac{a + p}{2}$$

Período de revolução do planeta em torno do Sol ( $T$ ) - intervalo de tempo também chamado de ano do planeta.

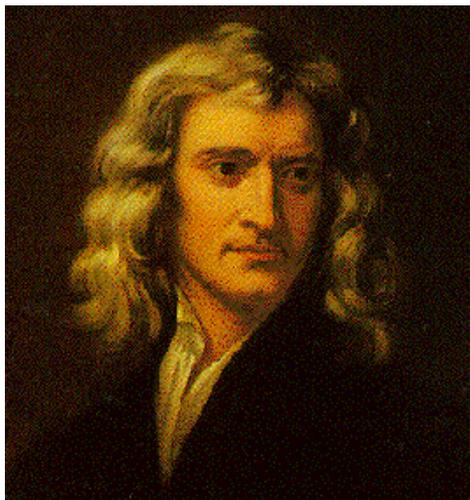
Kepler acreditava ter descoberto a lógica divina na criação do universo e não podia conter sua êxtase. No quinto livro de *Harmonias do Mundo* Kepler escreve:

*“Me atrevo a confessar francamente que roubei os vasos de ouro dos egípcios para fabricar o tabernáculo ao meu Deus longe das terras do Egito, Se me perdoarem, eu me alegrarei; se me reprovarem eu o suportarei. O dado foi lançado, e estou escrevendo o livro; se para ser lido agora, ou pela posteridade, não importa. Ele pode esperar um século por um leitor, assim como o próprio Deus esperou seis milanos por uma testemunha.”*

Johannes Kepler foi um homem que preferiu a ordem e harmonia estética, e tudo o que ele descobrira estava ligado de maneira muito íntima a visão que ele possuía de Deus. Lê-se em seu epitáfio, escrito por ele mesmo: *“Eu media os céus, e agora*

*medirei as sombras da terra. Apesar da minha alma vir dos céu, a sombra de meu corpo descansa aqui.”*

## ANEXO 6:

**SOBRE OMBROS DE GIGANTES****Isaac Newton (1642-1727)**

Nasceu em uma cidade industrial inglesa, Woolsthorpe, em Lincolnshire, no dia de Natal em 1642. É considerado o pai do estudo do cálculo infinitesimal, da mecânica, movimento planetário, e a teoria da luz e da cor.

Newton teve uma infância um tanto quanto conturbada. Sua mãe não esperava que ele sobrevivesse, pois ele nasceu muito prematuramente. Ele mesmo se descreveu tão pequeno que caberia numa garrafa de um litro. Seu pai, que também se chamava Isaac, morreu três meses antes dele nascer. Quando Newton completou dois anos de idade, sua mãe, Hannah Ayscough, casou novamente, com um rico pastor de nome Barnabas Smith.

Em função de seu novo casamento, Hannah julgou que não havia lugar para Newton na nova família, e o deixou sob os cuidados de sua avó, Margery Ayscough. Essa situação de abandono, junto a tragédia de nunca ter conhecido seu pai, perseguiu Newton pelo resto de sua vida.

Desde cedo, Newton demonstrou certa curiosidade que definiria os grandes feitos de sua vida, interessando-se por modelos mecânicos e desenhos arquitetônicos. Ele dedicava horas construindo relógios de sol, pipas, moinhos em miniatura, além de desenhar animais e navios. Aos cinco anos ele frequentou escolas em Skillington e Stoke, mas seu desempenho não era satisfatório e era considerado pelos professores como desatento e preguiçoso. Ele não conseguia se aplicar aos trabalhos escolares.

Quando Newton completou 10 anos de idade, Barnabas Smith já havia falecido e passou a morar com sua avó, sua mãe, que havia herdado uma vultuosa soma como herança, e três meio irmãos( um menino e duas meninas). Porém como Isaac deixava a desejar na escola, Hannah resolveu tirá-lo da Free Grammar School of Grantam( Escola Elementar Livre de Grantam), mas mais uma vez Newton não demonstrou aptidão para o que lhe fora designado(cuidar do patrimônio da família). Sendo assim, por sugestão de um tio, William, irmão de Hannah, Isaac voltou à escola afim de terminar seus estudos.

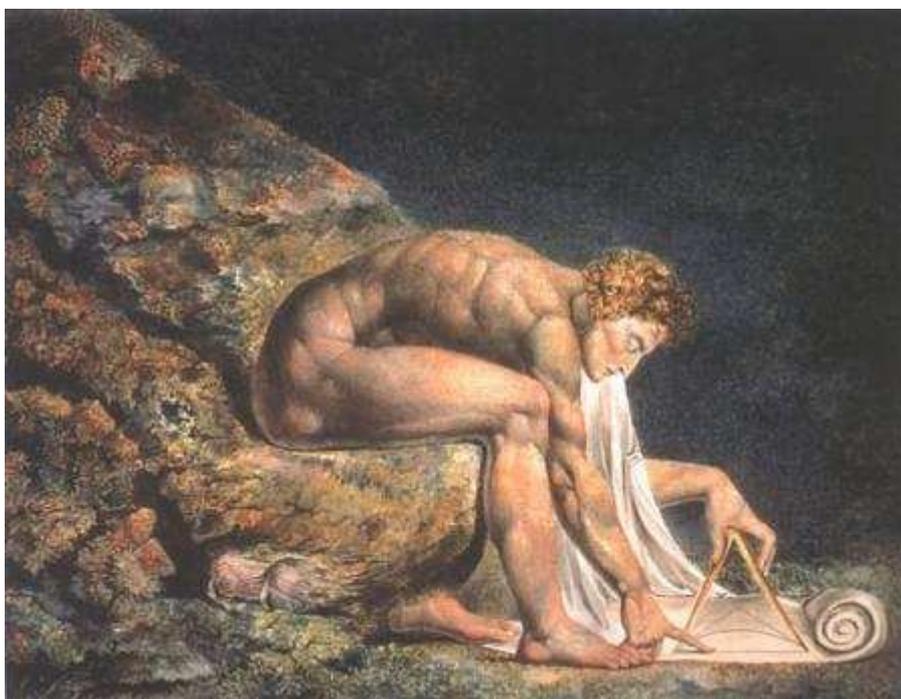
Desta vez Newton fora para casa de John Stokes, o diretor da Free Grammar School, mas dessa vez cumprindo com seu papel escolar. Conta a lenda que Newton tornou-se iluminado após tomar uma pancada na cabeça dada por um valentão da escola, o que teria mudado completamente o curso de sua educação. Demonstrando agora grande capacidade intelectual e curiosidade, Newton começou a se preparar para a universidade. Decidiu se matricular na Universidade de Cambridge.

Em 1665, por causa da peste bubônica universidade fechou e Newton teve que se recolher para Lincolnshire. Nos dezoito meses de reclusão por causa da peste bubônica, Newton passou em casa e se dedicou ao estudo da mecânica e da matemática, e começou a se concentrar em óptica e gravitação. Esse ano foi nomeado pelo próprio Newton como "*annus mirabilis*"(ano miraculoso), pois foi nesse ano que ocorreu sua maior produção científica.

Ao retornar a Cambridge, Newton estudou a filosofia de Aristóteles e Descartes, assim como a ciência de Thomas Hobbes e Robert Boyle. Em 1669, ao se tornar professor Lucasiano(nome que se dá a uma cátedra de Matemática da Universidade de Cambridge, na Inglaterra), concentrou seus primeiros estudos no campo da óptica. Newton desenvolveu experimentos para mostrar que a luz era composta de pequenas partículas. Isso atraiu a ira de cientistas como Robert Hooke, que acreditavam que a luz viajava por meio de ondas. O temperamento de Newton fez com que sua resposta, fosse colocar-se a humilhar Hooke, sempre que possível. Essa rivalidade durou por toda a vida de Hooke, que morreu em 1703. Só então Newton publicou sua obra, *Opticks*. Outra grande peleja travada por Issac Newton foi com o alemão Gottfried Wilhelm Leibniz, o qual sofreu acusação por parte dos partidários de Newton, que diziam que ele tinha lido os artigos do professor Laucasiano anos antes de publicar seus achados sobre o cálculo diferencial e integral. A maior parte dos historiadores da ciência aceitam que os dois- Newton e Leibniz – tenham chegado as suas conclusões a respeito do cálculo diferencial e integral independentemente e que toda a discussão em torno disso era desnecessária, na verdade as acusações de Newton de plágio, levaram Leibniz à miséria e à desgraça.

Em 1666, Newton já havia desenvolvido teorias a respeito do movimento, porém ainda eram incapazes de descrever a mecânica do movimento circular. Uns cinqüenta anos antes, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler três leis do movimento planetário (*Lei das órbitas; Lei das áreas e lei das harmonias*), que descreviam com boa precisão o movimento dos planetas em torno do Sol, mas não dizia por que se moviam do modo que se moviam.

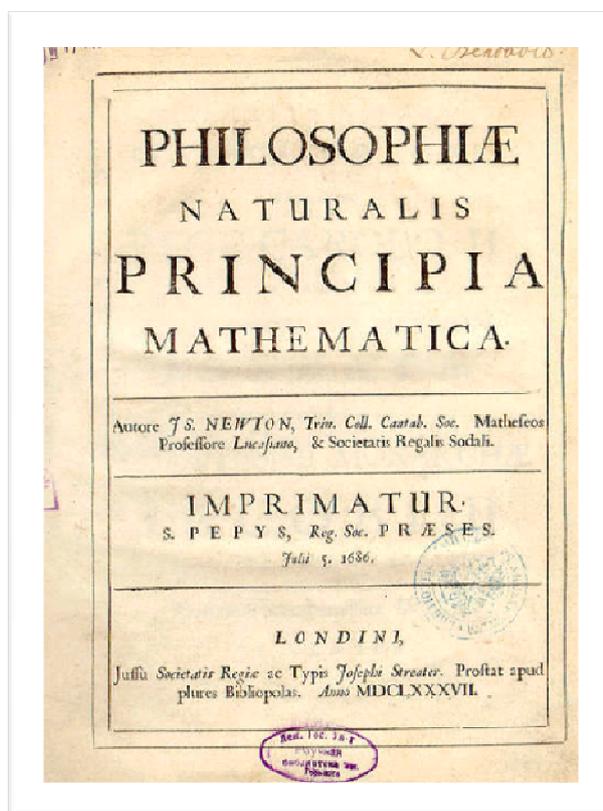
Newton então se propôs explicar o movimento dos planetas baseado na 3ª Lei de Kepler e em sua própria lei da força centrípeta, ele deduziu a lei do inverso do quadrado, que diz que a força gravitacional entre dois objetos, é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros destes dois objetos. Ele começara a perceber que a lei da gravitação é universal- que uma mesma força é responsável pela queda de uma maçã no solo e o movimento da lua ao redor da Terra.



