



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
PRÓRREITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA (ENCIMA)**

ANTÔNIO NUNES DE OLIVEIRA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO PROGRESSIVO DA RELATIVIDADE
RESTRITA NO NÍVEL MÉDIO**

**FORTALEZA
2013**

ANTÔNIO NUNES DE OLIVEIRA

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO PROGRESSIVO DA RELATIVIDADE RESTRITA
NO NÍVEL MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida

FORTALEZA
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca do Curso de Matemática

-
- O45p Oliveira, Antônio Nunes de
Uma proposta para o ensino progressivo da relatividade restrita no nível médio / Antônio Nunes de Oliveira. - 2013.
171 f. : il., enc.: 31 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Ensino de Física
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida.
1. Física – Ensino médio, 2. Relatividade – Ensino médio, I. Título.

CDD 530

ANTÔNIO NUNES DE OLIVEIRA

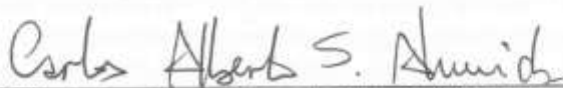
UMA PROPOSTA PARA O ENSINO PROGRESSIVO DA RELATIVIDADE
RESTRITA NO NÍVEL MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

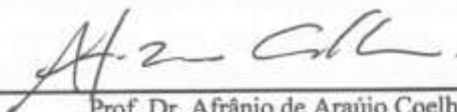
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida

Aprovada em: 15/02/2013

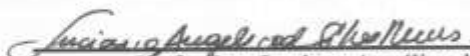
BANCA EXAMINADORA



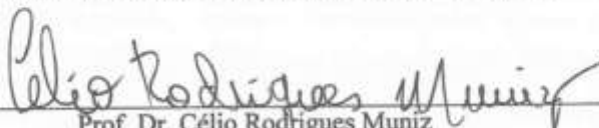
Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho
Universidade Federal do Ceará – UFC



Profa. Dra. Luciana Angélica da Silva Nunes
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA



Prof. Dr. Célio Rodrigues Muniz
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Dedico esse trabalho a minha mãe, Francisca Nunes Diniz de Souza, falecida em 15 de novembro de 2008, por seu compromisso com a família e exemplo de vida (em memória).

AGRADECIMENTOS

À minha família, especialmente mãe, pai e meus irmãos, pela constante torcida e apoio.

Ao meu orientador Carlos Alberto Santos de Almeida por ter acreditado em minha capacidade, pela dedicação e interesse na orientação dessa dissertação.

Aos professores Célio Rodrigues Muniz e Mário Henrique Gomes Pacheco, por seus exemplos que me cativaram a gostar de Física, pela constante torcida e apoio.

À professora Luciana Angélica da Silva Nunes por ter me incentivado a ingressar nesse mestrado, por sua dedicação a mim e aos colegas de graduação na qualidade de amiga e professora.

A todos os professores do programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática (ENCIMA), pelos ensinamentos, questionamentos propostos e amizade.

Aos demais professores da graduação, em especial, Lazara Silveira, Gladeston da Costa e Ênio Lima pelos ensinamentos e amizade.

A todos os professores e mestres com os quais tive a honra de conviver durante toda minha vida como estudante, em especial aos professores (as): Roberto, Raimunda, Auristela e Luciano.

Aos amigos Leonardo Tavares e Salin, pela amizade e valorosa ajuda no exame de proficiência.

Aos amigos Gladeston e Otávio, pelas caronas, hospedagem, e incentivos constantes.

Ao amigo prof. José Roberto Duarte, pelas correções gramaticais, apoio e amizade.

Aos alunos integrantes do grupo de Mestrado, companheiros que participaram dessa jornada mesmo com vários afazeres externos.

Aos alunos que participaram da aplicação do material, pelas importantes colaborações para o aperfeiçoamento do material metodológico.

Ao Centro Educacional Ruy Barbosa e Escola Modelo de Iguatu pelo apoio e colaboração na realização desse trabalho.

A Maria Eduarda e Antônio Guilherme, meus filhos queridos e amados.

À minha esposa Camila, pela paciência e compreensão nas minhas ausências em casa, pela sua incansável obstinação em ajudar o seu companheiro a vencer.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram com a realização desse trabalho.

“A mente que se abre a uma nova ideia nunca voltará a seu tamanho original.” (Einstein).

RESUMO

Diversos trabalhos na área de ensino de Física, assim como documentos oficiais, apontam uma necessidade da introdução de conceitos ligados à Física Moderna e Contemporânea no nível médio. Nesse trabalho trazemos uma nova proposta para o ensino da Relatividade Restrita no nível médio, em que os conteúdos são divididos em blocos e distribuídos ao longo dos três anos. O objetivo desse trabalho é triplo: (i) constatar através de pesquisa com estudantes que os mesmos sentem a necessidade de adquirir conhecimentos de Relatividade; (ii) os professores concordam com a inserção da Relatividade Restrita no ensino médio e com o fato de que esta deve ser feita a partir da primeira série do EM; (iii) produzir um material didático que proponha uma divisão dos conteúdos de Relatividade Restrita aos longo dos três anos e que possa ser utilizado por professores. Para fazer isso seguimos o método construtivista de ensino, organizamos os conteúdos de forma a abranger os três anos e elaboramos um material didático com vista na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e os mapas conceituais de Joseph D. Novak. O resultado da aplicação do material mostra que a Relatividade é capaz de despertar o interesse dos alunos pelas aulas de Física e que tanto alunos quanto professores anseiam por uma abordagem sequenciada, que ocorra ao longo dos três anos.

Palavras-chave: Relatividade Restrita, Nível Médio, Proposta de Ensino.

ABSTRACT

Several studies in the area of physics teaching, as well as official documents, indicate a need to introduce concepts related to Modern and Contemporary Physics at the secondary school. In this paper we present a new proposal for the teaching of Relativity at the average level of education, where the contents are divided in blocks and spread over the three years. The aim of this paper is threefold: (i) verify through research with students that they feel the need to acquire knowledge of Relativity, (ii) teachers agree with the inclusion of relativity in high school and with the fact that this must be made from the first series of EM, (iii) produce educational material to propose a division of the contents of Relativity to the three years and can be used by teachers. To do this follow the constructivist teaching method, arrange the contents to cover the three years and prepare educational material aimed at meaningful learning theory of David Ausubel and conceptual maps of Joseph D. Novak. The result of applying the material shows that Relativity is able to arouse students' interest in physics and the lessons that both students and teachers yearn for a sequenced approach, which takes place over the three years.

Keywords: Relativity. Middle Level. Motion Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de assimilação de um conceito A , a partir da modificação de um subsunçor a	38
Figura 2 – Características da Aprendizagem humana, demonstrando variações numa sequência, desde a simples aprendizagem por memorização até a altamente significativa. Apenas os níveis elevados de aprendizagem levam á produção criativa..	39
Figura 3 – Mapa conceitual sobre Eletrostática, construído após uma aula do assunto por um aluno da terceira série do EM	41
Figura 4 – Mapa conceitual sobre Ótica	43
Figura 5 – Mapa conceitual representando conceitos sobre Espelhos	44
Figura 6 – Mapa conceitual com as ideias principais do livro de Novak.....	45
Figura 7 – Mapa conceitual utilizado na pesquisa bibliográfica dessa dissertação.....	46
Figura 8 – Distribuição das respostas dos alunos referente à questão 1.....	62
Figura 9 – Análise comparativa do número de alunos que concordam com a inserção da RR a partir do primeiro ano e os que não concordam	78
Figura 10 – Análise comparativa do número de alunos que afirmam ter encontrado motivação para estudar Física após as aulas de Relatividade e os que afirmam não encontrar motivação.	81
Figura 11 – Mapa conceitual utilizado na primeira aula do módulo 1-Física Clássica.....	84
Figura 12 – Mapa conceitual construído por uma das turmas após a aplicação do módulo1 .	85
Figura 13 – Aprendizagem significativa do conceito de tempo absoluto através do processo de assimilação.	86
Figura 14 – Aprendizagem significativa do conceito de espaço absoluto através do processo de assimilação.....	87
Figura 15 – Análise da letra da música “BuscaVida” do grupo Paralamas do Sucesso.....	89
Figura 16 – Mapa conceitual 1 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.....	90
Figura 17 – Mapa conceitual 2 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.....	90
Figura 18 – Mapa conceitual 3 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.....	91
Figura 19 – Mapa conceitual 4 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.....	91

Figura 20 – Mapa conceitual 5 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.....	92
Figura 21 – Mapa conceitual 6 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.....	93
Figura 22 – Mapa conceitual construído após o módulo 3.....	95

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Quadro 1 - Síntese dos procedimentos metodológicos utilizados na realização na pesquisa bibliográfica..	50
QUADRO 2 – Síntese dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa com professores e alunos do nível médio.....	51
QUADRO 3 – Análise em categorias para resposta da questão 1 do segundo questionário aplicado para alunos. Categoria 1: Alunos que concordam em iniciar o estudo da RR a partir do 1º ano	76
QUADRO 4 – Análise em categorias para resposta da questão 1 do segundo questionário aplicado para alunos. Categoria 2: Alunos que não concordam em iniciar o estudo da RR no 1º ano	77
QUADRO 5 – Análise em categorias para a resposta da questão 2 do segundo questionário para alunos. Categoria 1: Sentiu-se motivado a estudar Física a partir das aulas de Relatividade	79
QUADRO 6 – Análise em categoria para a resposta da questão 2 do segundo questionário para alunos. Categoria 1: Não sentiu-se motivado a estudar Física a partir das aulas de Relatividade.....	80
QUADRO 7 – Observações feitas pelos estudantes do 2º ano ao final da aplicação dos módulos 1 e 2.....	82
QUADRO 8 – Identificando conceitos de Relatividade Restrita na letra da música “Busca Vida” do grupo Paralamas do Sucesso. Frase Destacada: “ <i>Se for mais veloz do que a luz</i> ” ...	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EM	Ensino Médio
FM	Física Moderna
FC	Física Clássica
FMC	Física Moderna e Contemporânea
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
RR	Relatividade Restrita
TR	Teoria da Relatividade
TRE	Teoria da Relatividade Especial
TRR	Teoria da Relatividade Restrita (=TRE)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	FISICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO.....	21
2.1	A pesquisa bibliográfica.....	23
2.2	O que dizem os PCNs.....	30
2.3	Questões de Pesquisa.....	33
3	BASE TEÓRICA	35
3.1	A Teoria da Aprendizagem Significativa de Davis Ausubel	35
3.2	Joseph Donald Novak e os Mapas Conceituais.....	39
3.3	Mapas Conceituais e Aprendizagem significativa	42
3.4	Aplicação do mapas no ensino, na aprendizagem e avaliação	43
4	OBJETIVOS E ESPECTATIVAS	49
4.1	Delimitações do campo de pesquisa e procedimentos metodológicos.....	49
5	QUESTIONÁRIOS	53
5.1	Pesquisa com professores.....	53
5.1.2	<i>Questionário para professores</i>	53
5.1.3	Resultados da aplicação do questionário para professores.....	60
5.2	Pesquisa com alunos.....	61
5.2.1	<i>Questionário para alunos</i>	61
5.2.2	Resultados da aplicação do questionário para alunos	68
5.3	Entrevista com aluna do Ensino Fundamental	69
6	PROPOSTA PARA MODULARIZAÇÃO DE CONTEÚDOS DA RR.....	71
6.1	Seqüência didática e divisão de conteúdos	71
6.2	Conteúdo para o 1º ano.....	71
6.3	Conteúdo para o 2º ano.....	72
6.4	Conteúdo para o 3º ano.....	73
7	APLICAÇÃO DO MATERIAL NO ENSINO MÉDIO	74

7.1	Aplicação no 2º ano do Ensino Médio	74
7.2	Aplicação no 3º ano do Ensino Médio	82
7.2.1	<i>Aplicação dos módulos 1 e 2</i>	83
7.2.2	<i>Aplicação do módulo 3</i>	94
8	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	96
	REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

O domínio que o homem passou a ter da ciência levou a sociedade a avançar em muitos aspectos, e assim o mundo em que vivemos passa por mudanças que não têm sido acompanhadas pela sociedade. Enquanto tudo muda numa rapidez assombrosa, a escola continua evoluindo a passos lentos e com isso não consegue acompanhar essas mudanças. Mais do que nunca é necessário que a escola acompanhe essas evoluções, que ela esteja conectada às transformações, sendo a principal responsável por formar cidadãos que tenham autonomia intelectual e pensamento crítico, capazes de construir novos saberes e assim contribuir com a sociedade através de sua participação ativa nas decisões que envolvem seu destino.

Nos últimos anos muito se discutiu sobre a formação do aluno e várias reflexões foram feitas no intuito de saber quais os conteúdos que devem ser ensinados pela escola a ponto de que esta cumpra seu papel social. Autores como (CASTILHO, 2005; WOLFF, 2005; CHIARELLI, 2006; NUNES, 2007 e SOUZA, 2009) têm nos levado a refletir sobre quais conteúdos devem ser trabalhados em nossas escolas e qual a melhor maneira de estruturá-los a ponto de permitir ao aluno um melhor rendimento escolar, e ao mesmo tempo oferecer um ensino que os motivem a estar em sala de aula e que os leve cada vez mais a querer aprender.

Segundo WOLFF (2005), o estudo da Física deve contribuir na formação de um cidadão possibilitando-o atuar com discernimento frente a esse mundo tecnológico. A sociedade, por sua vez, deve ser capaz de absorver as novas produções científicas, entendendo, mesmo que de forma superficial as informações que lhe chegam através dos meios de comunicação.

A escola tem a obrigação de orientar o aluno possibilitando-o a aquisição dos conhecimentos mínimos necessários em sua formação enquanto cidadão consciente e crítico frente ao número de informações que recebe todos os dias. A fim de saber quais os conteúdos que estavam sendo ministrados na escola média, realizamos uma consulta em livros didáticos. Constatamos que conteúdos vinculados à Física Moderna e Contemporânea (FMC) não eram abordados por alguns dos materiais didáticos utilizados, e, quando eram, ficavam distribuídos em um único capítulo no final do livro destinado a alunos do terceiro ano.

Segundo ALVETTI (1999), os conteúdos contemplados pelos nossos deficientes currículos de física são usualmente divididos em blocos tradicionais onde estão presentes: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Ótica e Eletromagnetismo. Por outro lado há um consenso entre diversos pesquisadores, como aqueles listados anteriormente, que a Física moderna (FM) cumpre um papel essencial na formação de cidadãos, e por isso deve fazer parte do programa curricular da escola média.

“A Física desenvolvida na escola média deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que os cerca (...). Nesse nível de escolaridade devemos estar formando um jovem, cidadão pleno, consciente e, sobretudo capaz de participação na sociedade. Sua formação deve ser o mais global possível, pois sua capacidade de interpretação na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de leitura, de compreensão, de construção dessa mesma realidade.” (Terrazan, 1994, pg. 39 *apud* ALVETTI, 1999, p. 16).

A compreensão das mais variadas tecnologias modernas, como equipamentos médicos de última geração, depende de conhecimentos atrelados a FMC. Se a FMC é essencial para que os estudantes adquiram uma compreensão geral do mundo, então: Por que ela se encontra ausente das salas de aula do nível médio? Qual é a opinião de professores quanto à viabilidade da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM)? Eles sentem-se aptos a ministrar esse tipo de conteúdo? Os livros didáticos disponíveis são adequados? O que os alunos acham das aulas de Física? Eles sabem a diferença entre Física Clássica (FC) e Física Moderna (FM)? Eis algumas das perguntas a serem respondidas nesse trabalho.

Ao realizar uma pesquisa utilizando documentação indireta, tais como livros, artigos e dissertações, verificamos que existe uma necessidade de renovação no currículo escolar do EM, especificamente no que se refere à disciplina de Física, visto que muito se tem ensinado sobre assuntos da Física Clássica (física produzida até o final do século XIX), no entanto, pouco ou nada é ensinado da FMC (teorias físicas desenvolvidas a partir do final do século XIX).

“Na verdade, a prática escolar usual exclui tanto o nascimento da ciência, como a entendemos, a partir da Grécia antiga, como as grandes teorias daí decorrentes. A grande concentração de tópicos se dá na Física desenvolvida entre 1600 e 1850 [...] Assim, os conceitos que comumente abrigamos sobre a denominação de Física moderna não atingem os nossos estudantes. O que se pode esperar de uma Física escolar que esteja tão descompassada/defasada no tempo?” (TERRAZAN, 1992, pg. 209-210, *apud* MENEZES, p. 1).

Nesse ponto, devido à relevância do tema e à necessidade de sua abordagem no nível médio, já tínhamos optado por trabalhar com a FMC, no entanto, percebemos que esse

era um tema muito amplo e que deveríamos, portanto, centralizar nosso trabalho em um de seus tópicos. Tivemos um melhor direcionamento em nossa pesquisa, ao ler a dissertação de mestrado de WOLFF (2005), na qual encontramos uma constatação da necessidade de pesquisas que envolvessem a introdução da Relatividade Restrita (RR) no EM e ao mesmo tempo a elaboração de uma proposta com um material didático adequado para inserção da RR durante os três anos do EM. Tal proposta deveria oferecer uma divisão apropriada dos conteúdos e sugerir o momento de aplicação de cada um deles, de modo que a RR não fosse trabalhada somente no final do terceiro ano, como ocorre na atual proposta dos livros didáticos. Finalmente delimitamos nosso tema de pesquisa - “Uma proposta para o ensino progressivo da Relatividade Restrita no nível médio”, na qual abraçamos essa ideia de WOLFF (2005) e nos propusemos a trabalhar o tema levando o aluno a aprender significativamente sobre RR. Nossa hipótese inicial é que uma abordagem da RR que se dê ao longo de todo o EM seja mais eficiente, uma vez que possibilita ao aluno um maior tempo para assimilação e modificação do subsunçores (conceitos que eles trazem em suas estruturas cognitivas).