*Gravura de Newton feita por William Blake (1795)*

A grande questão com que se defrontavam alguns filósofos, no início da década de 1680, traria Newton de volta à filosofia mecânica. Motivado por uma visita de Edmond Halley, em agosto de 1684, com a finalidade de perguntar-lhe sobre a lei da atração que varia com o inverso do quadrado da distância, ele retoma seus manuscritos. A resposta enviada a Halley, alguns meses depois, trazia uma revolução na mecânica celeste. Durante dois anos e meio, Newton trabalhou obstinadamente nesse artigo, a pedido de Halley, e ia ampliando suas conseqüências. Ele estava

generalizando a aplicação de sua dinâmica a uma demonstração sistemática da gravitação universal. Se Galileu mostrara como era o movimento dos objetos ao caírem, Newton propôs que eram atraídos para o centro da Terra, e ainda foi capaz de mostrar que essa mesma força era responsável para manter os planetas em órbita. Newton demonstrou que a gravidade previa os movimentos da lua assim como as influências nas marés na Terra. Essas idéias foram desenvolvidas em três volumes de uma obra que Newton resolveu nomear de *Principia Mathematica* em contraste proposital com o livro de Descartes *Principia Philosophiae*, a obra que seria um marco na história da ciência.



O livro 1 de Principia inclui as três leis do movimento de Newton:

1. Todo corpo tende a manter seu estado de movimento, ou de movimento retilíneo e uniforme, a menos que seja forçado a mudar esse estado inicial por forças atuantes sobre ele.
2. A alteração do estado de movimento é proporcional a intensidade da força resultante e ocorre na direção da linha reta da mesma.

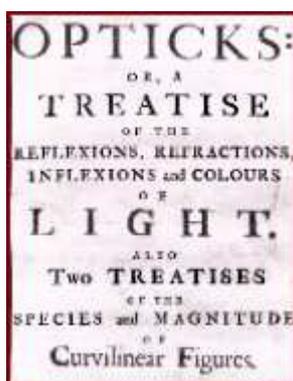
3. Para cada ação há também uma reação igual e contrária; ou equivalentemente, as ações mútuas de dois corpos um no outro são sempre iguais e agem na mesma direção e sentidos contrários.

No livro 2 Newton trata basicamente da mecânica dos fluidos.

No livro 3, cujo subtítulo é sistema do Mundo, ele mostrou como a gravitação universal explicava o movimento dos seis planetas conhecidos até então, assim como da luas, cometas equinócios e marés. A lei afirma que toda matéria é mutuamente atraída com uma força proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias entre elas. Essa lei unificava a Terra com tudo aquilo que podia ser visto no céu. Em suas “Regras para o estudo”, Newton escreve :

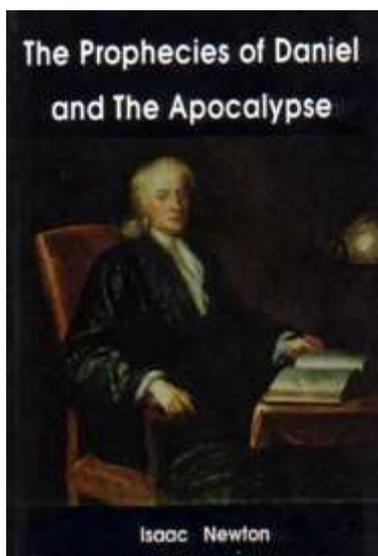
*Não devemos admitir mais causas para fenômenos naturais do que aquelas verdadeiras e suficientes para explicá-los. Portanto aos mesmos fenômenos naturais devemos, na medida do possível, atribuir as mesmas causas.*

Após a morte de Hooke, Newton assumiu a presidência da Royal Society, e também publicou *Opticks*, em 1704. A controvérsia com Hooke, na época em que apresentou sua teoria das cores, fez Newton manter seus experimentos e descobertas ópticas escondidos por quase 30 anos. Esse texto teve um grande impacto na época, pois estava escrito em uma linguagem mais acessível que os *Principia*, alcançando um público ainda maior. Além disso, trazia a descrição minuciosa de experimentos acompanhados por cálculos matemáticos. Já em 1705, foi nomeado *Sir* pela rainha Anne.



Newton produziu poucos trabalhos inéditos depois disso. Trabalhou na reedição de algumas obras, mas seu grande interesse e maior empenho foi dedicado à teologia, especialmente às profecias bíblicas. Para ele, a realização da profecia era a prova histórica da existência de Deus. Embora alguns considerem que seus

inúmeros manuscritos das últimas duas décadas de vida sejam especulações da velhice, poderíamos encará-los como a síntese de seus estudos teológicos. Se ele passou a maior parte de sua vida numa busca obsessiva da verdade, os trabalhos dessa época trariam as conclusões de suas investigações. A obra sobre as profecias de Daniel e o Apocalipse de São João, publicada após sua morte, em 1733, revelaria ao mundo sua versão para o significado verdadeiro das profecias. Sua postura anti-trinitarista, sua revolta com as distorções e corrupções na verdadeira religião, não precisavam mais permanecer ocultas. Newton morreu em 27 de março de 1727.



ANEXO 7:

## **PORQUE HOMEM É HOMEM.... SERÁ?**

### **Luz, onda ou partícula?**

E aqui chegamos ao debate sobre a natureza da luz, que se iniciou no século XVII e só foi resolvido no século XIX\*: A luz é partícula ou onda? [\*No século XX esse debate ressurgiria, com características inteiramente distintas]

Poucas coisas da natureza conseguem ser mais diferentes entre si do que uma partícula e uma onda: Ondas podem se propagar umas através das outras, partículas não. Partículas transferem matéria ao longo de seu percurso, ondas não. Ondas podem atravessar orifícios ou vãos menores do que elas próprias, partículas não. Acima de tudo, partículas não precisam de um meio para se “locomover”: De acordo com a Lei da Inércia, uma partícula em movimento continuará nesse movimento até que uma força atue sobre ela; e, assim, uma partícula não apenas *pode* atravessar o vácuo absoluto, como será ainda mais fácil do que atravessar qualquer outro meio. Uma onda, ao contrário, necessita absolutamente de um meio de propagação: as ondas mecânicas que vemos na superfície de um lago, se propagam no lago, ou as ondas sonoras no ar, que se propagam no ar, ou seja, todas se propagam através de um meio definido.

Assim, se a luz fosse efetivamente um feixe de partículas (como acreditava **Newton**), sua propagação pelo vácuo espacial não representaria nenhum problema. Mas se a luz fosse uma onda( como defendiam **Robert Hooke** e **Christian Huygens**, dentre outros), deveria sempre haver um meio pelo qual a luz se propaga.

***Robert Hooke**, mais conhecido por sua lei sobre elasticidade [Lei de Hooke: para pequenas deformações, a intensidade da força (ou carga) é proporcional à deformação], já conhecia fenômenos que indicavam a natureza ondulatória da luz: um deles, descoberto por ele, foi o de interferência (descoberta também, independentemente, por **Robert Boyle**), o outro foi a difração, descoberto por Grimaldi em 1665. Ele já havia efetivamente sugerido, em sua Micrografia (1665), uma teoria ondulatória para a luz; e, em 1672, havia proposto que a direção de vibração fosse perpendicular à direção de propagação.*

Um dos problemas seria responder a seguinte pergunta: se a luz não era um feixe de partículas, como propunha **Newton**, mas sim uma onda, como propunha **Hooke**, como podia ela atravessar o vácuo entre o Sol e a Terra? E a resposta sugerida era: o éter.

A idéia básica de éter era simples: O vácuo, o espaço entre O Sol e os Planetas, não seria um *vazio absoluto*, mas estaria inteiramente preenchido **por uma substância transparente, sem peso, que não causaria atrito aos corpos que viajassem através dela, indetectável por meios químicos ou físicos, e elástica**. Esta substância seria **o éter: o meio elástico através do qual a luz se propaga**. Para sermos mais precisos, é importante ressaltar que o éter não era admitido apenas no vácuo, mas universalmente, tanto no vácuo como permeando toda a matéria que existe.

Essa é a idéia do (novo) éter que surgiu a partir da segunda metade do século XVII.

Ao lado de **Hooke**, outro defensor da natureza ondulatória da luz foi o cientista holandês **Christiaan Huygens** (1629-1695). Huygens explicou a refração e a reflexão através do princípio atualmente conhecido como Princípio de Huygens: *Na propagação destas ondas, cada partícula do éter não só transmite o seu movimento à partícula seguinte, ao longo da reta que parte do ponto luminoso, mas também a todas as partículas que a rodeiam e que se opõem ao movimento. O resultado é uma onda em torno de cada partícula e que a tem como centro* (Publicado em 1690 em seu *Tratado da Luz*). Assim, a luz se propagaria através do éter como uma série de ondas de choque, e cada ponto da frente de onda atuaria como uma nova fonte, gerando uma nova frente de onda esférica. **Huygens** foi também um dos primeiros a acreditar que a velocidade da luz não fosse infinita.

Nesta altura, já é bastante claro o contraste entre as idéias de **Newton**, por um lado, e **Hooke** e **Huygens**, por outro, com relação à natureza da luz. Essa diferença de concepção leva certas pessoas até hoje a crer erroneamente que **Newton** opunha-se à idéia de *éter*. Para evitar confusões, é necessário esclarecer bem de qual *éter* se está falando.

De fato, **Newton** decretou – através do estabelecimento do vácuo espacial – o fim do antigo conceito de éter, aquele que, nas concepções de **Descartes** e **Boyle**, se opunha ao vácuo. Porém, com relação ao *éter* de **Hooke** e **Huygens**, a posição de **Newton** não é nem um pouco clara.

Como já sabemos, **Newton** não necessitava de um *éter* para explicar a propagação da luz no vácuo, ou *éter luminífero*. Ele tinha, porém, opinião favorável, ou no mínimo ambígua, sobre a existência de outros tipos de *éter*, cuja finalidade não era servir de meio de propagação para a luz, mas justificar outros tipos de aparente ação à distância, como a eletricidade estática, ou a própria gravidade.

A questão da ação à distância foi um assunto importante no século XVII, e sua existência era considerada impossível pela filosofia mecanicista dominante na época, que preferia explicar esse tipo de ação através de diversos tipos de éter.

A ação da gravidade através do espaço vazio, por exemplo, era inteiramente inadmissível para muitos contemporâneos de **Newton**. E, na verdade, a questão incomodava até o próprio Newton. Em uma carta citada por **Faraday**, **Newton** diz: *É inconcebível que a matéria bruta inanimada possa, sem a mediação de algo mais que não é material, agir sobre e afetar outra matéria, sem contato mútuo (...) Que a gravidade seja inata, inerente e essencial à matéria, de modo que um corpo possa atuar sobre outro à distância, sem a mediação de algo mais, por meio do qual e através do qual suas ações e forças possam ser conduzidas de um para outro, é para mim um absurdo tão grande, que eu acredito que nenhum homem dotado de competência para pensar em assuntos filosóficos possa jamais cair nele.*

Apesar de **Newton** nunca ter proposto um “éter gravitacional” (ele preferia admitir como suposição que a gravidade pudesse ser causada por algum tipo de partícula não detectado), ele admitiu um éter para justificar outros fenômenos, como a atração da eletricidade estática (1675), conceito que depois abandonou (por volta de 1679), mas que voltou a adotar em 1717, na segunda edição de *Opticks*.

Ainda, no século XVII, havia uma célebre discussão a respeito da natureza da luz, de um lado Huygens e seu modelo ondulatório, de outro Isaac Newton e seu modelo corpuscular(partícula). O conceito de corpúsculo, ou partícula, é completamente diferente do conceito de onda; uma partícula transporta matéria, uma onda não, uma partícula pode se locomover no vácuo, uma onda necessita de um meio para se propagar (nesse período era o que se pensava), uma onda atravessa

obstáculos menores que seu comprimento, uma partícula não, enfim, para a Física Clássica ou a luz era uma coisa ou outra, conseqüentemente, ou aceitava-se o modelo ondulatório ou aceitava-se o modelo corpuscular, um descartava o outro e foi o que aconteceu por um certo período.

Um dos fatores que fez com que o modelo de Newton prevalecesse sobre o de Huygens, foi a sua fama e reputação como cientista. Na verdade, questionar e contrariar um mito, sempre foi tarefa muito difícil. Por isso aceitar o modelo contrário ao de Newton foi um trabalho bastante árduo enfrentado por alguns cientistas tendo à frente Thomas Young (1773-1829). Motivado pelo estudo da visão, Young questionou várias afirmações da teoria corpuscular de Newton. Young considerou que se a luz fosse ondas, elas poderiam, assim como as ondas do mar, anularem-se umas às outras ou intensificarem-se e foi nesse sentido que trabalhou para explicar o fenômeno da **interferência**, estudado por ele através do experimento da dupla fenda. Além da explicação sobre interferência luminosa, explicou, de forma bem simples, como eram formados os conhecidos "anéis de Newton" supondo que cada cor correspondia a um determinado comprimento de onda próprio. Interessante que Young utilizou dados do próprio Newton em seus trabalhos, como pode ser observado nos originais.

O prêmio para a explicação matemática do fenômeno da difração foi para Augustin Fresnel (1788-1827), defensor da teoria ondulatória da luz. Fresnel, utilizando raciocínios matemáticos, explicou a propagação retilínea da luz, as leis de Descartes (refração) e a difração.

Então chegamos à grande questão: se a luz não era um feixe de partículas, como propunha **Newton**, mas sim uma onda, como propunha **Huygens**, como podia ela atravessar o vácuo entre o Sol e a Terra? E a resposta, era: o **éter**.

## O Éter

O conceito de éter surgiu com a visão mecanicista do mundo, segundo a qual todos os fenômenos que se manifestam são mecanicamente determinados. Se o efeito de um determinado fenômeno é perceptível num local distante do local que lhe deu origem, deve existir um meio que serve de transporte a algo que interliga a causa com o efeito. Um exemplo é o caso da aproximação de dois ímãs sem os tocar. Os ímãs podem se mover sem ter havido contato físico. Como é possível? Uma hipótese é haver algo invisível entre os ímãs, através do qual a força de um ímã se propaga até o outro. Este tipo de situações de ações à distância deu grandes "dores de cabeça" aos físicos quando tentaram explicá-las, pondo em risco a coerência de teorias criadas para explicar fenômenos, como, por exemplo, no caso da luz. Tem sido difícil a resolução destes problemas e soluções que parecem definitivas correm, por vezes, o risco de talvez não o serem.

Tudo isto deriva da dificuldade que temos para interpretar o mundo que nos rodeia. Aceitamos facilmente certas explicações sobre fenômenos que estamos habituados a ver, mas o mundo é demasiado complexo para a nossa mente, como o comprovam as dificuldades dos cientistas em o compreender, defrontando-se com explicações a que chegam pelo raciocínio e pela matemática e que os confundem, pela sua aparente irracionalidade. À medida que melhor vão conhecendo os fenômenos, mais dificuldades vão surgindo, mas parece que o estudo da realidade sempre foi assim. Sempre caminhando de dificuldade em dificuldade.

(Essa também é a aceção que nos oferece o Aurélio, ao dar a etimologia de *éter*: *aithér*, do grego, significaria *região superior dos ares*, e *aether*, do latim, *ar sutil* ou *céu*.)

### **O éter luminífero**

Fresnel (1788-1827) desenvolveu uma teoria ondulatória para explicar os fenômenos luminosos. Para conceber um processo de propagação deste tipo imaginou que as ondas seriam produzidas de uma forma análoga à que uma esfera mergulhada numa geleia, girando alternadamente num e noutro sentido, produziria, transmitindo a vibração às moléculas de geleia circundantes, transversalmente, enquanto este daria origem na geleia a ondas afastando-se da esfera.

**Éter luminífero** é um meio elástico hipotético em que se propagariam as ondas eletromagnéticas (como a luz). Como vimos anteriormente, a ideia de Éter surgiu entre as discussões a respeito da natureza da luz, onde alguns defendiam que esta seria corpuscular, ou seja, dotada de matéria, já outros defendiam que a natureza da luz seria ondulatória. Com isto o éter veio a contribuir com a ideia de que a luz seria uma onda, uma vez que precisaria de um meio material onde se propagar, e este meio foi chamado de **éter**. Suas características seriam tais que não alterariam as rotas dos planetas, sendo somente de interação com a luz, proporcionando meios de esta se locomover pelo espaço interplanetário e interestelar.

### **O éter elétrico**

A observação dos fenômenos elétricos fascinou e intrigou os primeiros experimentadores. O poder de certos corpos friccionados atraírem objetos à distância, sem contato físico, é deveras fantástico, já que normalmente é necessário pegar nos corpos para os movimentar. Daí a necessidade da existência de um **éter** que seria o meio pelo qual essas interações se propagariam.

### **Maxwell (o unificador da eletricidade, magnetismo e luz) e o éter**

Partindo dessas teorias das *Linhas de força* elétricas e magnéticas, **James Clark Maxwell** (1831-1879) chegou à compreensão e à descrição matemática do eletromagnetismo. Em 1855 e 1856 ele apresentou publicamente sua formulação matemática das idéias físicas de **Faraday**. **Maxwell** estudou a ação recíproca dos campos elétrico e magnético, e a forma como uma alteração em um campo magnético produz um campo eletromagnético induzido. Através desses estudos ele descobriu que (teoricamente) poderiam haver ondas transversais no meio dielétrico (dielétrico quer dizer isolante, e o meio dielétrico era o éter), e foi assim, teoricamente, que ele previu a existência das ondas eletromagnéticas. Mais tarde ele calculou que a velocidade de propagação de tais ondas deveria ser próxima à velocidade da luz. Por volta de 1862 ele escreveu: *Difícilmente podemos evitar a conclusão de que a luz consiste nas ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos*. Por fim, em 1864 ele concluiu: *luz e magnetismo são resultados de uma mesma substância, (...) a luz é um distúrbio eletromagnético propagado através do campo de acordo com as leis do eletromagnetismo*.

Finalmente, o éter luminífero e éter elétrico haviam se tornado um só. **Maxwell** acreditava que esse éter deveria causar algum pequeno arrasto nos corpos celestes que o atravessam, e propôs experimentos para medir esse arrasto. Chegou a tentar medir o efeito desse arrasto no movimento da Terra, mas não obteve sucesso. **Maxwell** descrevia a permeabilidade do éter à matéria comparando aquele à água e esta à uma rede de pesca: “a água do mar passa através da malha da rede, conforme ela é puxada pelo barco.”

### **O éter após Maxwell**

Enquanto parte dos físicos continuaram a considerar a necessidade da existência do éter, outros preferiram esquecê-lo um pouco ou totalmente, substituindo o conceito de éter pelos de campos de forças elétricas e magnéticas.