Assim como CASTILHO (2005), vários outros autores realizaram trabalhos no intuito de produzir materiais que promovessem um aprendizado significativo de conceitos básicos de RR. Além disso, existe uma série de sites que disponibilizam materiais didáticos para abordagem da RR no EM, como por exemplo, www.fisicavivencial.pro.br, onde podem ser encontrados animações interativas, vídeos e outros tipos de materiais.

A viabilidade da inserção de tópicos de FMC no EM foi constatada por vários autores, a exemplo dos já citados. Cientes disso, elaboramos questionários a serem aplicados a alunos e professores para responder algumas perguntas, entre elas, às feitas anteriormente, e então construir uma proposta para inserção da RR no EM que ocorresse ao longo dos três anos.

No (**Capítulo 1**) apresentamos a pesquisa bibliográfica na qual foi verificado o que outros autores já haviam tratado do assunto, alguns com o intuito de mostrar a viabilidade da inserção da FMC no EM, a exemplo do trabalho realizado por (CHIARELLI, 2006), outros procurando saber dos professores sobre sua formação em FMC e se eles sentem-se preparados para conduzir a inserção de tópicos a ela relacionados, como, por exemplo, o trabalho de D’AGOSTIN (2008). Existem ainda aqueles trabalhos que assim como SILVA (2006) procuram desenvolver uma metodologia e produzir material didático para o ensino da RR no

EM. Estes trabalhos comprovam que é possível conduzir uma abordagem de assuntos relacionados à FMC no EM, os alunos possuem maturidade para aprender, no entanto, parte dos professores ainda sente-se insegura ao ensinar.

No **Capítulo 2**, fazemos uma descrição das bases teóricas com as quais alicerçamos nosso trabalho, são elas: A teoria da Aprendizagem significativa de David Ausubel e a Teoria dos mapas conceituais de Joseph D. Novak.

No **Capítulo 3**, expomos nossas justificativas e objetivos, em seguida, no **Capítulo 4**, descrevemos os resultados dos questionários aplicados a professores e alunos do EM, sendo os professores atuantes em escolas públicas e particulares e os alunos, estudantes dos segundos e terceiros anos da Escola Modelo de Iguatu e do Centro Educacional Cenequista Ruy Barbosa, ambos pertencentes à rede particular de ensino. No **Capítulo 5**, apresentamos uma proposta para modularização dos conteúdos de RR, na qual é estabelecida a sequência didática e a divisão dos conteúdos de forma a contemplar todas as séries do EM.

No **Capítulo 6**, descrevemos uma aplicação do material produzido, realizada com alunos da segunda e terceira séries do EM com o intuito de verificar como seria sua recepção. Constatamos que embora os alunos não consigam distinguir a FM da FC, têm muita disposição a aprender assuntos ligados à FMC e que a sua participação nesse tipo de aula é mais frequente do que nas aulas comuns (Física Clássica).

Por fim, concluímos nossa proposta com o **Capítulo 7**, no qual são feitas as conclusões e expostas as perspectivas.

2 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO NÍVEL MÉDIO

A grande preocupação dos educadores e de pessoas ligadas aos problemas educacionais está na qualidade da educação, sendo o objetivo maior desta a aquisição de conhecimentos e desenvolvimento de habilidades e destrezas na formação de atitudes, no despertar de interesses e na interiorização de valores. Nesse contexto, a Lei das Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB), lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, em seu Art.35 nos diz que:

O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Para que o educando possa aprimorar-se como pessoa humana e contribuir com a sociedade desenvolvendo sua autonomia intelectual e pensamento crítico, faz-se necessário que ele deixe o ensino básico com os conhecimentos necessários à compreensão do mundo moderno e ao mesmo tempo, seja capaz de construir novo saber. Por outro lado, para que compreenda os fundamentos científicos e tecnológicos surge à necessidade de tomar conhecimento da física desenvolvida a partir do final do século XIX e início de século XX, haja vista que ela é a base para compreensão das novas tecnologias, sendo estas cada vez mais presentes na vida diária dos adolescentes que vivem num mundo altamente globalizado.

A educação em Ciências deve ser capaz de possibilitar a compreensão da atividade científico-tecnológica, de forma a potencializar a participação dos indivíduos em

diversos segmentos da sociedade civil; pois a sociedade, em geral, possui o direito de participar em definições que envolvem seu destino. A física, em particular, é responsável por alguns dos grandes feitos da humanidade nesses últimos tempos, como, por exemplo, a invenção da tecnologia responsável pela produção e distribuição de energia em suas diversas formas como a energia elétrica e nuclear, assim como a tecnologia empregada no sistema de posicionamento global, popularmente conhecido por GPS, do inglês *Global Positioning System*, ou do português "geo-posicionamento por satélite" e etc.

A nossa tecnologia tem se tornado tão poderosa que – não só consiste, mas também inadvertidamente – estamos nos tornando um perigo para nós mesmos. A ciência e a tecnologia têm salvo bilhões de vidas, melhorando o bem-estar de muitas mais, ligando o planeta numa união lentamente anastomosante – e ao mesmo tempo têm mudado o mundo de tal forma que muitas pessoas já não se sentem em casa na Terra. Criamos uma gama de novos males: difíceis de ver, difíceis de entender, problemas que não podem ser resolvidos imediatamente – e que sem dúvida, não poderão ser solucionados sem desafiar os aqueles que detêm o poder. Nesse sentido, mais do que em qualquer outro, a compreensão pública da ciência é essencial [...]. (SAGAN, 2008, p. 86).

Para SAGAN (2006) à medida que a humanidade evoluiu, passando a depender cada vez mais das ciências e suas tecnologias, uma série de benefícios e males surgiram, fazendo com que o conhecimento científico passasse a ser de interesse de todos, pois a compreensão de elementos essenciais à sociedade moderna, assim como o próprio destino da civilização humana, depende da compreensão que todos têm da ciência e tecnologia.

Nós criamos uma civilização global em que os elementos mais cruciais – o transporte, as comunicações e todas as outras indústrias, a agricultura, a medicina, a educação, o entretenimento, a proteção ao meio ambiente e até a importante instituição democrática do voto – dependem profundamente da ciência e da tecnologia. Também criamos uma ordem em que quase ninguém compreende a ciência e a tecnologia. É uma receita para o desastre. Podemos escapar ilesos por algum tempo, porém mais cedo ou mais tarde essa mistura inflamável de ignorância e poder vai explodir na nossa cara (SAGAN, 2006, p. 43).

A não abordagem de conteúdos vinculados à FMC no EM compromete a formação social, cultural e científica da população, que necessita de tais conhecimentos para participar ativamente da sociedade, além do mais, o ensino da RR faz com que o aluno adquira uma visão mais global do dinamismo que está sujeita a ciência.

Segundo RODRIGUES (2001), a inserção da RR no nível médio se fundamenta basicamente em três aspectos: a mudança de padrão de raciocínio e interpretação de realidade aliada à abstração e sofisticação do pensamento graças à concepção de tempo como uma quarta dimensão; a possibilidade dessa teoria servir como porta de entrada para outros tópicos de FMC e, finalmente, pela necessidade de abordagem de um tema tão presente na sociedade através da divulgação científica.

O fato do ícone Einstein e suas contribuições estarem presentes na vida do adolescente, ainda hoje, pode contribuir para inserção da TRR no EM. Este assunto sim está presente no cotidiano do aluno, em sua vivência diária. O tratamento dado a TR propicia uma série de questionamentos e discussões frente às informações que os próprios alunos trazem para sala (RODRIGUES, 2001, p. 27).

Conforme os autores já citados, a inserção da FMC no EM além de necessária é urgente! Iniciar essa inserção com a RR seria uma opção oportuna, tendo em vista seu aspecto, revolucionário, inovador, histórico e suas aplicações em tecnologias e em outros ramos da Física.

2.1 A Pesquisa Bibliográfica

Desde a década de 70, pesquisadores vêm se empenhando no sentido de alertar a comunidade escolar da necessidade de se inserir a FMC no nível médio e desenvolver estratégias que venham a promover o diálogo nas aulas de ciência. Autores como (ALVETTI, 1999; SOUZA, 2009 e OLIVEIRA, 2006) são unânimes em criticar a forma atual como está ordenado o currículo escolar. Para estes autores o ensino tradicional que vem sendo praticado há algumas décadas tem tornado as aulas uma enorme monotonia.

A atual situação tecnológica, a diversificação dos meios de comunicação, telefone, rádio, internet e outros têm afetado diretamente o cotidiano dos alunos que anseiam por aulas diferentes, que lhes possibilitem compreender os avanços tecnológicos e que sejam ao mesmo tempo atraentes, motivadoras e desafiadoras.

É preciso resgatar urgentemente o interesse dos alunos em aprender física, e, para tal, devemos considerar alguns aspectos importantes que fazem parte de suas vidas. Nesse sentido, não podemos deixar de mencionar a influência das novas tecnologias relacionadas à informática (internet, vídeos *games*, *applets*, *softwares* etc.) e relacionadas aos aparatos tecnológicos (máquinas, processos industriais e outras atividades profissionais), que merecem atenção especial por fazerem parte da área de Ciências da Natureza nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e por fazerem parte do cotidiano da maioria dos alunos. Isso, por sua vez, passa a influenciá-los de maneira significativa no modo como percebem o mundo que os rodeia, levando à compreensão e/ou ao manuseio de técnicas, relacionando teoria com prática, tentando entender a preparação para o trabalho - da qual tratam a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional/1996 e as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (WEBBER, 2006, p. 9-10).

Conteúdos como dilatação do temporal, contração espacial, massa-energia, entre outros conteúdos da RR rompem radicalmente com concepções de senso comum mantendo um caráter revolucionário, por isso, é capaz de proporcionar ao aluno uma aula diferente, com

todos os aspectos listados anteriormente, logo não podem estar excluídos da matriz curricular do EM, no entanto continuam ausentes na sala de aula.

Conhecimentos tais como: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, laser, entre outros, não são contemplados pelos nossos deficientes e parecidos currículos de física. Usualmente, são divididos em blocos tradicionais, tais como: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo, normalmente ditados por manuais de ensino. Na prática pedagógica de nossas escolas, esses blocos reduzem-se à Cinemática, às Leis de Newton, à Termologia, à Óptica Geométrica, à Eletricidade e aos Circuitos Simples (ALVETTI, 1999, p. 12).

Segundo MOREIRA (1999), diversos fatores contribuem com a exclusão da FMC do EM entre eles estão o despreparo do professor e a falta de tempo. Para OLIVEIRA (2006), o currículo desatualizado de Física tem tornado a prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno, o que tem feito com que ele não compreenda a necessidade de se estudar essa disciplina. A aula de Física, na maioria dos casos, se resume em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a Física desempenha na sua vida.

Como eu espero mostrar, a física é mais do que a mera resolução de equações e interpretações de dados. Até arrisco dizer que existe poesia na física, que a física é uma expressão profundamente humana da nossa reverência à beleza da natureza (GLEISER, apud RODRIGUES 2001, p. 26).

Autores como OSTERMANN (1999a) e SANCHES (2006) compartilham a ideia de que é necessário pensar o currículo do nível médio como uma peça chave para que o aluno se torne um cidadão pleno, consciente e participativo na sociedade. Para (OSTERMANN, 1999a., pg. 154-155, *apud* SANCHES, 2006), os alunos são capazes de aprender FMC desde que os professores estejam adequadamente preparados e se bons materiais instrucionais estiverem disponíveis. Atendidas essas condições, os jovens podem ter uma escolarização de nível médio em Física atualizada e mais coerente com o pleno exercício da cidadania na sociedade contemporânea.

Desde quando pesquisadores em ciência começaram a alertar a comunidade científica quanto à necessidade de inserção da FMC no EM, o número de Coletâneas de Física que abordam assuntos ligados a FMC tem aumentado a cada ano, suas estratégias didáticas vêm sendo aprimoradas e mais autores passaram a se preocupar com sua inserção no EM. Os resultados desses trabalhos mostram que é indispensável aos alunos conhecer assuntos de FMC, pois estes são extremamente necessários para que tenham uma formação sólida e

consistente com a realidade social, científica e tecnológica. Tópicos de FMC despertam a curiosidade dos alunos e os motivam para aprender Física.

Diferentes de propostas de melhorias apenas metodológicas, estas, ao contrário, propõem a renovação dos conteúdos existentes nos programas tradicionais da física na escola.

Decorrente dessas discussões e produto de grupos de pesquisa nacionais, hoje, contamos com livros brasileiros destinados à formação de professores, que modificam a apresentação fragmentada dos conteúdos da física (ALVETTI, 1999, p. 11).

Dentre as coletâneas de livros que abordam a TRE no EM é possível destacar:

- Os fundamentos de Física de Ramalho, Nicolau e Toledo.
- Curso de Física de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga.
- Tópicos de Física, dos autores Gualter, Newton e Helou.
- Física Aula por Aula, dos autores Cláudio Xavier e Benigno Barreto.
- Física, Ciências e Tecnologia dos autores; Carlos Magno A. Torres, Nicolau

Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo soares.

A atual proposta feita por esses livros didáticos para inserção da FMC no ensino médio dá-se durante o 3º ano, etapa final do EM e quase sempre não há tempo suficiente para ver tais conteúdos, e quando há, tal abordagem é feita durante um intervalo de tempo muito curto o que colabora para perpetuar a incompreensão de temas ligados a esses assuntos.

“Leciono apenas em escola de Ensino Médio, onde foi adotado o livro Física-Ciência e Tecnologia, de Carlos Magno A Torres; Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo Antônio de Toledo Soares. Faço uso de outros livros didáticos, mas todos em nível de Ensino Médio. A coleção que me referi apresenta um tópico sobre Física Moderna no livro 3, no último capítulo, aquele que nunca dá tempo ver (risos).”

(Fala de uma professora)

Segundo RODRIGUES e PIETROCOLA (1999), os tipos de questionamentos apresentados em dois dos livros didáticos do EM por eles analisados são diferenciados em relação aos contidos em outros capítulos e em geral esses conteúdos não são cobrados em avaliação pelo professor, pois assume um caráter de curiosidade, leitura complementar e não efetivamente de conteúdo obrigatório. Outro fator importante nos livros didáticos é que eles

muitas vezes jogam as fórmulas para o aluno sem se preocupar em justificá-las, o que evidencia o caráter dogmático da abordagem oferecida por esses livros.

Embora a abordagem oferecida pelos materiais didáticos produzidos para o nível médio ainda deixe muito a desejar, o crescimento da quantidade de livros que abordam assuntos de FMC fez nascer um clima de confiança entre os pesquisadores e professores desejosos por disseminar conteúdos de FMC. Muito embora o problema não tenha sido solucionado, existiu certo alívio e também expectativas de melhoras, no entanto, com a adoção do Enem como etapa única para acesso às universidades surgiu uma inquietação nos professores de Física, principalmente da rede particular de ensino, conforme constatado no questionário aplicado a professores (parte 5 desse trabalho). Temas ligados à FMC estão cada dia mais ausentes das salas de aula no EM, pois, não sendo esses assuntos cobrados pela matriz de referência do ENEM, as escolas que têm como prioridade a aprovação de seus alunos nesse exame, tomam para si a matriz de referência adotada pelo Enem, o que é um erro. Em primeiro lugar a matriz de referência do ENEM está defasada, visto que exclui esses conteúdos do seu programa, em segundo lugar, independentemente de a FMC ser ou não cobrada pelo ENEM ela deve ser abordada nas aulas do EM, pois se trata de um tema de atual relevância na formação de um ser consciente e participativo.

“Não vejo por que estudar certos assuntos, logo que o professor X falou que nossa meta é uma aprovação no ENEM, e o ENEM não cobra determinados conteúdos!”

(Fala de um aluno)

Segundo OLIVEIRA, (2006), os conteúdos mais apresentados pelo currículo de Física nas escolas de ensino médio, comparado às transformações científicas e tecnológicas ocorridas nas últimas décadas, têm feito com que os próprios estudantes se questionem constantemente do por que de estudar Física, sendo que ele não consegue associá-la ao seu dia a dia. O professor diante dessas situações passa a sentir-se mais impotente e distante de uma ação pedagógica eficaz.

CHIARELLI (2006) afirma que a rejeição dos estudantes pelas aulas de Física não está tão somente ligada às metodologias desenvolvidas pelo professor, mas também porque estas não trazem nenhum interesse imediato às suas curiosidades atuais. Os temas repetidos inúmeras vezes acarretam uma monotonia aos alunos, que acabam por desmotivá-los a estudar

Física. O fato de se inserir a Física desenvolvida a partir do XIX recorrendo a suas aplicações nas novas tecnologias tornaria a Física mais bem vista e interessante aos alunos. O ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio contribui para que os estudantes tenham mais entusiasmo e disposição para o estudo de ciências de um modo geral, tendo em vista suas aplicações no seu dia a dia, seu aspecto revolucionário, inovador e modificador das consciências.

SANCHES (2006) justifica que a exclusão da Física desenvolvida a partir do século XIX nos currículos do EM restringe a compreensão do mundo em que vivemos, pois a revolução desencadeada pela FMC atingiu, por exemplo, as concepções de espaço, tempo, massa e energia, o entendimento quanto à estrutura do átomo e a compreensão sobre a própria origem e evolução do universo.