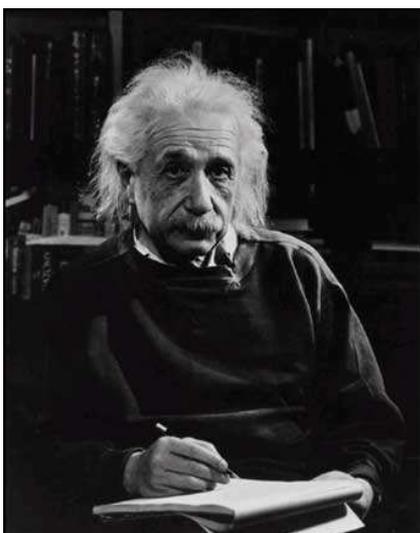
Os primeiros eram de opinião que o éter deveria atravessar a Terra sem a perturbar. Pensaram numa experiência que serviria para demonstrar a existência do éter. Ela consistia em medir a velocidade da luz a partir da Terra. A medida efetuada num ponto da Terra que se aproxima (por efeito da rotação da Terra) da fonte luminosa, devia ser diferente da medida efetuada quando o ponto se afasta da fonte, pois à velocidade da luz havia que adicionar ou subtrair, respetivamente, a velocidade de rotação da Terra. Esta experiência foi efetuada várias vezes por vários cientistas a partir de 1880, mas os resultados esperados não se verificaram. A velocidade da luz é igual nos dois casos considerados. Mais uma vez falhou uma tentativa de verificar a existência do éter.

### **Einstein e o éter**

Em 1905 Einstein apresentou a teoria da relatividade restrita. De acordo com esta teoria, o éter não existe e a velocidade da luz é constante.

Quando, mais tarde, desenvolveu a teoria da relatividade geral, considerou a existência do éter, necessária à consistência da sua noção de curvatura do espaço.

## ANEXO 8:

**O TEMPO NÃO PARA??****Albert Einstein (1879-1955)**

Albert Einstein nasceu em Ulm, no antigo estado alemão de Wüttemberg no dia 14 de março de 1879, e cresceu em Munique. Considerado um dos grandes nomes da Ciência do século XX, desempenhou papel como homem público. Além da teoria da relatividade, Einstein publicou trabalhos importantes sobre o fóton e o movimento browniano.

Antes de ser reconhecido como um dos maiores nomes da ciência, quando estava na escola primária, Einstein chegou a ser desacreditado quanto ao seu futuro profissional. Certa vez o diretor da escola onde estudava, ao ser perguntado sobre qual seria a melhor profissão para Albert disse a seu pai: “Ele nunca terá sucesso em nada”.

Na verdade Einstein não foi bem na escola. Ele não gostava da disciplina rigorosa e sofria por ser uma das poucas crianças judias que estudava em uma escola católica.

Uma das primeiras paixões desenvolvidas por Einstein foi pela ciência. Por volta dos seis anos de idade, ele começou a estudar violino, porém não era algo que

fazia com muita facilidade, mas depois de muitos anos, quando entendeu a estrutura matemática da música, o violino tornou-se uma paixão para o resto da vida.

Aos dez anos de idade Einstein foi matriculado no Luitpold Gymnasium, lugar onde, segundo alguns estudiosos, desenvolvera um sentido crítico em relação à autoridade, sentimento que seria importante para que mais tarde pudesse desenvolver suas teorias, das quais, uma delas apresentaremos a seguir – a teoria da Relatividade Restrita.

Em 1895 Einstein prestou exame para ingressar na Escola Politécnica Federal de Zurique para o curso de engenharia elétrica porém não foi aprovado na parte de ciências humanas. Albert tentou outra vez e foi admitido na Politécnica onde se formou em 1900. Nesse período ele conheceu Mileva Maric, se apaixonou por ela e em 1901 ela deu a luz à uma filha.

Em 1903, Einstein se casou com Mileva e dois anos mais tarde o casal teve um filho, Hans Albert. Provavelmente esse período foi o mais feliz da vida de Einstein. Anos depois, vizinhos contavam que sempre via o jovem pai, perdido em pensamentos empurrando o carro do bebê pelas ruas da cidade de Berna, na Suíça. Ele levava consigo um bloco de anotações que guardava dentro do carrinho. É provável que nesse bloco contivesse algumas equações e fórmulas que levaram a teoria da relatividade e o desenvolvimento da bomba atômica.

Nessa época Einstein trabalhava num escritório de patentes e com seu “tímido” salário se sustentava enquanto trabalhava em sua tese de doutorado em física pela Universidade de Zurique. Durante seu período inicial de trabalho no escritório, Einstein passava a maior parte de seu tempo livre estudando física teórica.

Em 1905, ano do nascimento de Hans, foi considerado o ano milagroso para Einstein, pois mesmo trabalhando em horário integral, aliado a suas tarefas de pai, Albert conseguiu ainda publicar quatro artigos científicos.

Na primavera daquele ano, Einstein submeteu três artigos para publicação no periódico alemão Anais da Física (Annalen der Physik). Os três artigos forma

publicados simultaneamente no volume 17 da revista. O primeiro foi a respeito do quantum da luz, no qual ele explicou o efeito fotoelétrico e que o fez receber o prêmio Nobel de Física em 1921. Em seu segundo artigo, “Sobre uma nova determinação das dimensões moleculares”, e o terceiro, “Sobre o movimento de pequenas partículas suspensas em líquidos estacionários”, ele explicou o movimento browniano.

No último de seus artigos de 1905, intitulado “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”, Einstein introduziu o que viria a ser conhecido como a teoria da relatividade especial.

Anos mais tarde Einstein se radicou nos Estados Unidos, onde lutava publicamente em causas como o Sionismo e o desarmamento nuclear. Mas manteve sua paixão pela física até a sua morte em 1955.

A questão da relatividade do movimento é uma discussão antiga na história da Física. O próprio Galileu, interessado em provar que a Terra girava em torno do Sol e não o Sol em torno da Terra., retomou essa questão. Um dos argumentos utilizados pelos opositores dessa idéia era o fato de uma esfera abandonada do alto de uma torre caia exatamente no pé da torre, o que segundo alguns não ocorreria se a Terra estivesse em movimento. Segundo eles, se a Terra se movesse a esfera deveria cair um pouco atrás da torre (levando em consideração o sentido do movimento da Terra). Porém Galileu não concordava com isso. Segundo ele, esteja a Terra em movimento ou em repouso, o resultado do experimento deve ser o mesmo. Assim, é impossível saber se a Terra está parada ou em movimento, estando na Terra.

Vamos começar a análise da produção de Einstein fazendo a seguinte pergunta:

**Você saberia diferenciar o que chamamos de absoluto do que chamamos de relativo?**

Vamos propor a seguinte atividade:

**Tente montar uma tabela contendo duas colunas. Na primeira relacione “coisas” que você ache que sejam absolutas e na outra, “coisas” que você ache que**

sejam relativas. Feito isso, num grupo de 3 ou 4 colegas, compartilhe sua tabela, e após argumentar sobre as “coisas” relacionadas em sua lista e ouvir a justificativa dos demais do grupo, em conjunto com seus companheiros, monte uma nova tabela.

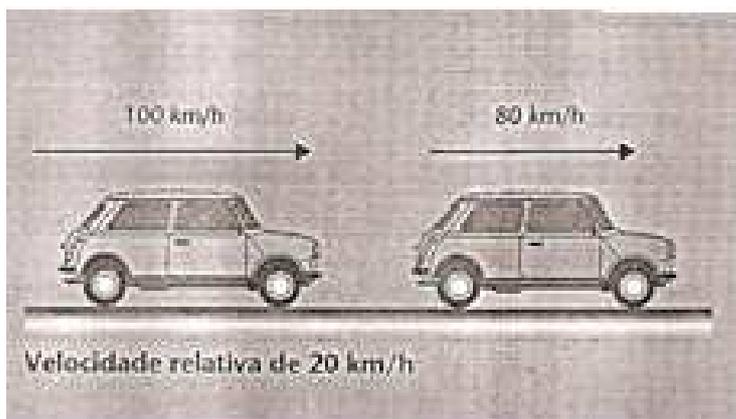
A partir da nova tabela, tente definir com suas palavras uma grandeza absoluta e uma grandeza relativa. Compare sua definição com a definição proposta no Apêndice do texto.

Vamos propor um exemplo de grandeza relativa num problema de medida de velocidades feitas por diferentes referenciais.

Quando dizemos que você viaja num carro com velocidade de 100km/h, fica subentendido que seu carro se move a 100km/h em relação ao asfalto.



Se a sua frente há outro carro que se viaja com velocidade de 80km/h, também medida em relação ao asfalto, você estará se aproximando dele com uma velocidade de 20km/h, ou seja a velocidade medida a partir do referencial que é o outro carro em que se encontra um observador  $O_1$ , a velocidade do seu carro vale 20km/h, ou seja  $100 - 80 = 20\text{km/h}$ .



Já para um outro observador  $O_2$ , que viaja junto com você, dentro do seu carro, vê o carro da frente andando para trás, como se estivesse em marcha ré, vindo ao seu encontro, a uma velocidade de 20km/h.



Podemos também escolher um observador  $O_3$  parado a beira da estrada que afirmará que o carro em que você se encontra e o carro da frente se movem com velocidades de 100km/h e 80km/h, respectivamente, no mesmo sentido.



Percebemos que para observadores diferentes, temos afirmações diferentes a respeito da medida da velocidade do mesmo carro. Por exemplo: a respeito do movimento do seu carro, para  $O_1$  sua velocidade seria de 20km/h, segundo  $O_2$  sua velocidade seria nula, pois se move junto com o carro, já para o observador  $O_3$  a velocidade do mesmo carro seria medida como 100km/h. Na verdade, quem está certo? Qual é a realidade? Quem está andando pro frente? Existe algum carro que está andando para trás? Qual o valor correto da velocidade do carro em questão?

As respostas das perguntas acima podem ajudar a percebermos que não existe uma única verdadeira, ou seja, a velocidade parece não ser uma grandeza absoluta, mas sim relativa. Apesar de existir uma única realidade, cada observador a percebe de uma forma diferente, no seu próprio referencial.