Para CASTILHO (2005), existe uma necessidade de que sejam introduzidas, ou reintroduzidas, de maneira conceitualmente correta noções de Física Moderna, sendo que os alunos chegam à escola com um conhecimento superficial sobre o assunto, adquirido através de filmes, documentários feitos para televisão, livros, e revistas de divulgação científica, obras de ficção em geral e internet.

SILVA (2006) destaca a importância de se ensinar FMC no ensino médio alertando que tais conteúdos foram capazes de nos levar aos desenvolvimentos mais recentes da tecnologia que fazem parte de nosso mundo contemporâneo, como por exemplo: o laser, sistema GPS de navegação, transistores, plasmas, cristais líquidos, etc. Esses fatores e outros mais denotam a importância do seu ensino. Tal Física não pode continuar subtraída ao aluno e muito menos distorcida por algumas literaturas.

NUNES (2007), em seu artigo intitulado “A Física Quântica para todos”, destaca vários fatores que marcam a importância de se ensinar Física Moderna no Ensino Médio, dentre eles sua importância para a ciência, para a tecnologia, para a economia, para as artes e etc.

Diante de uma física quântica capaz de influenciar tão diversas áreas do conhecimento humano, gerar ideias e controversas tão grandes, o ensino de física quântica pode ser um elemento motivador e acelerador das consciências. Através da física quântica, o aluno que pouco tem interesse na física pode acabar percebendo que a física quântica pode ter alguma relação bem mais estreita com a sua área de conhecimento mais simpática do que ele poderia supor. Assim através do interesse despertado pela profunda interdisciplinaridade da física quântica, o interesse pela física em geral acaba crescendo também (NUNES, 2007, p. 10).

Assim como a Física Quântica, a Teoria da Relatividade (Relatividade Restrita e Relatividade Geral) possui a capacidade de atrair o aluno, instigando ele a pensar e questionar, de forma a torná-lo um ser mais consciente que percebe a importância das ciências e seus vínculos.

Segundo WOLFF (2005), é imprescindível que sejam explorados, ou mesmo em muitos casos, introduzidos, no ensino médio, conteúdos de FMC. Começar essa inserção com a TRR parece ser uma boa opção, já que, historicamente, essa foi a precursora do que hoje chamamos de Física Moderna, mesmo já sendo, por alguns, considerada como parte da Física Clássica.

Com relação a RR, WOLFF (2005) destaca:

[...] Consideramos este conteúdo como potencialmente significativo para os alunos do ensino médio, principalmente pelo interesse que observamos despertar nos mesmos. Muitos deles já têm alguma familiaridade com o tema, devido á forte influência que os meios de comunicação exercem sobre eles. Estas influências provêm das mais variadas formas de divulgação científica. Como por exemplo, podemos citar canais televisivos, como *Discovery Channel*, revistas como *SuperInteressante*, *Galileu Galilei* e *Ciência Hoje*, que são de acesso fácil aos alunos e que apresentam as mais diversas curiosidades da Ciência e difundindo o que ocorre na comunidade científica. Outra forma de divulgação científica a que os nossos alunos têm acesso (infelizmente, não todos ainda) são os *sites* da internet ou programas multimídia, que utilizam os mais diversos recursos múltiplos, como som, imagem, vídeos e textos, facilitando, assim, a compreensão dos fenômenos envolvidos (WOLFF, 2005, p. 9-10).

Para KARAM (2005), a Relatividade Restrita é capaz de atrair a atenção dos estudantes, sendo ela um dos marcos mais significativos do Ocidente. Temas como viagens no tempo, a quarta dimensão, quem foi Einstein e qual sua contribuição para a Física, assim como a equação da bomba atômica ($E = mc^2$) são capazes de apreender o encanto dos estudantes em relação à ciência do século XX. Duas grandes questões a serem discutidas são: o momento em que ela deve ser ensinada e a profundidade com a qual deve ser tratada.

Borghi, De Ambrosis e Ghisolfi (1993) acreditam que conceitos da relatividade devam fazer parte do Ensino Médio pelas seguintes razões:

- Valor cultural desta teoria;
- Possibilidade de lidar com seus conceitos básicos sem a necessidade de um tratamento matemático sofisticado
- Promover um intenso envolvimento dos estudantes;
- Reconhecimento dos processos que envolvem a passagem de uma teoria científica para outra;
- Importância de constatar como uma teoria física pode estar desvinculada do senso comum e de experiências cotidianas (KARAM, 2005, p. 23-24).

Segundo RODRIGUES 2001:

A Teoria da Relatividade altera substancialmente a nossa percepção de espaço e tempo, adentrando em terrenos e previsões até então exploradas apenas de forma fictícia. Os fenômenos presentes no cotidiano passam a possuir um status diferenciado, uma vez que se tornam apenas particularidades frente ao universo das velocidades. Por outro lado, o leque de fenômenos que se abre rumo às velocidades mais altas amplia a visão e a compreensão do universo. A viseira das concepções clássicas se rompe, transformando o mundo do cotidiano em universo de fenômenos (RODRIGUES, 2001, p. 50).

Devido aos diversos trabalhos produzidos no sentido de alertar a comunidade escolar da necessidade de inserção da FMC no EM, algumas universidades passaram a elaborar projetos de extensão nos quais levam seus professores às escolas de nível médio para ministrarem aulas, minicursos, oficinas, palestras, etc., e com isso vem contribuindo com a atualização do currículo escolar e cada vez mais tem aproximado o aluno da universidade. Segundo JUNIOR (2003), no Brasil há algumas iniciativas que visam à melhoria do ensino de FMC no ensino médio, como as *Oficinas de Física Moderna*, oferecidas pela *Universidade de Campinas* (UNICAMP), São Paulo, a professores de ensino médio, contando inclusive com visitas monitoradas ao *Laboratório Nacional de Luz Síncroton* (LNLS). O grupo de pesquisa em ensino de Física (GoPEF), vinculado à *Pontifícia Universidade Católica* (PUC), São Paulo tem formulado vários experimentos de FMC, acessíveis a escola média, além de oferecer cursos a professores desse nível de ensino.

Nos Estados Unidos e, provavelmente em nível internacional, a preocupação com o ensino de FMC nas escolas e nos cursos universitários introdutórios começou, ou intensificou-se, com a “Conferência sobre o Ensino de Física Moderna”, realizada no Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois, em abril de 1986, na qual, aproximadamente, 100 professores interagiram com cerca de 15 físicos. O objetivo específico da conferência era promover a abordagem de tópicos de pesquisa em Física, em especial Física de Partículas e Cosmologia, no ensino médio e em curso introdutórios de graduação (AUBRECHT, 1986 e OSTERMANN, 1999, *apud* SANCHES, 2006, p.19).

JÚNIOR (2003) faz referência a Terrazan ao afirmar que no âmbito internacional, diversos trabalhos vêm sendo realizados desde as décadas de 60 e 70, a exemplo dos trabalhos norte-americanos, o *Physical Science Study Committee* (PSSC) e o *Harvard Project Physics* (HPP), que apresentam tópicos de FMC, ao final da coleção, e dois ingleses, *Nuffield Science Teaching Project* (NSTP) que mescla tais conteúdos com os de Física Clássica, e o *Nuffield Advanced Science* (NAS), um nível avançado do NSTP em que se aprofundam tópicos de FMC.

Quanto à questão metodológica, Terrazan verifica a existência de três vertentes para a introdução da FMC na escola média. Em uma delas, Gil e Solbes (1993) da *Universidade de Valência*, Espanha, propõem a exploração dos limites dos modelos

clássicos, a fim de que o aluno possa entender a crise vivida pela Física clássica no final do século XIX e sua superação com o nascimento de uma nova concepção científica. Pelo contrário, para Fishler e Lichtfeldt (1992), da *Universidade Livre de Berlin*, Alemanha, deve-se evitar referências aos modelos simiclássicos, já que eles confundem o pensamento do estudante em seu aprendizado dos conceitos e modelos utilizados na Física Quântica. Uma metodologia intermediária é expressa por Arons (1990), da Universidade de Washington, EUA, que respeita a evolução histórica dos conceitos físicos, mas defende uma seleção cautelosa de conteúdos que permita ao aluno ter uma noção básica de conceitos essenciais da FMC, como elétrons, fótons, núcleos e estrutura atômica, evitando tudo o que não for necessário para atingir o “clímax” do assunto (JUNIOR, 2003, p.16).

2.2 O que dizem os PCNs

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) é um conjunto de documentos que expressa uma referência para reflexão e possíveis transformações na educação brasileira. Eles nos trazem uma proposta do conteúdo a ser ensinado e de como ensinar, além disso, nos oferece orientações didáticas na difícil missão de avaliar o aprendizado. A principal finalidade desse documento é subsidiar a tarefa do professor em sala de aula. Os conteúdos de Física que devem estar presentes nas aulas do ensino médio ganharam um sentido mais amplo a partir da elaboração dos PCNs.

Os PCNs destacam como objetivos do ensino médio em todas as áreas de ensino, desenvolver conhecimentos práticos de forma contextualizada que respondam a necessidade contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo.

Segundo os PCNs o ensino de Física na escola média tem como função, contribuir para a formação dos indivíduos oferecendo-lhes uma cultura científica efetiva, que permita interpretar fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza, sendo o homem parte da própria natureza em transformação. Para tanto a Física deve ser ensinada como uma ciência inacabada e em contínua transformação, sendo associada às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário que a Física ensinada no nível médio inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional.

Em suas propostas, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) ressaltam a importância de uma renovação curricular, pois disciplinas da área das ciências, a Física, por exemplo, têm omitido conteúdos necessários à compreensão das tecnologias desenvolvidas a

partir do século XX, tratando de forma excessiva os conteúdos da chamada Física Clássica, sendo que os alunos são muitas vezes levados a aprender esses conteúdos pelo método puramente tradicional, sem sequer haver uma contextualização do desenvolvimento da ciência de forma que o aluno continua achando que os conteúdos ensinados são sempre condizentes com a realidade física.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN) apontam a forma como a Física vem sendo ensinada na grande maioria das escolas brasileiras de Ensino Médio. A ênfase na memorização e aplicação direta de fórmulas, bem como a descontextualização do desenvolvimento desta ciência, têm contribuído fortemente para distanciá-la dos estudantes e torná-la quase um mito, razões pelas quais essa forma de abordagem tem sido alvo de muitas críticas (D'AGOSTIN, 2008, p. 4).

Há muitas críticas quanto à organização do currículo escolar, pois este ainda contempla de forma excessiva o ensino da física produzida até o final do século XIX, negligenciando o ensino da física produzida a partir daí. Em alguns países o currículo secundário já sofreu mudanças. De acordo com (OSTERMAN, *apud* SANCHES, 2006, p. 3) “em vários países desenvolvidos já foi superada a etapa de ‘levantamento de justificativas’ para a inserção da FMC e seus sistemas escolares contemplam nos currículos, quase sem exceção, o tratamento de tópicos modernos”. Segundo (CANATO, *apud* SANCHES, 2006, p. 3) a Inglaterra e alguns países do Reino Unido sofreram, em 2000, mudanças curriculares nas quais a FMC aparece como parte fundamental. No Brasil, entretanto, esse processo está ocorrendo de forma bem lenta, sendo que existem algumas iniciativas, mas nada de concreto ainda foi realizado. De acordo com as orientações curriculares dos PCNs, é uma das tarefas do professor, decidir quais temas são relevantes para a formação do aluno e a partir disso elaborar seu plano de forma a contemplar esses assuntos.

Com o objetivo de trazer essa parte atraente e necessária da Física para sala de aula, os PCN buscam divulgar orientações para que o professor sinta-se seguro para lecionar os fatos que trouxeram uma mudança na forma de pensar da Física. Evidente que a Física Clássica não será desprezada ou cairá em desuso, mas é notório que os conhecimentos desenvolvidos pela FMC têm mudado modos de vida e empregos em todo mundo, sendo necessário que os indivíduos adquiram conhecimentos e saibam operar com a modernidade (SOUZA, 2009, p. 55).

Diversos pesquisadores vêm defendendo a inserção da FMC no EM, verificando sua viabilidade e elaborando instrumentos facilitadores da transposição de tais conteúdos. Os Parâmetros Curriculares Nacionais reforçam tais necessidades ao estabelecer critérios para um ensino capaz de formar cidadãos efetivos no exercício da cidadania.

Documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a Nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB), estão ajudando a influenciar essas inovações. Em vários

aspectos, esses documentos apontam para um ensino que envolva uma realidade mais recente, uma formação para a cidadania, um ensino de ciências que prepara o cidadão para enfrentar os obstáculos da vida (SILVA, 2006, p. 24).

A formação que o aluno deve ter em física precisa lhe possibilitar exercer sua cidadania de forma atuante e solidária, possuindo instrumentos suficientes para compreender, intervir e participar na realidade e isto é defendido pelos PCNs. Esses documentos preveem que mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim deverão ter adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. Nesse sentido, a física a eles apresentada deve ser capaz de gerar um conjunto de competências específicas que lhes permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnada de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado.

Outro documento vem causando-nos boas impressões e fazendo acreditar cada vez mais em futuras melhorias significantes na educação do nosso país. O Plano Nacional de Educação (PNE), criado através de um projeto de lei para vigorar de 2011 a 2020, foi enviado pelo governo federal ao Congresso em 15 de dezembro de 2010. O novo PNE apresenta dez diretrizes objetivas e 20 metas, seguidas das estratégias específicas de concretização. O texto prevê formas de a sociedade monitorar e cobrar cada uma das conquistas previstas. Dentre as estratégias estão:

a) Institucionalizar programa nacional de diversificação curricular do ensino médio a fim de incentivar abordagens interdisciplinares estruturadas pela relação entre teoria e prática, discriminando-se conteúdos obrigatórios e conteúdos eletivos articulados em dimensões temáticas tais como ciência, trabalho, tecnologia, cultura e esporte, apoiado por meio de ações de aquisição de equipamentos e laboratórios, produção de material didático específico e formação continuada de professores.

b) Aprimorar continuamente os instrumentos de avaliação da qualidade do ensino fundamental e médio, de forma a englobar o ensino de ciências nos exames aplicados nos anos finais do ensino fundamental e incorporar o Exame Nacional de Ensino Médio ENEM ao sistema de avaliação da educação básica.

c) Fomentar o desenvolvimento de tecnologias educacionais e de inovação das práticas pedagógicas nos sistemas de ensino, que assegurem a melhoria do fluxo escolar e a aprendizagem dos estudantes.

d) Fomentar a oferta de educação superior pública e gratuita prioritariamente para a formação de professores para a educação básica, sobretudo nas áreas de ciências e matemática, bem como para atender o déficit de profissionais em áreas específicas.

O PNE estabelece como meta a valorização dos profissionais da educação e formação de 50% dos professores da educação básica em nível de pós-graduação *lato e stricto sensu*, garantindo-os formação continuada em sua área de atuação.

Segundo a fala do ministro da educação Fernando Haddad, em palestra no dia 14 de julho de 2011, a valorização do magistério, a proporcionalidade entre os recursos destinados à educação e o Produto Interno Bruto (PIB) e o enfoque qualitativo na análise dos resultados são objetivos do Plano Nacional de Educação (PNE).

2.3 Questões de Pesquisa

Considerando tudo o que foi exposto anteriormente, emergiram as seguintes questões de pesquisa:

1. Qual é a opinião de professores quanto à viabilidade da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM)?
2. Os professores sentem-se aptos a ministrar esse tipo de conteúdo?
3. Os professores concordam com a inserção da Relatividade Restrita (RR) ao longo dos três anos do EM?
4. Os livros didáticos disponíveis são adequados?
5. O que os alunos acham das aulas de Física?
6. Os alunos sabem a diferença entre Física Moderna e Física Clássica?

7. Os alunos desejam estudar Relatividade Restrita no ensino Médio? Se sim, a partir de que ano eles gostariam de começar?

Acreditamos que uma abordagem que leve os alunos a construir novos saberes através de um processo em que os antigos saberes sejam modificados de forma dinâmica e interativa e, ao mesmo tempo dando-lhes tempo para adquirir uma compreensão maior do que lhes foi transmitido e posicionar-se durante as aulas, é a melhor forma de conduzir esse tipo de aprendizado.

A fim de construir um melhor cenário, desenvolvemos uma pesquisa visando à inserção da Relatividade Restrita, estruturada no referencial teórico Aprendizagem Significativa, que considera aquilo que o aluno já sabe, denominado de subsunçores, que se relaciona de forma não arbitrária e literal com a nova informação, dotando assim a aprendizagem de sentido e tornando-a significativa.

3 BASE TEÓRICA

É um grande desafio para o professor potencializar o aprendizado do aluno. Nesse aspecto é importante considerar as teorias de aprendizagem, uma vez que elas possibilitam aos professores adquirir conhecimentos, atitudes e habilidades que lhes permitirão alcançar melhor os objetivos do ensino. Tais teorias buscam reconhecer a dinâmica envolvida nos atos de ensinar e aprender, partindo do reconhecimento da evolução cognitiva do homem, e tentam explicar a relação entre o conhecimento pré-existente e o novo conhecimento. Optamos por utilizar como referenciais teóricos a teoria da aprendizagem significativa na visão de Ausubel e Novak. A seguir apresentamos os principais fundamentos e conceitos da aprendizagem significativa na visão desses dois autores.