Baseados nesse simples exemplo, mas significativo, podemos concluir que para física clássica:

- ❖ **O Movimento é um conceito relativo, pois depende do referencial adotado (de onde se observa).**
- ❖ **As medidas de velocidades são sempre relativas, pois dependem do referencial adotado (de onde se mede).**

### **O Movimento Ondulatório e a relatividade do movimento**

Como discutimos em textos anteriores, no final do século XIX os movimentos ondulatórios já eram bastante conhecidos.

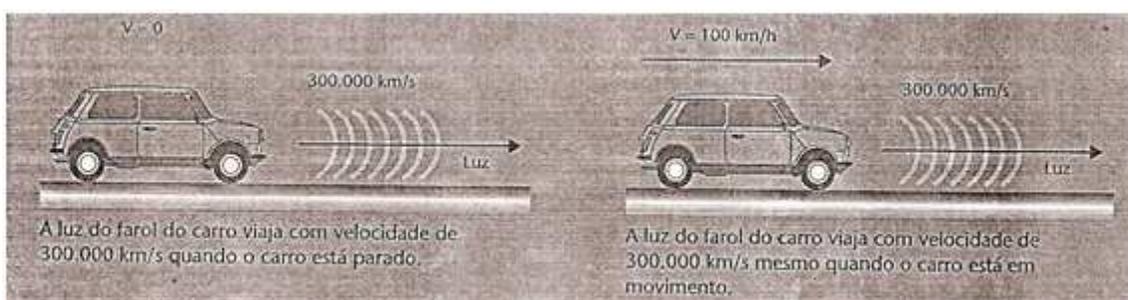
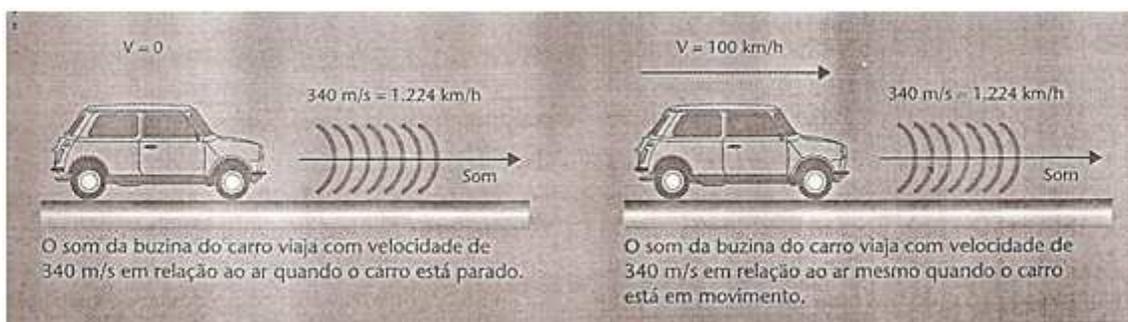
O som e as ondas mecânicas já eram bastante familiares para os cientistas da época, assim como as ondas eletromagnéticas, propostas teoricamente pelo físico escocês James Clerk Maxwell(1831-1879), e já obtidas experimentalmente pelo físico alemão Heinrich Hertz(1857-1894). A luz era interpretada como uma onda eletromagnética.

Permanecia a crença de que uma onda, mecânica ou eletromagnética, precisaria de um meio para se propagar. Na verdade o termo onda surge do fato de se acreditar que uma onda provoca ondulações no meio.

Como se sabia que o som como qualquer onda mecânica se propagava através de um meio material sólido, líquido ou gasoso, acreditava-se que deveria haver um meio pelo qual a luz pudesse se propagar, como já discutimos em outros textos, esse meio seria o éter. Esse meio deveria ser, ao mesmo tempo, rarefeito, pois ainda não se havia detectado, também deveria ter uma enorme rigidez, para justificar velocidade tão alta (cerca de  $300.000 \text{ km/s}$ ).

Para entendermos o problema que será apresentado a seguir, vamos reforçar algumas propriedades ondulatórias:

- III. Toda onda (mecânica ou eletromagnética) transporta energia e não matéria. Podemos dizer que a energia propaga-se sem arrastar o meio.
- IV. A velocidade de uma onda (mecânica ou eletromagnética) não depende da fonte emissora, mas sim das características do meio.



A partir dessas propriedades vamos pensar na composição de velocidades para as ondas.

Tomemos o exemplo anterior dos dois carros  $C_1$  e  $C_2$ , que viajam com velocidades de 100km/h e 80km/h, respectivamente, e analisemos a velocidade do som da buzina desses carros, medida por cada observador em questão.

Consideremos a velocidade do som no ar igual a 340m/s ou 1224km/h. Se o carro da frente buzinar, o som da buzina vai de encontro ao carro de trás com uma velocidade relativa igual a  $100 + 1224 = 1324$  km/h. No entanto se o carro da frente buzinar, o som avança e encontra o carro da frente com uma velocidade relativa igual a  $1224 - 80 = 1144$ km/h.



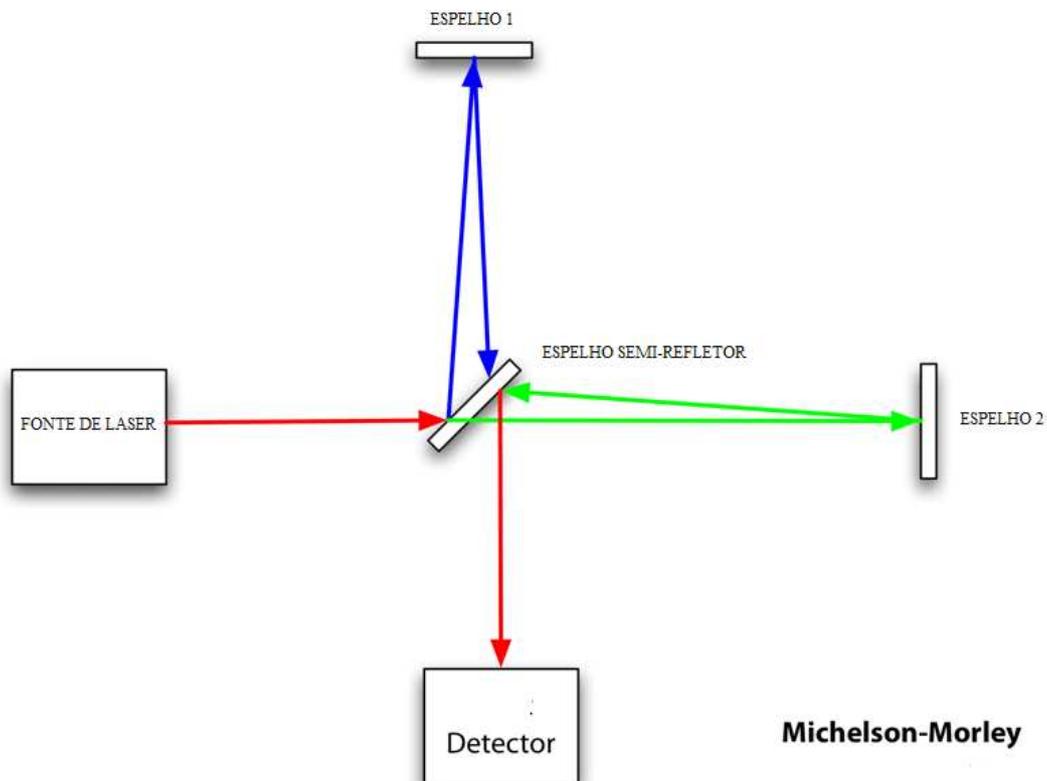
Note que a velocidade relativa dos carros (que é de 20km/h) não aparece nas contas. Como a velocidade do som é em relação ao ar (ou ao solo) e um observador dentro do carro também se move em relação ao ar, devemos considerar o movimento relativo som-observador. Por isso, para esses casos, somamos ou subtraímos as velocidades do som e do observador medidas em relação ao solo, tomando como referencial.

Se ao invés de pensarmos num carro buzinando, propusermos os carros ligando os faróis? Será que ocorre o mesmo que apontamos nos casos acima? Será que a onda luminosa também obedece à regra de composição de velocidades?

Ao responder essas perguntas, estamos próximos de responder a respeito da medida da velocidade da luz. Afinal, a velocidade da luz é de 300.000km/s em relação a que? Ao éter? Na verdade podemos nos inquirir: o éter existe?

- Se o éter existe e o observador se move em relação a ele, assim como pode se mover em relação ao ar, então podemos compor as velocidades da luz e do observador assim como fizemos no caso do som.
- Se o éter não existe, a velocidade da luz é absoluta e, portanto, sua medida não dependerá do observador.

Uma experiência elaborada inicialmente, em 1881, pelo físico americano (mas de origem polonesa) Albert Abraham Michelson (1852-1931) e mais tarde juntamente com outro físico americano Edward Williams Morley (1838-1923), em que o experimento foi melhorado ficando 10 vezes mais sensível que sua versão original, na tentativa de detectar o que podemos chamar de “vento” de éter.



### **O que seria o “vento” de éter?**

Imaginemos a Terra girando em torno do Sol mergulhada num “mar” de éter. Não seria aceitável pensarmos numa “correnteza” ou “vento” de éter devido ao movimento da Terra em relação a ele? Se conseguíssemos medir esse “vento”, a existência do éter estaria comprovada. Porém a experiência de Michelson e Morley não permitiu medir essa velocidade, o que levaria a crença da existência do éter cair por terra. Porém havia uma convicção muito forte por parte dos cientistas que os resultados da experiência citada acima, não derrubou a idéia da existência do éter. Alguns cientistas como o físico e matemático holandês Hendrik Antoon Lorentz(1853-1928), por exemplo, continuaram sua pesquisa acreditando na existência do éter.