3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Ausubel nasceu em 1918, na cidade de Nova York, graduou-se em Psicologia, obtendo grande destaque nas áreas de psicologia do desenvolvimento e psicologia educacional. Em sua época, o ensino e a aprendizagem eram examinados como estímulos, respostas e esforços, não como significados. O ponto mais marcante na vida de Ausubel enquanto educador foi a proposição de uma teoria explicativa do processo de aprendizagem humana, sendo ela embasada nos princípios organizacionais da cognição, dando maior importância ao conhecimento e o entendimento de informações ao invés da memorização mecânica. Sua teoria tem como pressuposto principal a relação de conteúdos, que vão se agregando de forma hierarquizada e mais complexa de acordo com a ligação a conhecimentos prévios, os chamados subsunçores, os quais funcionam como “âncoras”, propiciando tanto a aprendizagem, quanto o crescimento cognitivo dos indivíduos.

Segundo (MOREIRA, c1999, p.10), já não se fala mais em estímulo, resposta e reforço positivo. As palavras de ordem são *aprendizagem significativa*, *mudança conceitual* e, naturalmente, *construtivismo*. Para ser bom professor é preciso ser construtivista, promover uma mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa.

David Ausubel introduziu, inicialmente, a teoria da Aprendizagem Significativa em 1962 com o título de “Uma Teoria da Subsunção da Aprendizagem Significativa e da retenção.” Em 1963, publicou *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, elaborada com as ideias apresentadas anteriormente. Finalmente em 1968, foi

publicada uma visão mais global das suas ideias em *Educational Psychology: A Cognitive View* (Ausubel, 1968) (NOVAK, 2000, p. 49).

Para AUSUBEL (2003), as informações são armazenadas na mente humana de forma extremamente organizada, formando uma espécie de hierarquia conceitual, na qual os elementos mais específicos são ligados e assimilados por conceitos, ideias e proposições mais gerais e inclusivas. Isso resulta da interação existente entre os subsunçores existentes e os novos conteúdos que estão sendo incluídos na estrutura cognitiva do indivíduo, produzindo o que chamamos de aprendizagem significativa.

A ideia principal na teoria de Ausubel é que novas informações passam a fazer parte da estrutura cognitiva do indivíduo a partir da interação com significados relevantes pré-existentes, os chamados subsunçores. Para que exista essa interação entre o conhecimento externo e o interno, faz-se necessário que o indivíduo decida aprender. Cabe ao professor estimular o aluno a querer aprender, valendo-se de algumas ferramentas, que podem ser: a relevância do conteúdo, posto suas aplicações no cotidiano, seu aspecto revolucionário ou mesmo o uso dos mapas conceituais.

NOVAK (2000, p. 19) coloca como requisitos para a ocorrência de uma aprendizagem significativa os seguintes pontos:

- i) Conhecimentos anteriores relevantes: ou seja, o formando deve saber algumas informações que se relacionam com as novas, a serem aprendidas de forma não trivial.
- ii) Material significativo: ou seja, os conhecimentos a serem aprendidos devem ser relevantes para outros conhecimentos e devem conter conceitos e proposições significativos.
- iii) O formando deve escolher aprender significativamente. Ou seja, o formando deve escolher, consciente e intencionalmente, relacionar os novos conhecimentos com outros que já conhece de forma não trivial.

A condição de que o material seja potencialmente significativo envolve dois fatores principais, ou duas condições subjacentes, quais sejam: a natureza do material, em si; e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto á natureza do material, ele deve ser *logicamente significativo* ou *ter significado lógico*, isto é, ser suficientemente não-arbitrário e não-aleatório, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não-arbitrária, as ideias correspondentemente relevantes, que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material poderá se relacionar (MOREIRA, c1999, p. 21).

Um professor para ser bem sucedido deve valer-se, além do pensamento do aluno, de seu conhecimento prévio, sentimentos e ações, dos processos possíveis de aprendizagem, que são:

Aprendizagem por recepção – Tipo de aprendizagem através da qual o conteúdo a ser aprendido é apresentado de uma forma mais ou menos final. Trata-se de um processo automático, mas que também deve revestir-se de caráter significativo.

Aprendizagem por descoberta – A característica essencial é que o conteúdo principal do que vai ser aprendido não é dado, mas deve ser descoberto pelo aluno antes que possa ser incorporado, significativamente, à sua estrutura cognitiva. É o tipo de aprendizagem própria das fases iniciais do desenvolvimento cognitivo e dos problemas do cotidiano.

Aprendizagem mecânica ou repetitiva – O conhecimento é adquirido com pouco ou nenhuma intersecção com conceitos ou proposições relevantes que já fazem parte da estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, o conhecimento é armazenado de forma arbitrária e literal, isto é, sem estabelecer ligações com conceitos já existentes na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação.

Aprendizagem significativa – O indivíduo adquire novos significados a partir da interação com os que ele já dispõe em sua estrutura cognitiva.

“O ser humano faz três coisas: pensa, sente e age. Uma teoria da educação para o ser humano deve considerar cada um destes aspectos e explicar como melhorar as formas como este pensa, sente e age”.

(Novak)

À primeira vista pode-se pensar que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica são contrárias, isto é, a aprendizagem sendo significativa fica excluída a possibilidade de ser mecânica ou vice-versa. Na visão de Ausubel, esses dois tipos de aprendizado não geram uma dicotomia, ele as considera como sendo dois extremos de um contínuo.

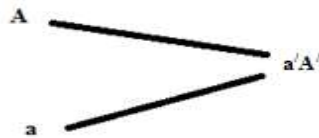
Isto significa que a aprendizagem por descoberta não é necessariamente significativa, nem a aprendizagem por recepção é obrigatoriamente mecânica. Tanto uma

como a outra podem ser significativa ou mecânica, dependendo da maneira como a nova informação é armazenada.

A condição estabelecida por Ausubel para que tanto a aprendizagem por recepção quanto a aprendizagem por descoberta sejam significativas é que as novas informações se incorporem de um modo não arbitrário e literal à estrutura cognitiva do aprendiz.

A aquisição de significados na Estrutura Cognitiva se dá através da Assimilação, que pode ser exemplificada através do seguinte esquema:

Figura 1 – Processo de assimilação de um conceito **A**, a partir da modificação de um subsunçor **a**.



Fonte: Adaptado de Moreira c1999.

O processo de assimilação ocorre quando uma ideia, conceito ou proposição **A**, potencialmente significativo, é relacionado e assimilado por um subsunçor **a**, já estabelecido na estrutura cognitiva, possibilitando uma extensão, elaboração ou qualificação do mesmo e gerando um produto interacional **a/A'**.

Para MOREIRA (c1999), o verdadeiro produto do processo interacional que caracteriza a aprendizagem significativa não é apenas o novo significado de **A'**, inclui também a modificação da ideia âncora, sendo, conseqüentemente, o significado composto de **a/A'**.

Ainda na visão de MOREIRA (c1999), se um conceito deve ser aprendido por um aluno, por exemplo, o de força nuclear, ele deve ser aprendido por aquele aluno que já possui o conceito de força bem estabelecido em sua estrutura cognitiva, o novo conceito específico (força nuclear) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (força) já presente na estrutura cognitiva do aprendiz. Entretanto, considerando que esse tipo de força é de curto alcance (em contraposição aos outros que são de longo alcance), não somente o conceito de força nuclear adquirirá significado para o aluno, mas também o conceito geral de força que ele já possuía será modificado e tornar-se-á mais inclusivo (isto é, agora seu conceito de força incluirá também o de forças de curto alcance).

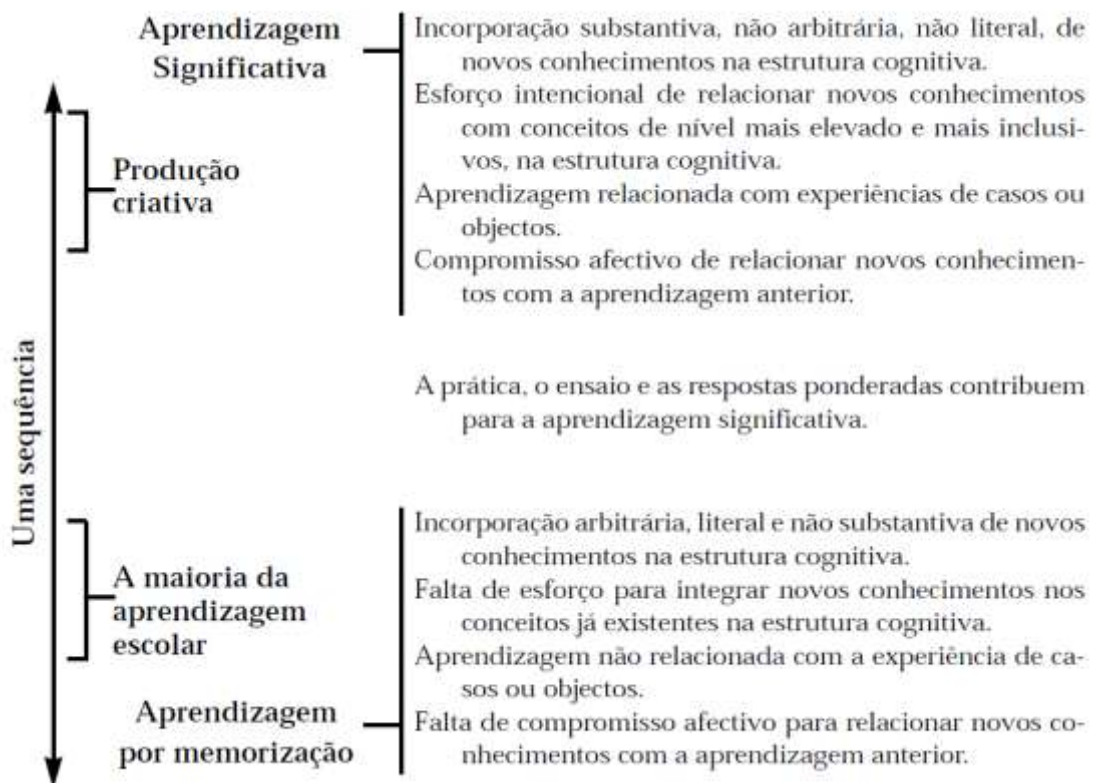
Quando as estruturas do conhecimento estão bem organizadas, os conceitos mais elevados, que são mais inclusivos e gerais, subordinam os conceitos de nível mais baixo, que são mais específicos e menos gerais.

"...o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo."

(Ausubel)

O produto interacional a/A' poderá sofrer modificações ao longo do tempo, e desta forma o processo de assimilação não é algo definitivo, acabado, mas pode se modificar com o tempo e envolver novas aprendizagens.

Figura 2 – Características da Aprendizagem humana, demonstrando variações numa sequência, desde a simples aprendizagem por memorização até a altamente significativa. Apenas os níveis elevados de aprendizagem levam à produção criativa.



Fonte: NOVAK, 2000, p. 20.

3.2 Joseph Donald Novak e os Mapas Conceituais

Joseph Donald Novak nasceu em 1932, é um empresário e educador americano, professor emérito na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, conhecido mundialmente por dar continuidade à teoria Ausubel, a ele é atribuída a invenção dos mapas conceituais.

Em seu livro “Aprender, criar e utilizar o conhecimento”, Novak (2000) trata da educação se propondo a responder a uma pergunta fundamental que está relacionada à dificuldade encontrada pelas pessoas em organizar, utilizar e criar o conhecimento. Novak deu continuidade aos estudos de Ausubel, sendo sua proposta bem mais ambiciosa. Ele definiu uma Teoria da Educação que integra a Teoria da Aprendizagem. Seu trabalho é baseado na teoria cognitiva de David Ausubel, que destaca a importância do conhecimento prévio do aluno, sendo que o mesmo pode fazer uso deste para agregar novos conceitos.

Os mapas conceituais, ou como também chamados mapas de conceitos, são diagramas construídos para indicar relações entre conceitos e sistematizar o conhecimento significativo. Eles tiveram sua origem no movimento de aprendizagem chamada construtivismo. Em particular, os construtivistas afirmam que os alunos constroem ativamente o conhecimento.

Os mapas conceituais podem ser utilizados como uma forma complementar de avaliar a aprendizagem dos alunos. Se bem utilizados, podem contribuir significativamente com o progresso de uma turma inteira e ajudar ao professor na hora de avaliar suas aulas e buscar estratégias para melhorá-las.

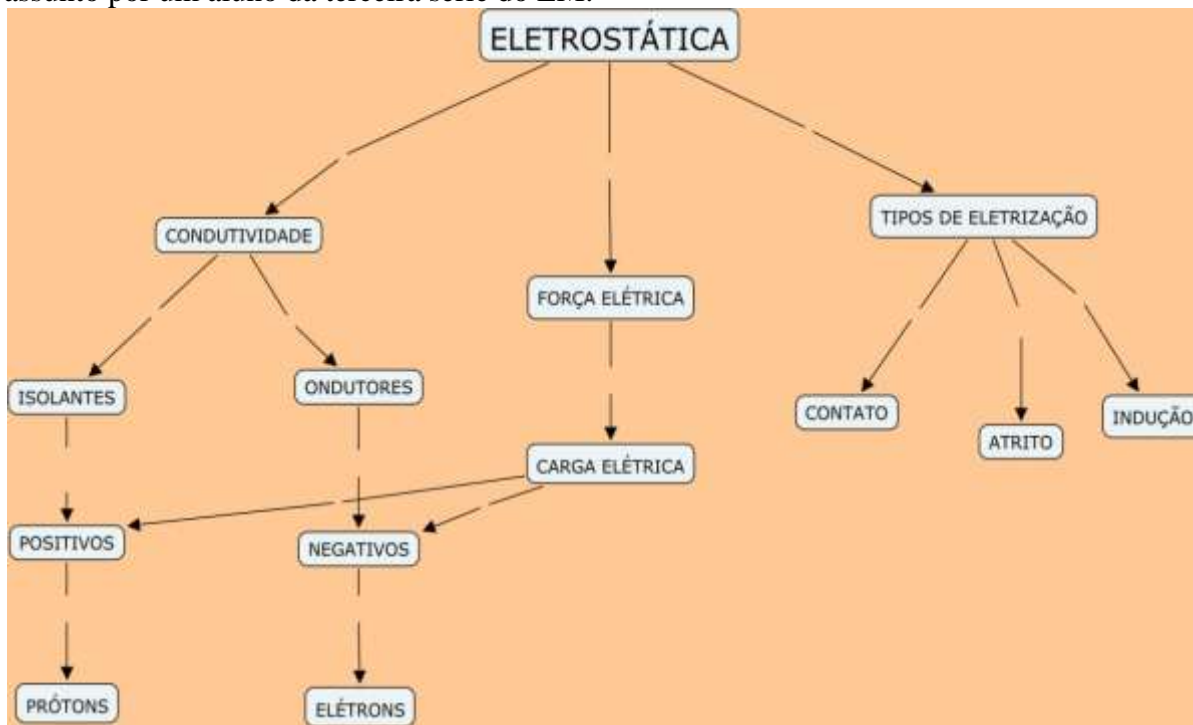
É provável que a avaliação seja um dos aspectos do processo ensino/aprendizagem, em que mais se faça necessária uma mudança didática, pois as inovações no currículo não podem ser consideradas consolidadas se não se refletem em transformações similares na avaliação.

Para CARVALHO e PÉREZ (2006), resultados questionam a suposta precisão e objetividade da avaliação, mostrando-nos até que ponto as valorizações estão submetidas a amplíssimas margens de incerteza, e por outro lado nos fazem ver que a avaliação constitui um instrumento que afeta decisivamente aquilo que se pretende medir. Para esses autores, nós professores nos enganamos ao qualificar e contribuimos para que os nossos preconceitos se transformem em realidade.

A figura 3, sobre Eletricidade, é um mapa preparado por um aluno da 2ª série do EM. No mapa fica evidente o fato do aluno ter em sua estrutura cognitiva a palavra isolante associada aos prótons, enquanto que os elétrons estão associados aos condutores, em sua concepção. Ao analisar um mapa como esse, o professor passa a ter noção do que os alunos

realmente sabem e em que pontos ele deve dedicar mais atenção. Uma futura aula poderia ser iniciada com alguns esclarecimentos acerca de cargas elétricas, condutores e isolantes.

Figura 3 – Mapa conceitual sobre Eletrostática, construído após uma aula do assunto por um aluno da terceira série do EM.



Fonte: GOMES, Silas M. N, 2012, p. 35 (adaptado pelo autor).

Para CARVALHO e PÉREZ (2006, p. 59), saber avaliar é:

a) Conceber e utilizar avaliação como instrumento de aprendizagem que permita fornecer um *feedback* adequado para promover o avanço dos alunos. Como formador de pesquisadores iniciantes, o professor deve considerar-se como responsável pelos resultados que estes obtiverem; sua pergunta não pode ser “quem merece uma valorização positiva e quem não”, mas “que auxílio precisa cada um para continuar avançando e alcançar os resultados desejados”.

b) Ampliar o conceito e a prática da avaliação ao conjunto de saberes, destrezas e atitudes que interesse contemplar na aprendizagem das ciências, superando sua habitual limitação à rememoração repetitiva de conteúdos conceituais.

c) Introduzir formas de avaliação de sua própria tarefa docente (com participação dos alunos e outros professores) como instrumento de melhoria do ensino.

Os mapas conceituais se enquadram perfeitamente nessas exigências estabelecidas por CARVALHO e PÉREZ, uma vez que permite ao professor avaliar o aluno de forma a buscar ajudá-los na busca pelo aprendizado e ao mesmo tempo produzir uma avaliação de si próprio com a ajuda dos alunos.

3.3 Mapas Conceituais e a Aprendizagem Significativa

Para Novak (1996, apud MOREIRA, c1999, p. 35): “a aprendizagem significativa subjaz à interação construtivista entre pensamento, sentimento e ação, que conduz ao engrandecimento humano”.

A teoria acerca dos mapas conceituais veio como uma ferramenta a ser utilizada na aprendizagem significativa proposta por David Ausubel. É importante ressaltar conforme Moreira (2010) que Ausubel não chegou a mencionar os mapas conceituais, este, trata-se de uma técnica desenvolvida por Novak e seus colaboradores na década de setenta do século XX. Ainda hoje podemos perceber professores conduzindo suas aulas de forma estritamente mecânica e memorística, ao passo que existem inúmeras teorias de aprendizagem que poderiam lhes auxiliar em suas aulas de forma a torná-las mais dinâmicas e atraentes. Nessa ótica desejamos apresentar a aprendizagem significativa e os mapas conceituais àqueles que os desconhecem, fornecendo-lhes uma das possibilidades de melhor ensinar e avaliar o que o aluno aprende.

A estreita relação entre mapas conceituais e aprendizagem significativa vem do fato de que logo após seu aparecimento essa estratégia revelou ter um alto potencial para facilitar a negociação, construção e aquisição de significados. Não se deve, porém confundir as duas coisas, porém: se mal utilizados, mapas conceituais podem também gerar aprendizagem mecânica, puramente memorística, como tanta outras estratégias instrucionais MOREIRA (2010, p. 17).

Segundo OKADA (2003), para que os aprendizes possam compreender conceitos de modo significativo, é importante criar atividades pedagógicas que possibilitem desafios nos quais eles possam articular conceitos já existentes com novos conceitos a serem incorporados. Além disso, permitir a visualização dessas conexões realizadas. É nesse sentido que os mapas conceituais podem auxiliar, possibilitando uma representação dessas articulações.

Os mapas conceituais propiciam a representação de uma estrutura conceitual e suas diversas relações. Além disso, eles oferecem uma forma de registro mais flexível e dinâmica que a escrita de texto. Os mapas, por terem uma estrutura gráfica, permitem que conceitos sejam registrados através de palavras-chave e relações estabelecidas através de linhas. Desse modo, a interface gráfica de um mapa torna mais fácil trazer conceitos cujas relações podem ser estabelecidas sem uma ordem predefinida e de modo multilinear.

Os mapas fornecem uma integração de diversos materiais e diversas fontes. Dentro da ótica de uma aprendizagem significativa, eles podem ser aplicados em diversos contextos: currículo, pesquisa, letramento, leitura escrita, gestão, aprendizado, etc.

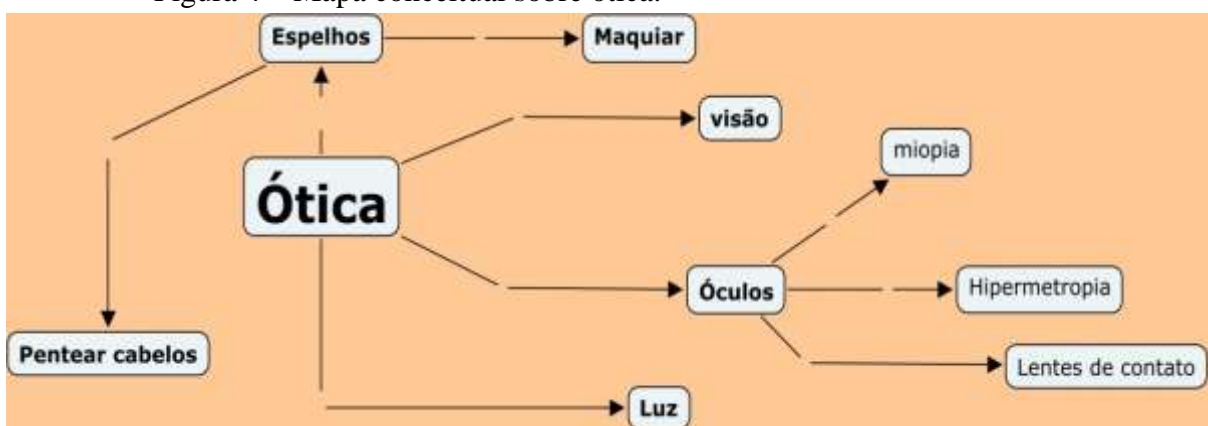
3.4 A aplicação dos mapas no ensino, na aprendizagem e avaliação

As atividades pedagógicas envolvendo mapas conceituais são variadas. Eles podem ser utilizados durante:

- a) Discussão inicial para introdução de um novo conceito;

A figura 4 corresponde a um mapa conceitual elaborado por uma turma do segundo ano em uma aula introdutória de Ótica. No mapa os alunos expõem as palavras ou conceitos que eles associam à ótica.

Figura 4 – Mapa conceitual sobre ótica.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O professor pode fazer uso do mapa para motivar os alunos a aprenderem justificando como o estudo da Ótica pode lhes possibilitar compreender melhor tudo isso que

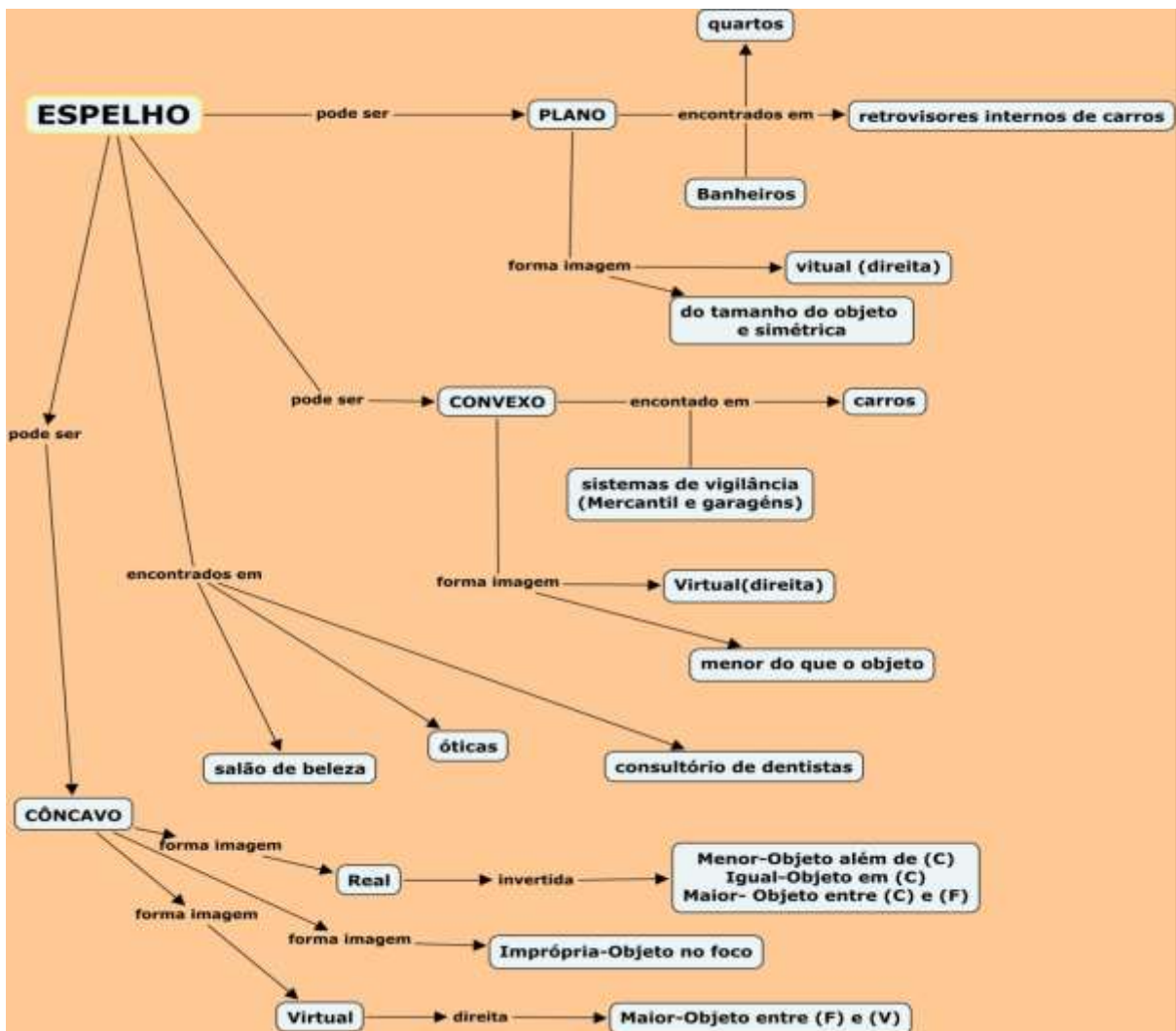
eles listaram e a partir da compreensão como eles poderão fazer um melhor uso desses objetos, assim como explicar o funcionamento deles.

Após a aula o professor poderá ainda refazer o mapa de forma a incluir nele outros conceitos como a classificação da Ótica quanto Física ou Geométrica, destacando os fenômenos da reflexão, refração, absorção, interferência, difração e polarização.

b) Sistematização de conceitos vistos e aprendidos no final de algum módulo;

A figura 5 mostra um mapa construído por mim após a abordagem do conteúdo referente a espelho. O mapa sistematiza os conceitos que os alunos deveriam aprender durante as aulas.

Figura 5 – Mapa conceitual representando conceitos sobre espelhos.

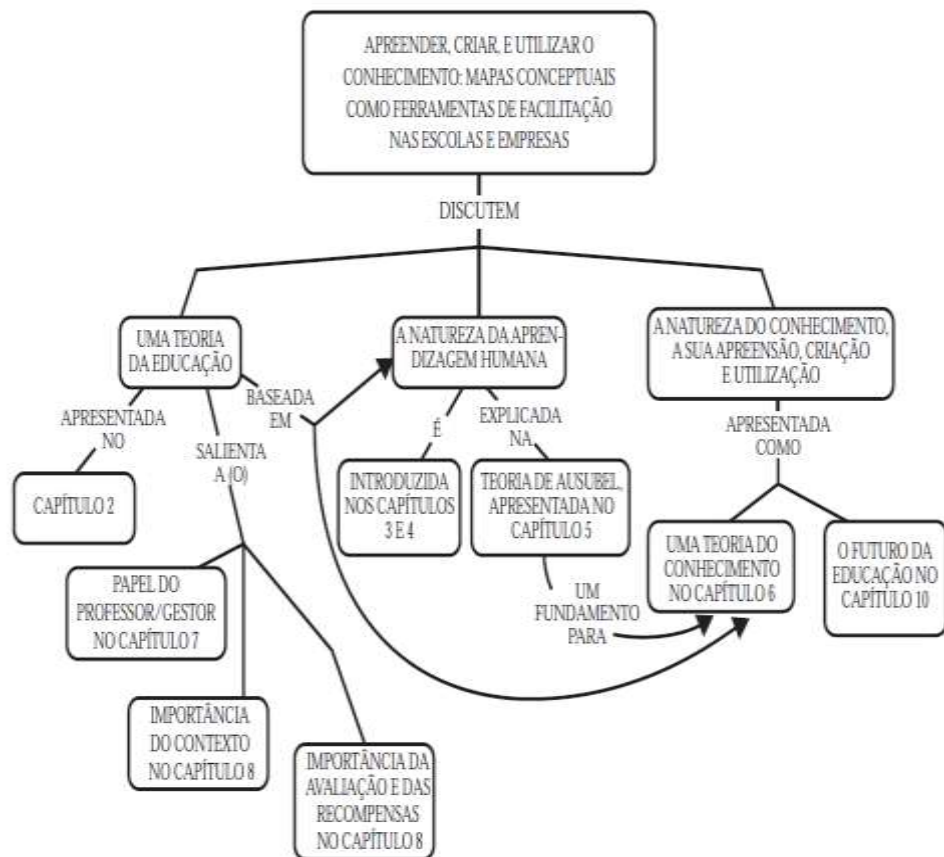


Fonte: Elaborada pelo autor.

c) Síntese de conceitos pesquisados em livros ou na Internet;

A figura a seguir é um mapa conceitual com as ideias-chave do livro de Novak citado anteriormente.

Figura 6 – Mapa conceitual com as ideias principais do livro de Novak.

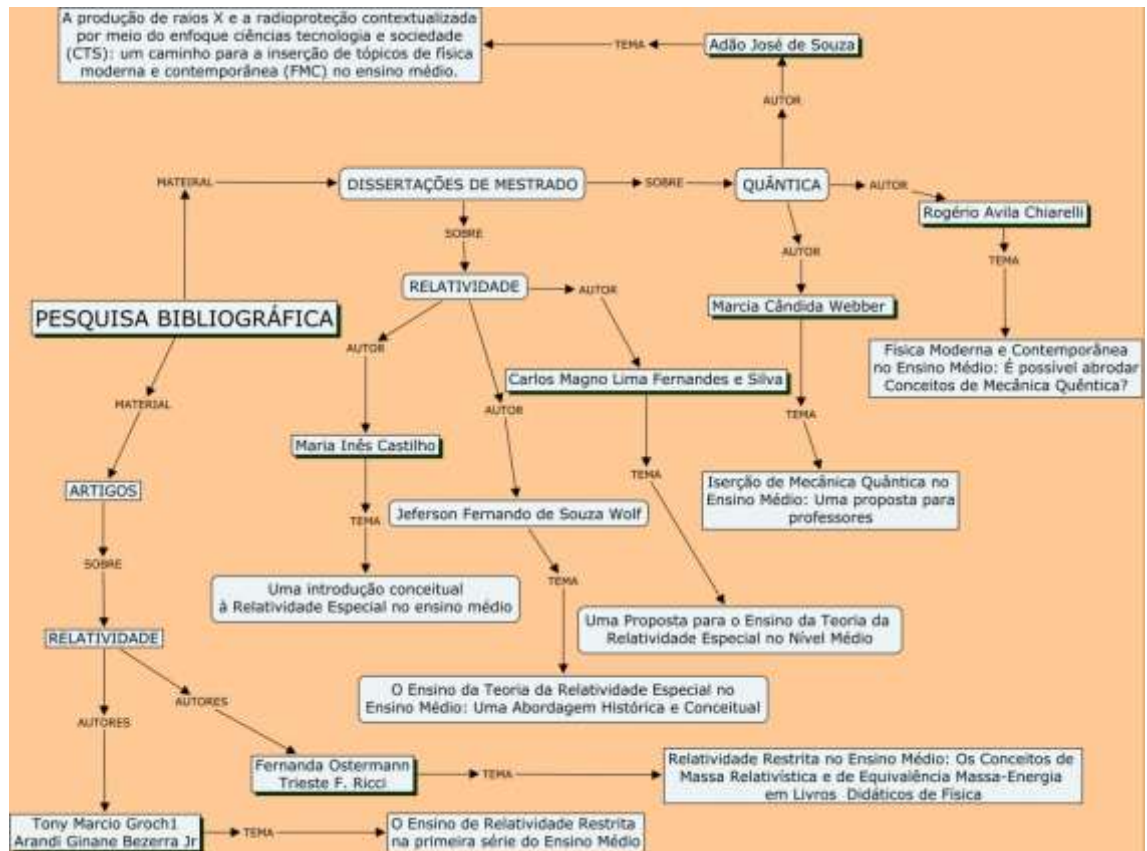


Fonte: de NOVAK 2000, p. 2.

d) Estruturação de material de consulta e referência na web agrupada por conceitos.

A figura 7 mostra um mapa conceitual utilizado para estruturar parte do material colhido na pesquisa bibliográfica dessa dissertação. O mapa conceitual é bem útil nesse caso pois lhe dá uma visão ampla do material pesquisado através de categorias. Dentro do mapa pode ser inserido um link que o leva direto para a pasta ou site onde o material se encontra.

Figura 7 – Mapa conceitual utilizado na pesquisa bibliográfica dessa dissertação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

e) Leitura de um texto, para mapeamento de conceitos.

f) Organização de ideias e informações para escrita de um texto de modo mais criativo.

É necessário saber dirigir as atividades dos alunos para que estes possam aprender significativamente construindo novos conceitos a partir dos conceitos já adquiridos (conceitos subsunçores).

Cabe ao professor:

a) Apresentar adequadamente as atividades a serem realizadas, tornando possível aos alunos adquirir uma concepção global da tarefa e o interesse pela mesma.

Nesse contexto os mapas conceituais podem ser utilizados para trazer essa visão geral das atividades a serem desenvolvidas, bem como algumas motivações para sua realização, para que assim o aluno sintá-se motivado a desenvolver tais atividades.

b) Saber dirigir de forma ordenada as atividades de aprendizagem. Facilitar, em particular, o funcionamento dos pequenos grupos e intercâmbios enriquecedores, dirigindo adequadamente as observações em comum e tomando decisões fundamentais no complexo contexto que compõem uma classe.

O uso de mapas conceituais possibilita ao professor trabalhar de forma mais ordenada e organizada. Os alunos também podem produzir os seus próprios mapas, esboçando suas ideias sobre o tema, fazendo uma exposição de seus conceitos subsunçores e a partir daí o professor poderá conduzir a aprendizagem de forma a torná-la efetiva.

c) Realizar sínteses e reformulações que valorizem as contribuições dos alunos e orientem devidamente o desenvolvimento da tarefa.

Os mapas conceituais são adequados à produção de sínteses e reformulações que podem ser desenvolvidas em equipes, e logo mais com suas exposições podem ser enriquecidas com sugestões e correções devidas do professor.

d) Facilitar de maneira oportuna à informação necessária para que os alunos apreciem a validade de seu trabalho, abrindo-lhes novas perspectivas etc.

Os conceitos e ideias trazidos pelos alunos serviram na reconstrução do conhecimento, de forma que grupos individuais contribuam com o trabalho do coletivo.

e) Criar um bom clima de funcionamento da aula, sabendo que uma boa “disciplina” é o resultado de um trabalho interessante e de um relacionamento correto entre professor e alunos, marcado pela cordialidade e aceitação.