Outros porém, como Einstein, passaram a buscar outras interpretações para o fato. De acordo com ele, não havia necessidade da existência do éter, logo, segundo Einstein:

- ❖ ***A velocidade da luz e das ondas eletromagnéticas, diferentemente das ondas mecânicas, é absoluta, independente do observador.***

A afirmação acima é um dos postulados da teoria da relatividade restrita de Einstein. O outro postulado pode ser enunciado como:

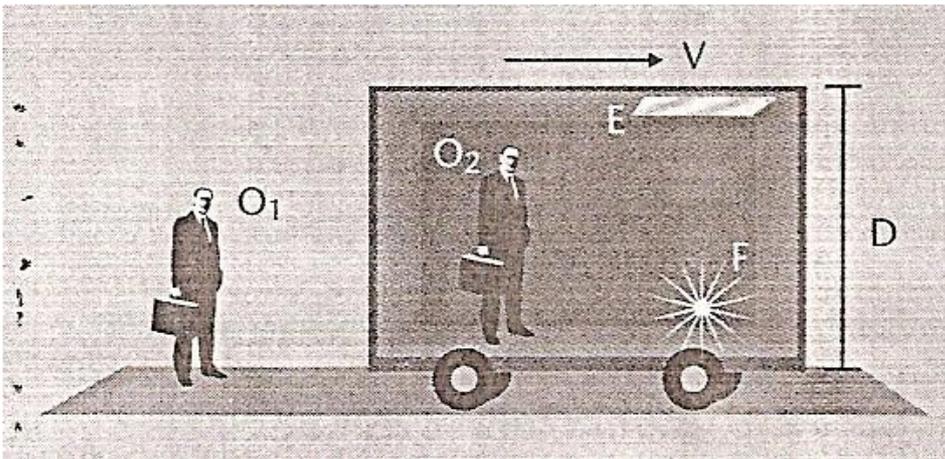
- ❖ ***O movimento absoluto uniforme não pode ser detectado.***

Vejamos então algumas conseqüências dos postulados enunciados acima:

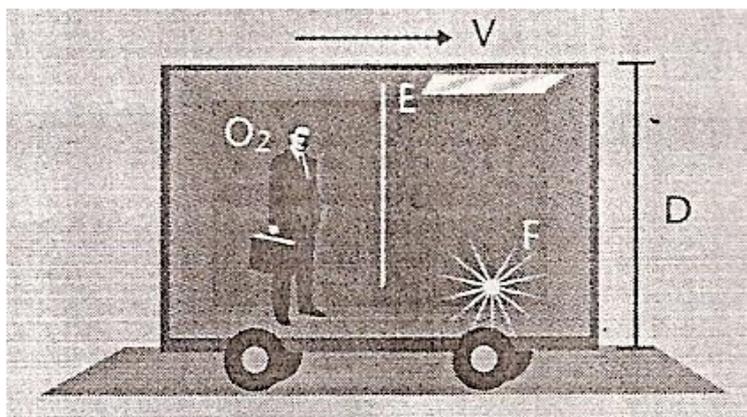
- **O Tempo é realmente relativo? O que isso significa?**

Vamos tentar entender a idéia de o tempo poder ser alongado (dilatação temporal).

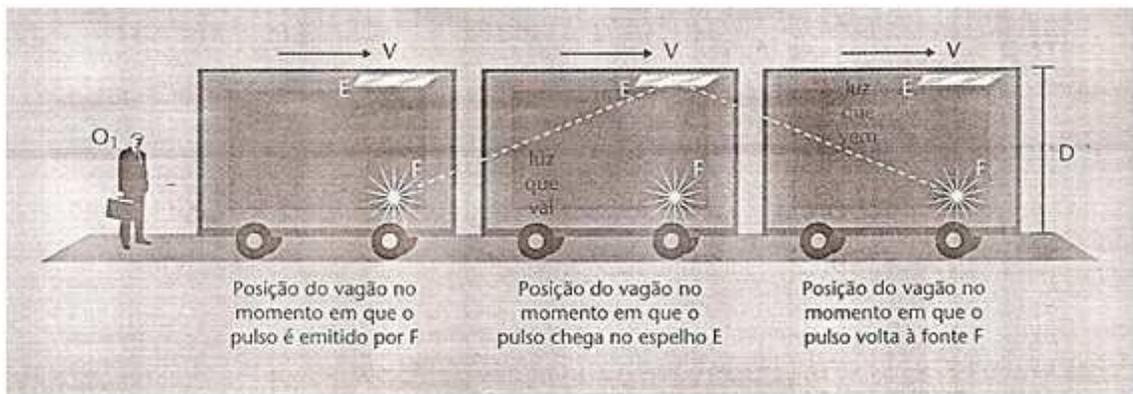
Imaginemos que estejamos dentro de um vagão que viaja com uma velocidade  $v$ . O teto desse vagão é espelhado. A partir de um dado instante disparamos um flash luminoso verticalmente para cima. Podemos pensar numa forma de medir esse tempo através da fórmula:  $\frac{\text{Espaço}(e)}{\text{Tempo}(t)} = c$ . Esse tempo pode ser medido por dois observadores diferentes. Um que se encontra parado em relação ao solo ( $O_1$ ) e o outro dentro do trem ( $O_2$ ). Ambos efetuarão medidas de tempo.



Para o observador 1, o espaço percorrido pelo flash do solo ao teto pode ser expresso por:  $D = c \cdot \Delta t_1$ .

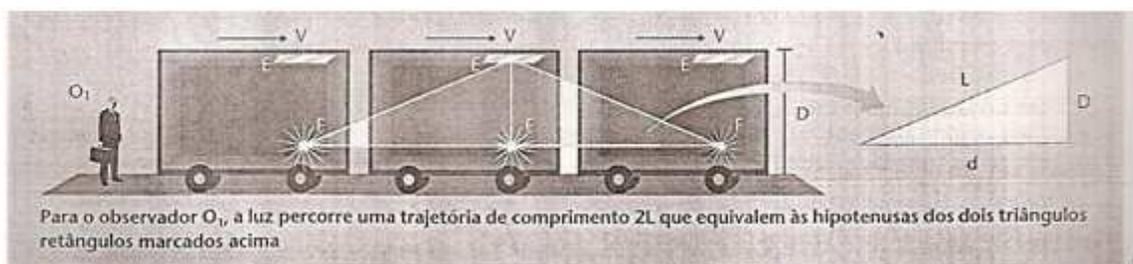


Já para o observador 2 o espaço correspondente pode ser expresso por:  $L = c \cdot \Delta t_2$ , pois o que o observador 2 mede, é a composição dos movimentos do flash (vertical) e do vagão (horizontal).



Como de acordo com um dos postulados da teoria da relatividade restrita a velocidade da luz apresenta sempre a mesma rapidez, independentemente de onde se efetue a medida, podemos pensar: se na segunda situação ao espaço é maior, o tempo  $t'$  também deve ser maior. Logo houve uma elongação do tempo.

Vamos definir a relação entre os tempos  $\Delta t_1$  e  $\Delta t_2$  medidos pelos diferentes observadores, utilizando conhecimentos básicos de álgebra e geometria.



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

$$(c\Delta t_1)^2 = (v\Delta t_1)^2 + (c\Delta t_2)^2 \rightarrow (c\Delta t_1)^2 - (v\Delta t_1)^2 = (c\Delta t_2)^2 \rightarrow$$

$$\Delta t_1^2 (c^2 - v^2) = c^2 \Delta t_2^2$$

$$\Delta t_1^2 = \frac{c^2 \Delta t_2^2}{c^2 - v^2} \rightarrow \Delta t_1^2 = \frac{\Delta t_2^2}{1 - v^2/c^2} \rightarrow \Delta t_1 = \frac{\Delta t_2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Chamando  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ , temos:  $\Delta t_1 = \gamma \Delta t_2$

Vejamos alguns exemplos da aplicação da equação acima:

Suponha que estejamos viajando numa nave que se desloca com uma velocidade igual a metade da velocidade da luz ( 0,5c ), qual é a relação entre os tempos medidos por um tripulante da nave e por um observador em repouso em relação ao solo?

Pensemos agora em uma situação onde a velocidade da nave seja igual a 99,5% do valor da velocidade da luz( 0,995c). Verifique a relação os tempos medidos por um tripulante da nave e por um observador em repouso em relação ao solo?

*A partir dessas análises você acha que é possível viajar no tempo? O que isso significa?*

- **O que ocorre com o comprimento, visto pelos observadores O<sub>1</sub> e O<sub>2</sub> do exemplo acima?**

Para entender o que acontece ao comprimento, vamos retomar o exemplo do trem. Imagine uma barra de comprimento L<sub>1</sub> medida pelo observador O<sub>1</sub> em repouso

em relação ao solo. Como a barra se encontra em repouso em relação ao chão, podemos afirmar que a barra está em repouso em relação à  $O_1$ .

Imagine que o vagão passa pela barra com uma velocidade  $v$  num intervalo de tempo  $\Delta t_1 = t_{1f} - t_{1i}$ . Então podemos escrever  $L_1 = v \cdot \Delta t_1$ , de acordo com a figura abaixo.



O observador  $O_2$ , dentro do vagão, terá a sensação de que é a barra que se move no sentido contrário com velocidade relativa  $v$ . Então, para  $O_2$ , a barra vai demorar um intervalo de tempo  $\Delta t_2$ , para passar por ele com uma velocidade  $v$ .