O ato de criar mapas conceituais aumenta a interatividade entre alunos e, alunos e professores, resultando em um bom clima de funcionamento da aula.

f) Contribuir para estabelecer formas de organização escolar que favoreçam interações frutíferas entre a aula, a escola e o meio exterior.

Essas interações poderão ser possibilitadas com a análise dos mapas já produzidos pelas equipes. E estes serão formados com o conteúdo aprendido em sala de aula e conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do próprio aluno e adquirido com sua vivência na sociedade.

g) Saber agir, enfim, como especialista capaz de dirigir o trabalho de várias equipes de “pesquisadores iniciantes” e de transmitir seu próprio interesse pela tarefa e pelos avanços de cada aluno.

O professor deve saber agir como orientador das equipes de “pesquisadores iniciantes” criando um ambiente de trabalho adequado e transmitindo-lhes seu próprio interesse pela tarefa desenvolvida e pelo progresso de cada aluno.

4 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Há mais de 40 anos pesquisadores em ciência vêm defendendo a introdução de conceitos de RR no EM. Como resultado desses trabalhos vários autores de livros didáticos têm inserido assuntos de FMC em suas obras, conforme citado no capítulo 1.

Embora alguns livros didáticos já abordem a RR em seus textos, essa abordagem ainda é muito tímida. A forma como os conteúdos são expostos faz com que os alunos sejam levados a decorar fórmulas, sendo estas muitas vezes desprovidas de significados para eles. Quanto ao professor, esses livros os instigam a permanecer numa postura tradicionalista conduzindo os seus alunos a uma aprendizagem estritamente mecânica.

O presente trabalho norteia-se nos seguintes objetivos ou questões de pesquisa:

i) Sondar se os alunos do EM possuem motivação para aprender tópicos de RR;

iii) Averiguar se os professores do EM sentem-se preparados para ensinar RR;

iii) Verificar com professores e alunos através da aplicação de um questionário a viabilidade de inserção da RR ao longo dos três anos do EM;

iv) Produzir um material didático para ser usado por professores numa possível aplicação de uma proposta de ensino da RR que se dê durante os três anos do EM.

Como resultado dessa pesquisa desejamos reafirmar cada vez mais a importância da inserção do ensino da RR no nível médio e, através da disponibilização de um material didático destinado a professores, com uma abordagem dividida ao longo do triênio do EM pretendemos contribuir com a viabilização do ensino de Relatividade nesse nível de ensino.

4.1 Delimitações do campo de pesquisa e procedimentos metodológicos

Esse trabalho de pesquisa foi realizado nas escolas de Ensino infantil, Fundamental e Médio; Escola Modelo de Iguatu e Centro Educacional Cenecista Ruy Barbosa. A concretização desse trabalho se efetivou mediante:

a) A aplicação de questionários para alunos do segundo e terceiro anos nas duas escolas citadas;

b) A aplicação de questionário para professores da rede pública e privada de ensino na cidade de Iguatu-CE;

c) Entrevista com aluna do Ensino Fundamental;

d) A aplicação dos módulos de ensino I e II na segunda série do EM no Centro Educacional Cenecista Ruy Barbosa;

e) A aplicação dos módulos I, II e II para alunos do terceiro ano nas duas escolas citadas.

Quadro 1 - Síntese dos procedimentos metodológicos utilizados na realização da pesquisa bibliográfica.

Instrumento	Objetivos	Sujeitos
Pesquisa Bibliográfica	Verificar o que já havia sido produzido sobre a inserção da FMC no EM;	Artigos Científicos e Dissertações de Mestrado.
	Verificar o que ainda poderia ser feito para contribuir com uma inserção da FMC no EM.	

Quadro 2 – Síntese dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa com professores e alunos do nível médio.

Instrumentos	Objetivos	Sujeitos
Aplicação de Questionário	Verificar o que os professores pensam sobre a inserção da FMC no EM.	Professores de Física do EM de escolas públicas e particulares
	Verificar se os professores abordam temas de FMC em suas aulas;	
	Verificar se os professores sentem-se preparados para ministrar conteúdos de FMC;	
	Verificar se os professores dispõem de material didático adequado;	
	Averiguar com professores se os mesmos estão de acordo com uma proposta de ensino da RR que se dê ao longo dos três anos do EM.	
Aplicação de Questionário	Averiguar o que os alunos acham das aulas de Física do EM;	Alunos do terceiro ano do Ensino Médio de escolas particulares
	Verificar se os alunos sabem diferenciar a Física Clássica da Física Moderna;	
	Verificar o que os alunos pensam sobre a inserção da RR no EM;	
	Saber em qual ano eles gostariam que iniciasse o estudo da RR.	

Não foi feita uma aplicação em conformidade com a nossa proposta, pois para que isto fosse possível seria necessário um tempo mínimo de três anos, no entanto, o mestrado só dispõe de dois anos para finalização do trabalho de pesquisa. A aplicação feita visa apenas verificar a recepção que os alunos teriam do material e as possíveis dificuldades que seriam enfrentadas numa aplicação integral da proposta, a qual deixamos a cargo dos professores e futuros pesquisadores.

Esperamos que esse trabalho sirva de modelo para uma série de outros que visem a uma reestruturação dos conteúdos gerais de todo sistema de ensino. A nossa pesquisa apontou para um descontentamento por parte de alguns professores quanto à atual forma de organização do currículo escolar.

5 QUESTIONÁRIOS

No início da pesquisa foram elaborados e aplicados dois questionários, sendo que estes objetivavam coletar informações de professores e alunos para responder as questões de pesquisa. A seguir detalhamos os questionários e seus resultados de aplicação.

5.1 Pesquisa com professores

Realizamos uma pesquisa com os professores da rede pública e privada na cidade de Iguatu a fim de saber:

- I. Quais seus pensamentos quanto à inserção da Física Moderna e Contemporânea EM;
- II. Se eles se sentem capazes de ministrar boas aulas sobre tais conteúdos;
- III. Se eles abordam atualmente conteúdos de Física Moderna em suas aulas;
- IV. Se eles dispõem de material didático adequado para ministrar aulas do assunto;
- V. Se eles percebem motivação do aluno para aprender Relatividade Restrita;
- VI. Se eles achariam adequado dividir a TRE em tópicos e abordá-la ao longo dos três anos do ensino médio.

A pesquisa foi feita através da aplicação de um questionário constituído por nove questões e aplicada para 10 professores da rede pública e privada de ensino, na cidade de Iguatu-CE. A seguir expomos algumas das respostas dadas por esses professores.

5.1.2 Questionários para professores

A seguir destacamos individualmente as questões que compõem o questionário para professores e descrevemos algumas das respostas fornecidas pelos professores participantes.

01. *Você acha viável a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio? Justifique.*

Professor A (Escola Pública):

Sim. Uma vez que o avanço tecnológico que presenciamos hoje se deve em grande parte às teorias modernas que permitiram a criação de novos materiais, equipamentos e técnicas de produção.

Professor B: Escola Pública

Sim, além de achar viável, acho necessário. Nos últimos anos foram muitas as descobertas, um verdadeiro salto científico que provocou uma grande revolução tecnológica, enquanto isso a matriz curricular do Ensino Médio que prepara os “futuros cientistas” está 100% voltada para Física Clássica, com ênfase pouco histórica e isso muitas vezes provoca desinteresse nos alunos.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Na realidade da escola particular, acho pouco viável essa inserção. O currículo dessas escolas estão em ressonância com o conteúdo cobrado pelo ENEM. Estas escolas visam o resultado, para manterem-se comercialmente atrativas, e dificilmente iriam querer gastar energias com um conteúdo que não "servisse" para dar resultados.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim, a inserção de pontos nunca vistos torna-se interessante na medida que os mesmos estimulam a novos aprendizados.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim, acho, porém que estamos enfrentando alguns problemas acerca do conteúdo e carga horária.

02. Você se encontra apto a ministrar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para seus alunos? Por quê?

Professor A: Escola Pública

Ainda não, devido ao contato recente com essa área na graduação.

Professor B: Escola Pública

Em parte, me interesso por essa área e acabo estudando de forma extracurricular e vez ou outra abordo em minhas aulas, mas volto a afirmar não faz parte do conteúdo programado para o Ensino Médio.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim. Confesso que no período de graduação não tive uma boa formação em Física Moderna, mas os cursos de Especialização e Mestrado me deram uma boa base para que tivesse segurança em ministrar tais conteúdos.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim. Tenho certa base teórica adquirida na faculdade.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Encontro-me apto, porém precisamos ter uma formação voltada mais para a inserção dos conteúdos em nível de ensino médio.

03. Atualmente você aborda algum conteúdo de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

Professor A: Escola Pública

Ainda não.

Professor B: Escola Pública

Esporadicamente, por questão de curiosidade.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Abordo com meus alunos a título de curiosidade, coisas do tipo: Efeito Fotoelétrico, Radiação do corpo negro e relatividade restrita, mas sempre quando escapo do currículo.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim, já abordo nos terceiros anos da minha escola.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim, na medida do possível trabalho com a física moderna no ensino médio.

04. Você dispõe de Material didático adequado para ministrar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na sua escola?

Professor A: Escola Pública

Apenas os livros didáticos da escola.

Professor B: Escola Pública

Pouco material.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Não.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Só disponho do livro adotado e faço muita pesquisa em sites da internet.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Os livros didáticos hoje já vêm com capítulos para discutir a física moderna, além de podermos inserir textos complementares e pesquisa na Internet.

05. Quais livros didáticos você utiliza? Tais livros abordam tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Caso sua resposta seja positiva, você acha esses livros adequados? Por quê?

Professor A: Escola Pública

Compreendendo a Física e Física. Ambos apresentam o conteúdo. Pela forma que eles exploram o assunto, eles realmente podem ser considerados adequados.

Professor B: Escola Pública

Leciono apenas em escola de ensino médio, onde foi adotado o livro Física-Ciência e Tecnologia, de Carlos Magno A Torres; Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo Antônio de Toledo Soares. Faço uso de outros livros didáticos, mas todos em nível de Ensino Médio.

Nesta coleção que me referi apresenta um tópico sobre Física Moderna no livro 3, no último capítulo, aquele que nunca dá tempo ver (risos). Os livros são adequados em boa parte.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Tópicos de Física e Fundamentos de Física. Os livros trazem uma boa contextualização e mostram aplicações ao dia-a-dia, mas acho que falham no aspecto didático.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Conexão da Física, Física Fundamental ...eles trazem de maneira tímida tais conteúdos, por isso deixam um pouco a desejar do assunto.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Curso de Física de Beatriz Alvarenga e Antonio Máximo e Física de Gualter, Helou e Newton. Ambos oferecem os tópicos de Física moderna, de maneira superficial.

06. Seus alunos possuem algum tipo de conhecimento sobre Física Moderna e Contemporânea? Caso positivo, onde acha que eles adquirem tais conhecimentos?

Professor A: Escola Pública

Não!

Professor B: Escola Pública

Na verdade, a problemática no ensino de Física é muito mais profunda do que simplesmente não ter a Física Moderna abordada neste nível. O aluno está chegando ao ensino médio sem dominar as quatro operações fundamentais da matemática e sem o domínio de leitura, ou seja, o ensino fundamental não está sendo capaz de formar o aluno ao nível que lhe compete e isso provoca uma distorção imensa na proposta de ensino a nível médio. Por muitas vezes, não conseguimos abordar as temáticas propostas porque precisamos antes de tudo alfabetizar o aluno. Não é muito comum, mas acontece de sermos abordados por aluno com um questionamento (curiosidade) relacionado aos estudos da Física Moderna.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Poucos buscam ir além do conhecimento ministrado em sala de aula, mas existem alguns curiosos que vêm tirar dúvidas sobre Relatividade restrita e geral, pois leem revistas científicas ou artigos na Internet.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Não, só adquirem no decorrer das aulas.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Muito pouco, eles passam a conhecer a teoria no decorrer das aulas.

07. Você acha que seus alunos se interessam pela Teoria da Relatividade Restrita?

Professor A: Escola Pública

Sim, uma vez que a RR prediz fenômenos que parecem ter saído de histórias de ficção científica.

Professor B: Escola Pública

Se eles tivessem acesso, creio que se interessariam.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Interessam-se sim, os fenômenos da dilatação do tempo e contração do espaço, fogem a nossa compreensão espontânea e isso faz com que torne o conteúdo atrativo.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

No início acham um pouco complexo, mas depois se empolgam. Isso devido exatamente à falta de conhecimentos básicos.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Na verdade poucos conhecem, alguns já ouviram falar, mas a maioria não tem conhecimento.

08. Se você dispusesse de um material adequado para tratar a Teoria da Relatividade no ensino médio você abordaria?

Professor A: Escola Pública

Sim, principalmente parte histórica da teoria e a transformação que ela causou na ciência.

Professor B: Escola Pública

Eu já faço essa abordagem, porém de forma muito acanhada, por vários motivos, dentre eles, e talvez seja o principal – a falta de conhecimento básico deles (alunos), depois pela preocupação de seguir a matriz curricular ditada pelo estado, depois por falta de material didático, etc.

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Conforme dito anteriormente, embora concorde com a importância da física moderna, nas escolas particulares não existem "brechas" de tempo para que o conteúdo possa ser abordado. Mas seria perfeitamente possível, abordá-lo numa escola pública.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim, por isso vou pesquisar na INTERNET para reforçar o livro que é muito deficiente.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim, é necessária uma adequação e estratégia para aplicar.

09. Você concorda com a inserção da Teoria da relatividade ao longo dos três anos do ensino médio? Caso sua resposta seja sim, como você acha que deveria ser feita a divisão dos tópicos de modo a contemplar os três anos do ensino médio?

Professor A: Escola Pública

Sim. No 1º ano poderia ser tratada a parte histórica e a cinemática relativística. No 2º e 3º anos a parte da Dinâmica relativística.

Professor B: Escola Pública

Concordo. Mas no formato em que as coisas estão acho perigoso (risos). É necessário algumas mudanças começando lá no Ensino Fundamental, Eu voto para que a disciplina de Física seja inserida a partir da 5ª série do ensino fundamental. Porque assim, quando esse aluno chegar no 1º ano do E.M ele não chegará tão analfabeto cientificamente. Quanto à divisão de tópicos, não faz grande diferença se formos trabalhar com um aluno "pronto".

Professor C: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Concordo que a Teoria da relatividade deva ser estudada no 1º ano do ensino médio, modificando a maneira tradicional de ensinar cinemática. Ao invés de sair de pequenas velocidades para grandes, caminhemos no sentido inverso.

Professor D: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Sim. A divisão começaria pelos estudos dos físicos que de certa parte influenciou o aparecimento da Teoria. Depois colocaria os conceitos iniciais de Tempo, Espaço e Velocidade e depois viriam as equações e postulados.

Professor E: Ensina em Escola Pública e Escola Particular

Concordo, temos que ter cuidado com o conteúdo, uma estratégia é trabalhar em paralelo com os conteúdos da física clássica dando aprofundamento na física moderna.

5.1.3 Resultados da aplicação do questionário para professores

A pesquisa feita com professores mostrou que eles são favoráveis à inserção da RR no ensino médio e concordam que a abordagem desse conteúdo deva iniciar a partir da primeira série do EM. A aplicação do questionário para professores e as conversas tidas com os mesmos nos fizeram detectar algumas das principais causas responsáveis por a FMC ficar ausente do currículo do EM:

- I) O pouco domínio que os professores ainda têm do assunto;
- II) A escassez de material apropriado;
- III) A distribuição atual dos conteúdos feita pelos autores de livros didáticos do EM;
- IV) O fato de o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) não cobrar esses conteúdos em suas provas seletivas;
- V) A carga horária insuficiente;
- VI) A preocupação que eles têm em cumprir a grade curricular da escola.

5.2 Pesquisa com alunos

A pesquisa se deu mediante a aplicação de um questionário contendo 8 questões para 64 alunos do ensino médio de escolas particulares na cidade de Iguatu-Ce. A aplicação foi feita no dia 03 de maio de 2012 nas escolas: Escola Modelo de Iguatu e o Centro Educacional Cenecista Ruy Barbosa.

A pesquisa com os alunos foi feita com o seguinte intuito:

- a) Saber o seu interesse pela física bem como os fatores que lhes levam a gostar ou não dela;
- b) Verificar se eles sabem distinguir a Física Clássica da Física Moderna
- c) Saber se eles têm alguma noção sobre os assuntos tratados pela Teoria da Relatividade Restrita a ponto de identificá-los em filmes, revistas ou em alguma conversa;
- d) No caso de eles conhecerem algo do assunto, verificar de onde veio tal conhecimento e qual o seu nível;
- e) Avaliar a importância que eles dão ao aprendizado do assunto e saber o que mais os motivam a querer aprender Relatividade;
- f) Saberem qual ano que eles gostariam de iniciar esse aprendizado;

5.2.1 Questionários para alunos

A seguir destacamos individualmente as questões que compõem o questionário destinado aos alunos e descrevemos algumas das respostas fornecidas pelos estudantes participantes.

01. *Você gosta das aulas de Física? Por quê?*

OBSERVAÇÃO: Numeramos os alunos como: A, B, C, D, E... Poderá coincidir de o aluno A, da primeira pergunta, ser o mesmo do da segunda ou terceira, no entanto essa numeração não foi estabelecida com esse propósito.

Aluno A: *São legais, porque me faz entender o que acontece no meu dia-a-dia.*

Aluno B: *Sim. Pois são aulas dinâmicas e de conteúdo atrativo, devido à importância do estudo dos fenômenos que envolvem a compreensão da natureza.*

Aluno C: *Sim. Por que tenho um bom entendimento.*

Aluno D: *Sim. Porque envolve cálculos e também porque descobrimos muitas coisas.*

Aluno E: *Sim. Porque nestas aulas aprendo conhecimentos que são importantes para mim na faculdade, já que optei por engenharia civil.*

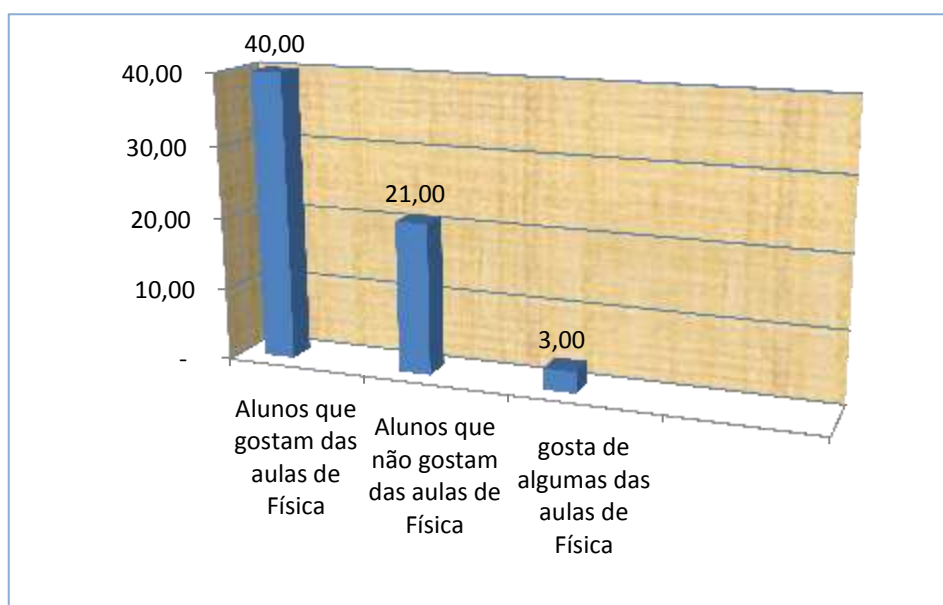
Aluno F: *Sim. Pois em cada aula aprendemos coisas novas e curiosas.*

Aluno G: *Sim. Pois são aulas que envolvem vários conhecimentos.*

Aluno H: *Sim. Porque ampliamos o nosso conhecimento sobre as explicações do mundo, aprendemos sobre eletricidade, Ótica, gravidade e outras coisas importantes, teoria do mundo, etc.*

A seguir temos um gráfico comparativo da quantidade de alunos que gostam das aulas de física do EM com os que não gostam. A pesquisa foi realizada em duas salas de aula contabilizando um grupo total de 64 alunos.

Figura 8 – Distribuição das respostas dadas pelos alunos a questão 1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Da análise da figura anterior concluímos que 62,5% dos alunos entrevistados gostam das aulas de Física o que representa a grande maioria dos alunos questionados.

02. Como você acha que deveria ser a Física no ensino médio?

Aluno A: *Deveria conciliar aulas práticas com aulas teóricas, para que o aluno possa compreender melhor os fenômenos físicos do seu dia-a-dia.*

Aluno B: *Deveria ser mais fácil e estudar o que realmente é necessário.*

Aluno C: *As pessoas só deveriam estudar e aprender aquelas matérias, relacionadas à física, as quais elas se interessam.*

Aluno D: *Deveriam existir mais aulas práticas do que teóricas, pois ficam muito mais cansativas as aulas.*

Aluno E: *Deveria ser explicada com exemplos mais claros, sempre ilustrando situações cotidianas, isso instiga o interesse dos alunos por saber que aquilo se faz bem mais presente no dia a dia do que imaginamos.*

Aluno F: *Deveria ser exposta de forma mais prática para entendermos o porquê de estudá-la.*

Aluno F: *Deveria ser ensinada de forma mais completa.*

Aluno G: *Deveria ser mais aprofundada para o lado da física moderna, demonstrando ensinamentos da Física Quântica, por exemplo.*

Aluno H: *Deveria misturar um pouco da física moderna com a física clássica e praticar mais aulas campais.*

As respostas obtidas para segunda pergunta mostram que os alunos sentem falta de recursos que tornem as aulas mais atrativas e faça da sala de aula um ambiente mais dinâmico e instigador. Apontam ainda um desejo neles por aprender sobre as teorias modernas.

03. Você sabe a diferença entre a Física Moderna e a Física clássica?

Aluno A: *A Física moderna estuda os movimentos com a interferência do tempo e a clássica não.*

Aluno B: *Não, para mim não tem diferença alguma.*

Aluno C: *A moderna é um aperfeiçoamento da Clássica com ajuda de tecnologia.*

Aluno D: *A Física Moderna é a Física atual, aplicada ao ensino médio, que envolve questões de movimento e radioatividade.*

Aluno E: *Não, pois a Física moderna não é tão valorizada, assim, há um desinteresse com relação a esse assunto por parte dos estudantes, pois não conhecem a fundo essa parte da Física.*

Aluno F: *A Física Moderna abrange cálculos e a física clássica dispensa cálculos, ou seja, é só teoria.*

Aluno G: *A Física Clássica foi elaborada por Newton. A Física moderna abrange Teoria da Relatividade, que foi elaborada por Einstein.*

Aluno H: *Acredito que a Física Moderna esteja relacionada às novas descobertas feitas pelos físicos, o que a diferencia da física clássica.*

Aluno I: *Sim. A clássica é a Física antiga, a física em seu começo! A moderna surgiu a partir do século XX com mais comprovações e teorias, ela é uma revolução da Física.*

Aluno J: *Física Moderna é tudo de mais inovador que vem sendo descoberto e utilizado atualmente com mais dinamicidade. A clássica seria mais as ideias primordiais da física, sem muito aprofundamento.*

Os alunos em sua grande maioria não fazem ideia de que consistem as diferenças entre a Física Clássica e a Física Moderna, o que é “normal”, tendo em vista que eles não estudaram nada sobre o assunto e que não são, nem ao menos motivados a pesquisar sobre. Eles escutam falar sobre a FM, sabem que se trata de algo inovador e revolucionário, no entanto desconhecem os seus princípios.

04. Você já presenciou alguma situação do seu dia a dia em que colegas discutiam assuntos ligados a Teoria da Relatividade Restrita? Comente.

Aluno A: Não, nunca presenciei. Eu e meus colegas optamos mais por matérias na área de humanas.

Aluno B: Não, pois não tive a oportunidade de estudar.

Aluno C: Não, muitas pessoas não têm conhecimento sobre esse assunto.

Aluno D: Não sei muito bem o que seria Teoria da Relatividade Restrita, sendo assim creio que não, mas quem sabe!

Aluno E: Não, pois não compreendo nem o contexto do tema.

Aluno F: Não, pois é muito difícil ver alunos comentando teorias físicas.

Aluno H: Sim, falando de viagem no tempo.

Aluno I: De certa forma sim, falando da relatividade das coisas, assunto complicado, mas de certa forma fascinante.

Ao fazer uma análise das respostas dadas a quarta pergunta, percebemos que não existe diálogo nos ambientes convencionais (escola, casa, grupos de amigos, etc.) sobre as teorias modernas e, quando existem, os alunos se sentem desfocados e excluídos desse tipo de diálogo. O desconhecimento faz com que eles evitem esse tipo de conversa!

05. Você já viu ou ouviu algo sobre a Teoria da Relatividade em meios de comunicação, tais como: rádio, televisão, jornal, revista, etc.? Comente.

Aluno A: Sim, em documentários e pesquisas, mas não é muito frequente.

Aluno B: Sim, em uma revista, sendo ligado a Albert Einstein.

Aluno C: Não, pois é difícil ter programas com esses assuntos de Física, mas seria muito bom.

Aluno D: Na televisão, em alguns debates entre físicos, mas não entendi muito bem.

Aluno E: *Sim, numa propaganda que passou na TV.*

Aluno F: *Sim, em algumas reportagens e documentários.*

Aluno G: *Sim na TV Escola, mas não lembro muito bem sobre o assunto, pois já faz alguns anos.*

Aluno H: *Sim, em uma matéria sobre Einstein que foi quem a formulou.*

A maioria dos alunos entrevistados afirma ter visto algo sobre a TR nos meios de comunicação, sabem sobre a pessoa de Albert Einstein, percebem a sua importância para a ciência (para o mundo), no entanto desconhecem sua teoria.

06. Você considera importante que a escola ensine sobre a Teoria da Relatividade? Por quê?

Aluno A: *Sim por ser fundamental ao nosso mundo.*

Aluno B: *Sim, pois pode cair no vestibular e precisamos estar prontos.*

Aluno C: *Sim, seria mais conhecimentos incluídos, o que nos possibilitaria conhecer melhor a natureza.*

Aluno D: *Sim, pois é um assunto importante a ser discutido.*

Aluno E: *Sim, pois faz parte de nossas vidas, do dia-a-dia.*

Aluno F: *Sim. O aluno deve sair da escola o mais preparado possível para enfrentar uma universidade.*

Aluno G: *Sim. Porque boa parte dos alunos não conhece a Teoria da Relatividade e nem sabe diferenciar Física Moderna da Física Clássica.*

Aluno H: *Sim, na escola estamos para aprender, e se essa teoria tiver uma grande importância para nós devemos sim aprender.*

Aluno I: *Sim, pois a teoria da relatividade está inserida no nosso dia-a-dia e é algo bastante comentado.*

Aluno J: *Não. Creio que isso esteja mais para o ensino superior.*

Aluno L: *Considero importante o ensinamento da física que possa ser aplicada no dia-a-dia. Se a teoria da relatividade for a base para todo seu entendimento, acho importante começar a estudá-la desde cedo.*

Aluno M: *Sim, porque abrangeria mais assuntos e assim não precisaríamos se especializar em alguma área de física para entendê-la.*

As respostas dadas a esta pergunta confirma a nossa hipótese de que os alunos estão desejos por aprender sobre a RR.

07. Você já parou para pensar sobre viagens no tempo? Acha que isso é possível?

Aluno A: *Sim. Acho que num futuro muito distante talvez.*

Aluno B: *Sim. Creio que não, tecnologia alguma chegará a tal ponto, o tempo passa e seu retorno é impossível.*

Aluno C: *Não. É praticamente impossível.*

Aluno D: *Já. Não, pois ainda não há tecnologias desenvolvidas para isso.*

Aluno E: *Sim. Acho praticamente impossível, pois para viajar no tempo é preciso superar a velocidade da luz, o que Einstein contradizia afirmando que nenhum sinal pode chegar a uma velocidade superior a da luz.*

Aluno F: *Acho que sim. Tudo tá mudando tão rapidamente que não duvido de mais nada.*

Aluno G: *Sim, mas acho impossível pelo fato de acontecer simplesmente só em filmes.*

Aluno H: *Sim. Em um futuro não tão distante pode ser que consigam esse tipo de viagem.*

Embora sejam pouquíssimas as conversas que envolvem assuntos da FM, os alunos ainda se questionam sobre questões como viagem no tempo, sempre motivados pela

ficção científica, nunca por indagações a cerca de leis e princípios físicos norteadores desse tipo de discussão!

08. Caso você concorde com a necessidade de aprender Relatividade no ensino médio, qual ano seria ideal para você começar esse aprendizado? Por quê?

Aluno A: *No primeiro ano, pois quando chegar ao terceiro ano terei mais preparado para ver esse assunto de forma mais aprofundado na faculdade. Muitos alunos têm dificuldade para acompanhar o ritmo das aulas na universidade.*

Aluno B: *Ao longo dos três anos.*

Aluno C: *No primeiro ano, pois quanto antes for iniciado o aprendizado, maior será a assimilação do conteúdo.*

Aluno D: *No primeiro ano, porque já trazemos o aprendizado do ensino fundamental. Nessa época já estamos aptos a compreender melhor essa teoria.*

Aluno E: *No primeiro ano ensino médio, porque teríamos mais tempo para aprofundar no assunto.*

A grande maioria dos estudantes respondeu que gostariam de iniciar esse estudo no primeiro ano do ensino médio, o que confirma mais uma vez uma de nossas hipóteses de pesquisa.

5.2.2 Resultados da aplicação do questionário para alunos

A pesquisa feita através de um questionário com alunos nos mostrou que a maioria deles gosta das aulas de Física, mas que elas ainda são muito mecânicas e deveria haver uma conciliação entre aulas teórica e prática de forma a tornar a sala de aula um ambiente mais atrativo. Alguns dos alunos que se submeteram a responder o questionário acham as aulas de difícil compreensão e parte dos conteúdos é desnecessária a sua formação. Aulas totalmente expositivas são cansativas e acabam por não estimular os alunos.

Procuramos ver as realidades das escolas e a forma como as aulas são conduzidas e chegamos às seguintes conclusões:

a) Nenhuma das duas escolas particulares envolvidas na pesquisa dispõe de laboratório;

b) A maioria das escolas públicas dispõe de laboratórios, no entanto os professores não sabem manipular adequadamente os equipamentos de laboratórios;

c) Nenhuma das faculdades locais dispõe em sua estrutura física de laboratórios;

d) Grande parte dos professores atuantes deixa as universidades sem uma bagagem experimental e por isso não conseguem conciliar em suas aulas a teoria com a prática experimental;

b) Alguns professores estão muito sobrecarregados de aulas, não dispendo de tempo para pesquisa e preparo de experimentos.

Com relação à Relatividade Restrita, eles afirmam que têm contato com o assunto através da TV em documentários, jornais, debates e através de revistas muitas vezes em colunas falando do autor da teoria, Albert Einstein. Embora eles tenham contato, como não conhecem estes assuntos geralmente não ocorrem conversas nem debates. Quem realmente tem o dever de informá-los adequadamente não o faz e falta de entendimento do assunto gera certo desconforto na hora de falar sobre.

Embora os alunos não tenham estudado a TRE em sala de aula, eles entendem que o assunto merece atenção. A pesquisa mostrou que a maioria dos alunos pensa sobre temas de Relatividade e que alguns, ao compararem as tecnologias desenvolvidas nas diversas épocas da humanidade pensam ser possível ao homem uma futura viagem no tempo.

Eles anseiam por estudar TRE no EM e concordam entre si que isto deveria se dar ao longo dos três anos.

5.3 Entrevista com aluna do Ensino Fundamental

Não era nossa intenção no início da pesquisa produzir nenhuma espécie de entrevista, no entanto, ocasionalmente, enquanto preparava os questionários para alunos e professores fui abordado por uma aluna do sétimo ano de umas das escolas participantes,

nossa conversa acabou sendo algo relevante para essa pesquisa. Trechos da conversa são descritos a seguir.

Entrevistador: Você já presenciou alguma situação do seu dia a dia em que colegas discutiam assuntos ligados à Relatividade Restrita?

Aluna: *“Um dia ouvi meu tio falar sobre a Relatividade o que me trouxe curiosidade!”.*

Entrevistador: Você acharia legal se sua escola ensinasse conteúdos ligados à Física Moderna, Relatividade, por exemplo?

Aluna: *“Acho que sim, pois representa uma descoberta de um grande homem, e muitas vezes por não saber esses assuntos nos sentimos desfocados nas conversas em grupinhos. Às vezes você está conversando com amigos e por não saber sobre o assunto se sente excluído, ou com vergonha por não saber sobre algo que é tão popular”.*

Entrevistador: Além da conversa de seu tio, você escutou mais alguém falar sobre a Teoria da Relatividade em outros locais?

Aluna: *“Não lembro se já ouvi sobre isso com detalhes em sala de aula, já que faço sétimo ano, mas acho que eles deveriam falar um pouco, já que a teoria da relatividade é muito famosa. Acho que já ouvi em filmes, essa teoria é uma coisa muito importante, devo ter visto em filmes!”.*

O fato de uma aluna do sétimo ano do EM já ter interesse por RR fez com que percebêssemos que a necessidade de explicações sobre conteúdos de FMC tem início bem antes de o aluno chegar ao ensino médio. Embora a aluna não tenha um conhecimento científico do tema, que é obrigação da escola ensinar, ela já consegue perceber a relevância dessa teoria, tendo a imagem de Albert Einstein, o autor, como uma referência entre os demais cientistas.

6 PROPOSTA PARA MODULARIZAÇÃO DE CONTEÚDOS DA RR

Os dados obtidos na pesquisa feita com alunos e professores apontam para uma necessidade de abordagem da RR que se dê ao longo dos três anos do EM. Uma vez confirmada nossa hipótese procuramos elaborar uma proposta consistente com os resultados de pesquisa. A seguir expomos nossa proposta para modularização dos conteúdos de forma que sua aplicação se dê ao longo das três séries do EM.

6.1 A sequência didática e a divisão dos conteúdos

Após entrevista com alunos e professores confirmamos a tese de é necessário pensar uma sequência didática para a Teoria da Relatividade que envolva sua aplicação ao longo dos três anos do EM, que leve em conta a dificuldade que o aluno tem de assimilar esses conteúdos buscando metodologias que facilitem sua aprendizagem e ao mesmo tempo lhes dê tempo suficiente para produzir questionamentos e participar das aulas de forma ativa.

6.2 Conteúdo para o 1º ano

Para o primeiro ano achamos conveniente introduzir a parte histórica, mostrando-lhes que os conhecimentos adquiridos pela humanidade possuem nexos, isto os faz parte de uma construção lenta e duradoura e que cada cientista tem sua importância e dá sua contribuição na época em que vive para que no ‘final’ tenhamos teorias consistentes com a realidade física capaz de ser verificada por experiências.