O comprimento  $L_2$  da barra medido por  $O_2$  é dado por:

$$L_2 = v \cdot \Delta t_2, \text{ porém como já sabemos podemos escrever } L_2 = v \cdot \frac{\Delta t_1}{\gamma}$$

Como podemos reparar  $v \cdot \Delta t_1$  é o comprimento  $L_1$  da barra medido pelo observador

$O_1$ . Então:  $L_2 = \frac{L_1}{\gamma}$ . Como  $\gamma \geq 1$ ,  $L_1 \leq L_2$ . Esse é o fenômeno chamado de

### **Contração do comprimento.**

*Algumas frases de Einstein:*

- ✓ *A ciência sem a religião é coxa, a religião sem a ciência é cega.*
- ✓ *Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso.*

- ✓ *A luta pela verdade deve ter precedência sobre todas as outras.*
- ✓ *Aquele que já não consegue sentir espanto nem surpresa está, por assim dizer, morto; os seus olhos estão apagados.*
- ✓ *Aquele que já não consegue sentir espanto nem surpresa está, por assim dizer, morto; os seus olhos estão apagados.*
- ✓ *Tornou-se chocantemente óbvio que a nossa tecnologia excedeu a nossa humanidade.*
- ✓ *A fama é para os homens como os cabelos - cresce depois da morte, quando já lhe é de pouca serventia.*
- ✓ *O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer.*
- ✓ *Nada beneficiará mais a saúde da humanidade e aumentará as chances de sobrevivência da vida na Terra quanto a dieta vegetariana.*
- ✓ *Se as pessoas são boas só por temerem o castigo e almejam uma recompensa, então realmente somos um grupo muito desprezível.*
- ✓ *A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.*
- ✓ *A tradição é a personalidade dos imbecis.*
- ✓ *A liberação da energia atômica mudou tudo, menos nossa maneira de pensar.*
- ✓ *Eu quero saber como Deus criou este mundo. Não estou interessado neste ou naquele fenômeno, no espectro deste ou daquele elemento. Eu quero conhecer os pensamentos Dele, o resto são detalhes.*
- ✓ *Não sei como será a terceira guerra mundial, mas sei como será a quarta: com pedras e paus.*
- ✓ *Para me punir por meu desprezo pela autoridade, o destino fez de mim mesmo uma autoridade.*
- ✓ *Se a minha Teoria da Relatividade tiver êxito, a Alemanha dirá que sou alemão e a França que sou cidadão do mundo. Se a minha teoria, porém, falhar, dirá a França que sou alemão, e a Alemanha que sou judeu.*
- ✓ *O estudo, a busca da verdade e da beleza são domínios em que nos é consentido sermos crianças por toda a vida.*
- ✓ *A política serve a um momento no presente, mas uma equação é eterna.*
- ✓ *O casamento á a tentativa mal sucedida de extrair algo duradouro de um acidente.*
- ✓ *Não sei por que todos me adoram se ninguém entende minhas idéias.*
- ✓ *Existem apenas duas maneiras de ver a vida. Uma é pensar que não existem milagres e a outra é que tudo é um milagre.*
- ✓ *Os ideais que iluminaram meu caminho e sempre me deram coragem para enfrentar a vida com alegria foram a Verdade, a Bondade e a Beleza*

- ✓ *Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário.*
- ✓ *A Matemática não mente. Mente quem faz mau uso dela.*
- ✓ *A teoria é assassinada mais cedo ou mais tarde pela experiência.*
- ✓ *O problema de morar sozinho é que sempre é a nossa vez de lavar a louça.*

### **APÊNDICE:**

- Grandeza absoluta: uma grandeza física é absoluta quando sua medida independe do observador( ou do referencial adotado).
- Grandeza relativa: uma grandeza é relativa quando observadores diferentes, em referenciais distintos, efetuarem medidas não coincidentes da referida grandeza.

## ANEXO 9 :

## Questionário (9º ano –EF)

1. Você saberia dizer o que a Física se propõe estudar?
- Sim, perfeitamente       Sim, mas não perfeitamente       Não
2. Você se interessa pelo estudo de Ciências?
- Sim, completamente       Sim, mas não completamente       Não
3. Ao estudar Ciências, percebeu alguma relação com a história da humanidade?
- Sim, completamente       Sim, mas não completamente       Não
4. Saberá relacionar os conceitos discutidos às suas respectivas “épocas” ?
- Sim, perfeitamente       Sim, mas não perfeitamente       Não
5. Você já ouviu falar em viagem no tempo?
- Sim e compreendo       Sim, mas não compreendo       Não
6. Vocês já ouviu falar em buracos negros?
- Sim e compreendo       Sim, mas não compreendo       Não
7. Você consegue perceber o estudo de Ciências como um elemento importante no desenvolvimento do seu pensamento?
- Sim, completamente       Sim, mas não completamente       Não

## ANEXO 10:

## Questionário 2009 - 1º ano do ensino médio

Você foi aluno desse colégio no ano passado?

Sim  Não

1. Você saberia dizer o que a Física se propõe estudar?  
 Sim, perfeitamente       Sim,mas não perfeitamente       Não
2. Você acha que o estudo da Física é dispensável?  
 Sim, completamente       Sim,mas não completamente       Não
3. Você se interessa pelo estudo de Física?  
 Sim, completamente       Sim,mas não completamente       Não
4. Você faz alguma relação de utilidade no estudo da Física ?  
 Sim, perfeitamente       Sim,mas não perfeitamente       Não
5. Ao estudar Física, percebeu alguma relação com a história da humanidade?  
 Sim, completamente       Sim,mas não completamente       Não
6. Saberria relacionar os conceitos discutidos às suas "épocas" ?  
 Sim, perfeitamente       Sim,mas não perfeitamente       Não
7. Você consegue perceber o estudo da Física como um elemento importante no desenvolvimento do seu pensamento?  
 Sim, completamente       Sim,mas não completamente       Não
8. Que tópico da física você acha mais interessante?  
 TEMOMETRIA
9. O que mais chamou sua atenção no estudo da física?  
 As fórmulas.
10. Há outros temas de física que despertam seu interesse? Quais?  
 NÃO

### Questionário 2009 - 1º ano do ensino médio

Você foi aluno desse colégio no ano passado?

Sim    ( ) Não

1. Você saberia dizer o que a Física se propõe estudar?

( ) Sim, perfeitamente     Sim,mas não perfeitamente    ( ) Não

2. Você acha que o estudo da Física é dispensável?

( ) Sim, completamente    ( ) Sim,mas não completamente     Não

3. Você se interessa pelo estudo de Física?

Sim, completamente    ( ) Sim,mas não completamente    ( ) Não

4. Você faz alguma relação de utilidade no estudo da Física ?

Sim, perfeitamente    ( ) Sim,mas não perfeitamente    ( ) Não

5. Ao estudar Física, percebeu alguma relação com a história da humanidade?

Sim, completamente    ( ) Sim,mas não completamente    ( ) Não

6. Saberria relacionar os conceitos discutidos às suas "épocas" ?

( ) Sim, perfeitamente     Sim,mas não perfeitamente    ( ) Não

7. Você consegue perceber o estudo da Física como um elemento importante no desenvolvimento do seu pensamento?

( ) Sim, completamente     Sim,mas não completamente    ( ) Não

8. Que tópico da física você acha mais interessante?

As ondas eletromagnéticas.

9. O que mais chamou sua atenção no estudo da física?

A ideia de que o tempo é relativo, uma coisa que eu nunca tinha pensado anteriormente, ou muito menos imaginado.

10. Há outros temas de física que despertam seu interesse? Quais?

Sim. Como por exemplo as teorias de Física

## ANEXO 11:

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) "O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais." O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

As aulas contribuíram bastante para o entendimento dos fatos, pois nas aulas que tivemos no 9º ano pudemos discutir e tirar dúvidas, e não apenas fazermos cálculos. Além de que, a língua que usamos nos proporcionou um bom entendimento da matéria.

- 2) "Pode-se comparar dois "tipos" de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas)." Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

Este segundo tipo de ensino, pois no 9º ano houve a discussão dos temas, e não apenas discussões, tivemos que pensar, e transmitir o que entendemos para a resposta.

\* 3) Teorias, que com o passar do tempo iam se tornando ultrapassadas.

- 3) "Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente." Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de física do 9º ano que demonstra que uma "velha" idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

- O conceito de conhecimento dos átomos, onde ~~o~~ ~~conceito~~ cristóteles desenvolveu uma teoria, e com estudos e pesquisa, que passou do tempo, outros cientistas foram modificando essa teoria, a partir dos descobertos fatos, assim o conhecimento de cristóteles foi se tornando ultrapassado e foi abrindo espaço para novas teorias.

- A discussão feita sobre se a luz era uma partícula ou uma onda, onde cientistas montaram sua teoria, e com o avanço dos estudos e da tecnologia, outras pessoas deram outros \*

- 4) O que o princípio da relatividade restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

Não é possível perceber os efeitos da relatividade. Uma das discussões é se o tempo é relativo ou absoluto. Uma pessoa que 1 hora é 1 hora para todo mundo, foi outro dizem que quando irmãos gêmeos um deles ~~foi~~ foi viajar, volta mais velho que o irmão que não foi viajar.

- 5) A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

Trabalhar física através de textos é bastante interessante, pois agente tem a possibilidade, que sempre que surgir dúvidas temos um material para estudar. Mas o mais importante nas aulas vem as discussões, que nos fazem pensar e refletir sobre os materiais.

Nome do aluno: Colline Siqueira Costa

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) **“O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais.”** O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

Com as aulas do ano passado pude ver que as coisas simples não são tão simples assim, que as coisas são investigadas e não apenas de ser calculadas.

---



---



---



---



---

- 2) **“Pode-se comparar dois “tipos” de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas).”** Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

A segunda, o debate nos dá a ideia para ser proposta e dela nós desenvolvemos as nossas respostas e ideias.

---



---



---



---



---

- 3) **"Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Dai que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente."** Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de física do 9º ano que demonstra que uma "velha" idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

Os modelos dos átomos que foram criados e passaram de um  
para a imagina do sistema. É a luz que é partícula e  
onda.

- 4) O que o princípio da relatividade restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

Que o tempo é relativo. Se uma pessoa usar um  
a velocidade da luz, os termos que ela conta são dife-  
rentes do que usamos que está abaixo da velocidade  
da luz.

- 5) A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

Muito, porque acompanhamos as histórias das de  
início, quando foi inventada.

Nome do aluno: Wagner Simão Riehl

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) "O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais." O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

Sim, o ensino de Física no 9º ano, apesar de poucas aulas devido aos poucos tempos, contribuiu para a formação do pensamento a respeito desta matéria. A Física no 9º ano certamente me preparou para a Física aprofundada no 4º ano do ensino médio. Esse tal objetivo foi alcançado sim.

- 2) "Pode-se comparar dois "tipos" de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas)." Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

O 2º, pois nas aulas de Física do 9º ano nós obtivemos uma ótima dinâmica de sala de aula, o que contribuiu para o nosso aprendizado.

- 3) "Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente." Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de física do 9º ano que demonstra que uma "velha" idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

~~A FÍSICA É UMA TEORIA DE REALIDADE, NA QUAL~~  
~~OPERAM DE UM MODO DINÂMICO E SEU ERA UMA TEORIA.~~  
 A Luz, a Teoria se a luz era partícula ou onda obtinha os defensores de um lado (partícula) e do outro (onda) gerando adversidade de pensamento. Outro efeito que supera o velho é a Teoria Atômica. O estudo da luz acarretou na descoberta de muitas coisas pois os membros que defendiam o seu lado se dedicavam a provar a sua Teoria, acarretando no avanço científico.

- 4) O que o princípio da relatividade restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

Ela somente aborda e estuda aquilo que vivemos, o conceito de Tempo cronológico e muitos outros relacionados ao ser-humano e Tempo de um modo geral. Essa Teoria é evidente em nosso dia-a-dia quando estamos em um veículo emissor de velocidade e outra pessoa do lado de fora do mesmo, completamente imóvel. O Tempo de envelhecimento das duas será o mesmo. Tornando comente a equação da Teoria de Relatividade.

- 5) A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

Bem mais interessante, com os textos históricos nós buscamos na história, isso gera pensamento e conhecimento. Na minha opinião, um ambiente monótono não produz tanto como num ambiente dinâmico.

Nome do aluno: Felipe Cordeiro De Souza.

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) **"O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais."** O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

Com as aulas do 9º ano pude perceber que a física é mais do que fórmulas e cálculos matemáticos. Pode parecer que coisas simples do dia-a-dia são muito mais complexas do que pensamos.

- 2) **"Pode-se comparar dois "tipos" de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas)."** Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

Favoreceu o segundo mesmo. O professor resolve nos horários e assuntos e nos deixa pensar e discutir, e nos deixa desenvolver nossas próprias respostas.

- 3) "Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente." Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de física do 9º ano que demonstra que uma "velha" idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

Sim, o modelo dos átomos desmoldados dentro eles por Dalton, Thomson, Rutherford, e outros, e também as partículas de luz, se elas eram partículas mesmo ou não.

- 4) O que o princípio da relatividade restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

Ele diz que o tempo é relativo dependendo a nossa ideia de que <sup>tempo</sup> o tempo é absoluto. Não, pois o tempo é igual para todos, não o que está viajando a duas horas de avião ou a que está parado há duas horas.

- 5) A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

É mais interessante, pois em vez de aplicarmos fórmulas para tudo, nós conseguimos entender o porque das coisas acontecem.

Nome do aluno: Maíra Christina Rangel Costa

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) "O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais." O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

As aulas de física do 9º ano fizeram uma abordagem histórica mostrando as diferenças no modo de pensar. Fizeram bastante debates em sala para que o aluno fosse obrigado a pensar e expor suas opiniões. Junto com os debates, também exemplificamos do nosso dia-a-dia para uma melhor compreensão. Isso ajudou muito a fazer com que não alunos perdessem para explicar sobre fatos que acontecem no nosso redor. É claro que uma compreensão científica e detalhada não é muito usada pelo aluno, mas no ensino de física pode ser aproveitada.

- 2) "Pode-se comparar dois "tipos" de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas)." Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

O segundo porque está obrigando o aluno a pensar e compartilhar suas ideias; em vez de apenas responder pronto para serem desafiados. Além disso, o 2º método faz com que o aluno se interesse e participe mais das aulas. Sem isso, o aluno dificilmente se interessa de que aprendeu.

- 3) "Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente." Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de física do 9º ano que demonstra que uma "velha" idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

Discutimos bastante sobre as partículas e cientistas sobre a conclusão da primeira mente do que é um átomo. Começamos por Aristóteles dizendo que o átomo é algo indivisível e terminamos com Rutherford e Bohr, já sabendo de prótons, nêutrons e elétrons.

Discutimos bastante também a luz era uma partícula ou ~~onda~~ <sup>onda</sup> fato científico e podemos defender suas ideias e não alguns tinham que decidir se que não sabíamos assim mesmo. No final, a luz podia ser tanto um quanto outra.

- 4) O que o princípio da relatividade restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

Esse princípio ~~abre~~ <sup>abre</sup> uma discussão para a questão do tempo: A velocidade da luz é absoluta ou relativa? O tempo é absoluto ou relativo? Se a velocidade da luz é absoluta, o tempo nunca seria igual à velocidade da luz. Foi dada a mão um exemplo sobre irmãs gêmeas. Um ficaria na Terra e outra iria em viagem, ~~com velocidade~~ <sup>acredito que na</sup> velocidade da luz. Depois de um tempo, essas irmãs se encontrariam. Um estaria mais velha que outra. É claro que não é possível perceber no dia a dia essa diferença de tempo. Mas já há provas de que essa diferença existe. Há uma equação que no final diz que um tempo é igual ao outro. Mas como isso é possível, se as irmãs ficaram com idades diferentes? Daí a discussão.

- 5) A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

É mais interessante para o aluno porque mais e reflete melhor sobre o assunto. Eu, particularmente, gosto muito de história e esse texto pode ter contribuído para que eu me interessasse mais. Em geral, tenho preferência uma abordagem histórica à perguntas e respostas prontas e dadas pelo professor para serem decoradas ou cálculos e números para serem ditos. É mais interessante sobre o processo do cálculo do que fazê-lo.

Nome do aluno: Ana Carolina Pinheiro Mourão

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) **"O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais."** O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

Com o conhecimento de física aprendido no 9º ano, ~~podemos~~  
esse objetivo é facilmente alcançado, pois você  
aprende questões históricas que ajudam no entendimento de  
física.

- 2) **"Pode-se comparar dois "tipos" de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas)."** Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

O intercâmbio de perguntas, pois com que você exponha  
seu ideia, debata com o professor, aprimorando a sua  
resposta e ajudando o professor de ver de outra maneira.

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) "O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais." O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

Com o conhecimento de física aprendido no 9º ano, ~~pode-se~~  
esse objetivo é facilmente alcançado; pois você  
aprende questões históricas que ajudam no entendimento do  
físico.

- 2) "Pode-se comparar dois "tipos" de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas)." Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

O intercâmbio de perguntas, faz com que você exponha  
seus ideias, debata com o professor, apresentando a sua  
resposta e ajudando o professor de ver de outros maneiras.

- 3) "Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente." Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de física do 9º ano que demonstra que uma "velha" idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

Quando pensavam que a luz era uma onda,  
depois pensada que era uma partícula. ~~Logo~~ também  
No visão de Deus como centro do universo, depois  
a humanização.

- 4) O que o princípio da relatividade restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

Fala que o ~~tempo~~ <sup>tempo</sup> é relativo ou absoluto, dependendo  
do ponto de vista.

Não é possível perceber efeitos do tempo, porém  
de velocidade, direção entre outras pode ser percebido com  
experiências simples.

- 5) A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

menos interessante, porque com a abordagem histórica  
você fica muito preso no texto e acaba sendo como  
aula massiva. É muito importante sim estudar  
a história da física, porém em tempo menor.

Nome do aluno: Ricardo Maia Louren de Fontes

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA MINISTRADO NA TURMA DE  
191 DO COLÉGIO HELIO ALONSO NO ANO DE 2008**

- 1) "O ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais." O trecho acima, retirado dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCN), aponta um dos objetivos do ensino de física. Comente a citação em destaque justificando se as aulas de física no 9º ano contribuíram para o cumprimento desse objetivo.

Sim, as aulas de física no 9º ano contribuíram para a formação de uma cultura científica efetiva, que permite ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais de maneira que trata a física com uma abordagem teórica, em maior número, que a abordagem numérica, mas transmitindo mais <sup>participante</sup> para o cumprimento desse objetivo, fazendo com que refletissemos e interagissemos mais.

- 2) "Pode-se comparar dois "tipos" de ensino: o primeiro, onde as respostas são transmitidas do professor para o aluno, para que esse aluno devolva as mesmas repostas ao professor nas avaliações (provas, testes), com o segundo ensino que, ao invés de receber respostas do professor, o aluno compartilha perguntas (intercâmbio de perguntas)." Qual dos dois tipos você acha que o ensino de física no 9º ano favoreceu? Justifique.

Favoreceu ao segundo, já que nos exigiu uma grande interação e reflexão nas aulas, tendo uma maior participação nas aulas, nos entendendo com maior intensidade. Diferente da primeira "tipo" de ensino que se aplica na sala do professor e "obediência" do aluno.

- 3) "Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e "se dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Dai que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente." Você seria capaz de citar discussões travadas no curso de física do 9º ano que demonstra que uma "velha" idéia pode ser superada por um novo conhecimento, evidenciando o dinamismo na produção do conhecimento? Cite duas.

Sim. Uma das discussões seria talvez, modelo atômico, que era "avaliada" de diferentes formas por diferentes cientistas e a outra seria talvez a contra da universa, talvez heliocentrismo e Geocentrismo, entre outras.

- 4) O que o princípio da relatividade restrita de Einstein traz de novidade? É possível perceber os efeitos dessa teoria no dia a dia? Justifique.

O princípio da relatividade restrita de Einstein trata o tempo como relativo e não absoluto, como de costume. Não, na meu ponto de vista, o tempo passa da mesma maneira para todos.

- 5) A proposta de se trabalhar a física através de textos com uma abordagem histórica, como a aplicada no ano passado, é mais ou menos interessante? Justifique.

Mais, apesar de eu gostar da abordagem numérica, além da abordagem teórica, trabalhar a física através de textos exigiu maior interação e integração.

Nome do aluno: Gabriela de Oliveira Buzello

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)