Para fazer essa contextualização dividimos o Capítulo nas seguintes seções:

1.0 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA RELATIVIDADE RESTRITA

1.1 Física Clássica

1.2 A relatividade Galileana

1.2.1 A Transformação de Galileu

1.2.2 O princípio da Relatividade de Galileu

1.3 Uma incompatibilidade entre as teorias de Maxwell e Newton

- 1.4 O primeiro postulado da Relatividade Restrita – O princípio da Relatividade
- 1.5 A ideia do éter
- 1.6 O experimento de Michelson e Morley
- 1.7 Comentários e sugestões para professores 1

O ideal é que este conteúdo seja ministrado em no mínimo 6 aulas, sendo 5 destinadas à abordagem do conteúdo, acompanhada de alguns exemplos para fixação e 1 aula para resolução de questões. No final do texto produzido para alunos e professores, você encontrará alguns links que podem ser utilizados em sala ou como estudos complementares por alunos e professores.

6.3 Conteúdo para o 2º ano

Propomos aqui uma sequência didática para o segundo ano, com a seguinte distribuição de conteúdos:

- 2.0 CINEMÁTICA RELATIVÍSTICA
- 2.1 Os postulados da Relatividade Restrita
- 2.2 Relatividade da Simultaneidade
- 2.3 A dilatação temporal
- 2.4 Viagens no tempo
- 2.5 Contração Espacial
- 2.6 Transformações de Lorentz
- 2.7 Lei da Adição de Velocidades Relativística
- 2.8 O efeito Doppler Relativístico
- 2.9 Comentários e sugestões para professores 2

Sugerimos um número mínimo de 8 horas/aula nessa aplicação, incluindo aulas de resolução de questões. É aconselhável que o professor programe atividades extraescolares para que os alunos construam melhor seu aprendizado de forma individual e colaborativa, com esse fim sugerimos ao final do Módulo 2 uma série de vídeos que poderão ser utilizados nas atividades de classe e extraclasse.

6.4 Conteúdo para o 3º ano

Finalizamos nossa proposta para distribuição de conteúdos com a Dinâmica Relativística, sendo ela o conteúdo que destinamos aos alunos do terceiro ano e organizada da seguinte forma:

- 3.0 DINÂMICA RELATIVISTICA
- 3.1 Introdução
- 3.2 Momento Relativístico
- 3.3 Força Relativística
- 3.4 O intervalo espaço-temporal
- 3.5 Energia Relativística
- 3.6 O eletron-volt
- 3.7 Comentários e sugestões finais

Aplicamos esse conteúdo em 4 aulas, sendo três destinadas à exposição do conteúdo e resolução de exercícios e 1 para exposição de vídeos e discussão coletiva.

7 APLICAÇÃO DO MATERIAL NO ENSINO MÉDIO

Após a elaboração do Material Metodológico precisávamos saber as impressões que os alunos teriam ao aplicarmos. Só foi possível começar uma aplicação durante as duas últimas semanas do mês de junho, vésperas das férias!

Todos sabem que nos últimos dias de aula, tanto em junho (férias), quanto em novembro (final do ano letivo) os alunos já não se encontram com muita disposição para assistir a aulas, pois já estão muito cansados e sobrecarregados com a dura missão de ser aprovados no vestibular.

Enxergamos isto como mais um desafio, se realmente a Relatividade Restrita fosse capaz de despertar o interesse dos alunos que nós esperávamos, então, não haveria nenhum problema ao aplicarmos nossa proposta durante esse período.

Vale lembrar que a aplicação se deu tão somente para averiguar a recepção que os alunos teriam do material. A nossa proposta é que esse material seja aplicado ao longo dos três anos, ficando a cargo de professores e pesquisadores uma futura aplicação do material bem como propostas de melhoras e trabalhos análogos envolvendo outros conteúdos, como o de Mecânica Quântica, por exemplo.

Esse capítulo foi reservado para relatarmos a aplicação, discutir futuras melhorias e avaliar as metodologias usadas.

7.1 Aplicação no 2º ano do Ensino Médio

Aplicamos no segundo ano os conteúdos que sugerimos para a primeira e segunda série do Ensino Médio. A aplicação foi feita em duas turmas de uma das escolas, o Centro Educacional Cenecista Ruy Barbosa. O motivo da aplicação era saber a receptividade que esses alunos teriam de assuntos da RR e ela mostrou, entre outras coisas, que os alunos da segunda série do EM têm muito interesse pela RR e conseguem compreender conteúdos vinculados a origem e desenvolvimento da RR mesmo que não tenham estudado nada sobre a teoria do Eletromagnetismo.

Ao longo da aplicação foi muito gratificante para mim como profissional ver meus alunos com aquele brilho no olho, aquela empolgação por aprender e saber mais, participando ativamente das aulas de modo a interferir em seu andamento, proporcionando um prazer de ensinar maior do que já é costume.

Ao concluir a primeira parte do curso a qual proponho ser ministrada no primeiro ano do segundo ano, pude ver a repercussão que o ensino de Relatividade tinha sobre eles.

“Não sei por que os professores de história não falam um pouco sobre a história da ciência, dos cientistas, suas descobertas e repercussões em nossa história, eles passam o ano inteiro falando de guerras”.

(Fala de uma aluna).

Nessa fala a aluna reclama a falta de interdisciplinaridade por parte de alguns professores de história ao falar de guerras e não contextualizar os fatos do ponto de vista científico e tecnológico.

A mesma aluna perguntou quantos anos levaria para cursar Física e se era possível um físico trabalhar em laboratórios. Consegui com a TRE chamar mais atenção ao estudo de Física do que com todo conteúdo trabalhado ao longo do semestre. A Física Moderna tem esse poder de fascinar as pessoas e devemos tirar proveito disso de alguma forma, para que possamos contribuir de maneira mais ampla com a formação dos cidadãos e com o gosto pela ciência.

Como nessa escola não havia internet as aulas foram ministradas com o auxílio de um data show e expostas com apresentações em PowerPoint, sendo acompanhadas sempre de debates, exposições de vídeos, animações e simulações, sendo estas indicadas no texto para professores (apêndice A-Produto Educacional).

Analisamos a seguir um questionário aplicado ao final da abordagem do conteúdo. O resultado será exposto em quadros que apresentam a análise de conteúdo para cada item respondido pelos alunos que participaram da pesquisa.

Quadro 3 – Análise em categorias para resposta da questão 1 do segundo questionário aplicado para alunos. Categoria 1: Alunos que concordam em iniciar o estudo da RR a partir do 1º ano.

1. *Você acha possível estudar relatividade no 1º ano? Justifique.*

Aluno	Resposta	Comentários
A1	<i>Sim. Não achei complicado</i>	<p><i>Ao analisarmos essas e outras respostas (que não se diferenciam muito), constatamos que esses alunos cujas respostas foram sim, concordam em estudar a TRE a partir do 1º ano, por diversos motivos, entre eles:</i></p> <p><i>a) Essa teoria pode ser ensinada em uma linguagem que lhe permita entender (A1);</i></p> <p><i>b) A abordagem no primeiro ano lhes daria tempo para assimilar o conteúdo, proporcionando-lhe discernimento e reduzindo o grau de dificuldade nos anos posteriores (A2) e (A3);</i></p> <p><i>c) Os principais subsunçores necessários (tempo, espaço, energia, massa, movimento, ondas, etc.) já foram construídos ao longo do 8º e 9º ano (A4);</i></p> <p><i>d) Sua importância (A5).</i></p>
A2	<i>Sim. Se tivermos uma ideia do que se trata a Teoria da Relatividade. Quando chegássemos ao ano seguinte, não teríamos tanta dificuldade para aprender.</i>	
A3	<i>Sim, pois assim nós estaríamos com mais prática, entenderíamos melhor no 2º ano e estaríamos preparados para estudar no 3º ano.</i>	
A4	<i>Sim, pois já existe estrutura suficiente para isso, de acordo com os estudos anteriores (9º ano). Para entendê-la precisamos apenas de lógica, compreensão do espaço e algumas regras do ensino fundamental.</i>	
A5	<i>Sim porque a Relatividade é uma parte muito importante da Física e é importante tentar compreendê-la desde cedo.</i>	

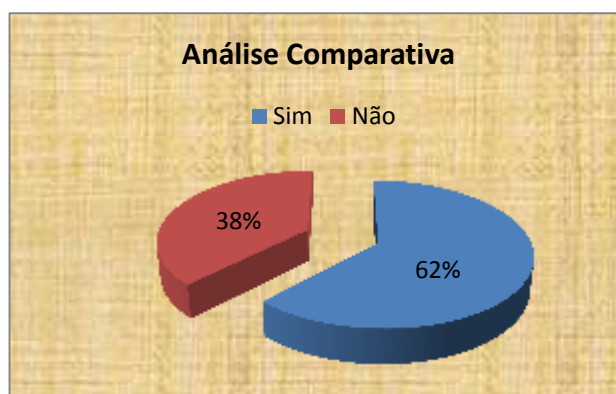
Quadro 4 – Análise em categorias para resposta da questão 1 do segundo questionário aplicado para alunos. Categoria 2: Alunos que não concordam em iniciar o estudo da RR a partir do 1º ano.

1. *Você acha possível estudar relatividade no 1º ano? Justifique.*

Aluno	Resposta	Comentários
A1	<i>Não, porque no 2º ano tá difícil de compreender, imagina no primeiro. Na verdade, acho que seria mais difícil, porque é 9º no 1º ano que estudamos Newton e esse assunto mostra que as leis de Newton não estavam completamente corretas.</i>	<i>É uma ideia comum entre os pesquisadores na área de ensino o fato do currículo escolar não ter acompanhado as modificações impostas pelos avanços alcançados pela ciência e tecnologia. As repostas dadas pelos alunos refletem essa opinião.</i>
A2	<i>Não, pois é no primeiro ano que nós recebemos a maior parte das instruções sobre a Física Clássica. Se estudar profundamente a Relatividade, não vou achar tempo para estudar a Física Clássica.</i>	<i>a) O aluno A1 deixa explícita a dificuldade de entendimento do assunto, embora segundo ele as leis de Newton sejam estudadas a partir do 9º ano;</i>
A3	<i>Não. Acho que depende da mentalidade que cada um tem, no meu caso, eu não pude compreender profundamente essa matéria.</i>	<i>b) Para A2 o fato de se estudar Relatividade ocasionaria uma perda de tempo relevante ao estudo da Física Clássica;</i>
A4	<i>Não. Pois envolve notação científica que só estudamos no 1º ano.</i>	<i>c) Para A3, cada aluno possui capacidade cognitiva diferente e, no seu caso, ele não teve maturidade suficiente para aprender.</i>
A5	<i>Não, pois é um assunto muito complexo.</i>	<i>d) Segundo A4 anotação científica somente é introduzida para eles a partir do 1º ano, o que parece estranho, pois eles já deveriam fazer uso dessa ferramenta matemática bem antes;</i>
		<i>e) A5 pensa que a Relatividade é um assunto complexo e que foge do seu domínio de compreensão.</i>
		<i>É evidente que esses alunos não chegaram ao 2º ano com uma boa base e por isso passam a ter muita dificuldade nesse tipo de estudo, uma vez que sua base matemática é precária.</i>

No total, 45 alunos responderam ao questionário, na figura 9 apresentamos o percentual de alunos que se enquadram em cada uma das categorias anteriores.

Figura 9 – Análise comparativa do número de alunos que concordam com a inserção da RR a partir do primeiro ano e os que não concordam.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao analisar o percentual de alunos que responderam a cada uma das categorias anteriores, constatamos que alunos do segundo ano, em sua grande maioria, cerca de 62% dos alunos consideram possível a abordagem da RR a partir da primeira série do EM e que a linguagem apresentada lhe é compreensível, além de disso, o fato de começarem a estudar no primeiro os possibilitaria um melhor aproveitamento das aulas nos anos posteriores, pois eles teriam tempo para produzir questionamentos e com isso melhorar sua participação nas aulas.

“Apesar de não gostar da matéria, muitos dos meus colegas gostam, então eu acho que deveríamos continuar a estudá-la”

(Fala de uma aluna).

Ao analisar a realidade das escolas, verificamos que mesmo as melhores escolas da cidade ainda têm em seu corpo docente professores não graduados. A carência de profissionais formados nas áreas de Física e Matemática é uma das razões pelas quais os alunos concluem o EM sem os conhecimentos mínimos necessários para participar adequadamente da sociedade. Os motivos ainda são bem mais sérios, os alunos muitas vezes são incentivados a estudar para passar no vestibular, enquanto que deveriam ter uma mentalidade voltada a enxergar a importância desses conteúdos para o convívio social, sendo a aprovação no vestibular uma mera consequência dessa aprendizagem.

Quadro 5- Análise em categoria para a resposta da questão 2 do segundo questionário aplicado para alunos. Categoria 1: Sentiu-se motivado a estudar Física a partir das aulas de Relatividade.

2. As aulas que você teve sobre a TRE lhe trouxeram alguma motivação para estudar Física?

Aluno	Resposta	Comentários
A1	<i>Sim. Porque estudar Relatividade me fez abrir a mente para novas descobertas.</i>	<p><i>A Física Moderna, em especial, a Teoria da Relatividade Especial (TRE), tem o poder de fascinar os estudantes e instiga-los a estudar Física, pois a grande maioria dos alunos participantes da aplicação do material elaborado para o 1º e 2º anos afirmaram sentirem-se motivados a estudar Física a fim de compreender melhor a natureza.</i></p>
A2	<i>Sim, porque além de ser uma coisa nova, é algo que desperta o desejo de entender e se aprofundar cada vez mais.</i>	
A3	<i>Sim, pois ao compreender as novas descobertas somos motivados a estudar Física e também as outras matérias.</i>	
A4	<i>Sim, pois é uma matéria muito interessante.</i>	
A5	<i>Sim, me deu curiosidade de ir buscar mais informações para compreender a matéria e saber de coisas que hoje eu não sei. O estudo da Física já era muito importante para mim. O estudo da Relatividade só me deu mais gosto pela Física, ela é uma parte da física que exige muita atenção para que compreender.</i>	

Quadro 6- Análise em categoria para a resposta da questão 2 do segundo questionário para alunos. Categoria 2: Não sentiu-se motivado a estudar Física a partir das aulas de Relatividade.

Aluno	Resposta	Comentários
A1	<i>Não, pois eu não gostei.</i>	<p><i>Os alunos que não se sentiram motivados foram parte daqueles que não conseguiram acompanhar as aulas, seja por falta de base matemática ou mesmo física, por não terem conseguido adquirir os subsunçores necessários.</i></p> <p><i>Uma boa base nas séries iniciais teria lhes possibilitado uma participação melhor!</i></p>

A figura 10 mostra um estudo comparativo onde se constatou que aproximadamente 91% dos alunos participantes da pesquisa gostam das aulas de Física e somente 9% não gostam. O fato de 9% não gostarem está ligado não somente a suas habilidades para outras áreas, mas, a uma falta de base nas séries fundamentais.

Figura 10 – Análise comparativa dos alunos que afirmam ter encontrado motivação para estudar Física após as aulas de Relatividade e os que afirmam não encontrar motivação



Fonte: Elaborada pelo autor.

A maior parte dos alunos, que afirmou não concordar com a inserção da Relatividade Restrita ao longo dos três anos, diz encontrar motivação para estudar física a partir das aulas de Relatividade. É consenso de 91% dos alunos que a Relatividade Restrita é capaz de despertar seu interesse e aproximá-los da física; a discordância é o momento em que se deve iniciar esse estudo, no entanto 62% concordam que o 1º ano é um momento propício a iniciar esse tipo de aprendizado.

No final do questionário deixamos um espaço onde o aluno poderia tecer suas considerações a respeito das aulas. O quadro 7 mostra algumas das observações que foram feitas.

Quadro 7: Observações feitas pelos estudantes do 2º ano ao final da aplicação dos módulos 1 e 2.

Aluno	Considerações
A1	<i>No começo foi complicado entender, mas depois ficou mais fácil com o passar das aulas. Gostei muito do conteúdo e vou me informar mais para ter uma boa aprendizagem.</i>
A2	<i>Gostei muito do conteúdo em questão e gostaria de continuar o estudo.</i>
A3	<i>A aula foi muito interessante, ficávamos curiosos por saber o que o professor iria falar em seguida, mas creio que ela ficaria melhor ainda se o professor usasse mais vídeos e outros recursos.</i>
A4	<i>Foi muito interessante ver que existem coisas do nosso dia a dia que estão associados à Relatividade. Esse assunto é ótimo, mas confunde muito!</i>
A5	<i>Gostaria de entender melhor o processo com o qual se deu a produção da Bomba Atômica (Projeto Manhattan).</i>
A6	<i>A partir desse estudo vi que a Física envolve todo processo histórico que a fundamenta. Foi muito interessante saber o porquê dos cálculos feitos.</i>

7.2 Aplicação no 3º ano do Ensino Médio

Quando já estávamos na segunda semana de aplicação do material metodológico na turma do segundo ano, começamos outra aplicação que foi feita num horário extra (aos sábados) e em turmas do terceiro ano. Esta aplicação terminou somente na segunda semana do mês de julho, quando todos já estavam de “férias”.

O objetivo da segunda aplicação foi mais amplo; buscamos nela fazer um uso mais intensivo da Aprendizagem Significativa, na tentativa de melhorar o aprendizado e testar os mapas conceituais de NOVAK como uma ferramenta facilitadora do ensino, da aprendizagem e avaliá-lo enquanto instrumento facilitador na avaliação do aluno. Durante a aplicação usamos alguns recursos a fim de melhorar o máximo a aprendizagem dos alunos, sempre adotando uma posição construtivista, buscamos auxílio de recursos tais como: música, poesia, vídeos e mapas conceituais.

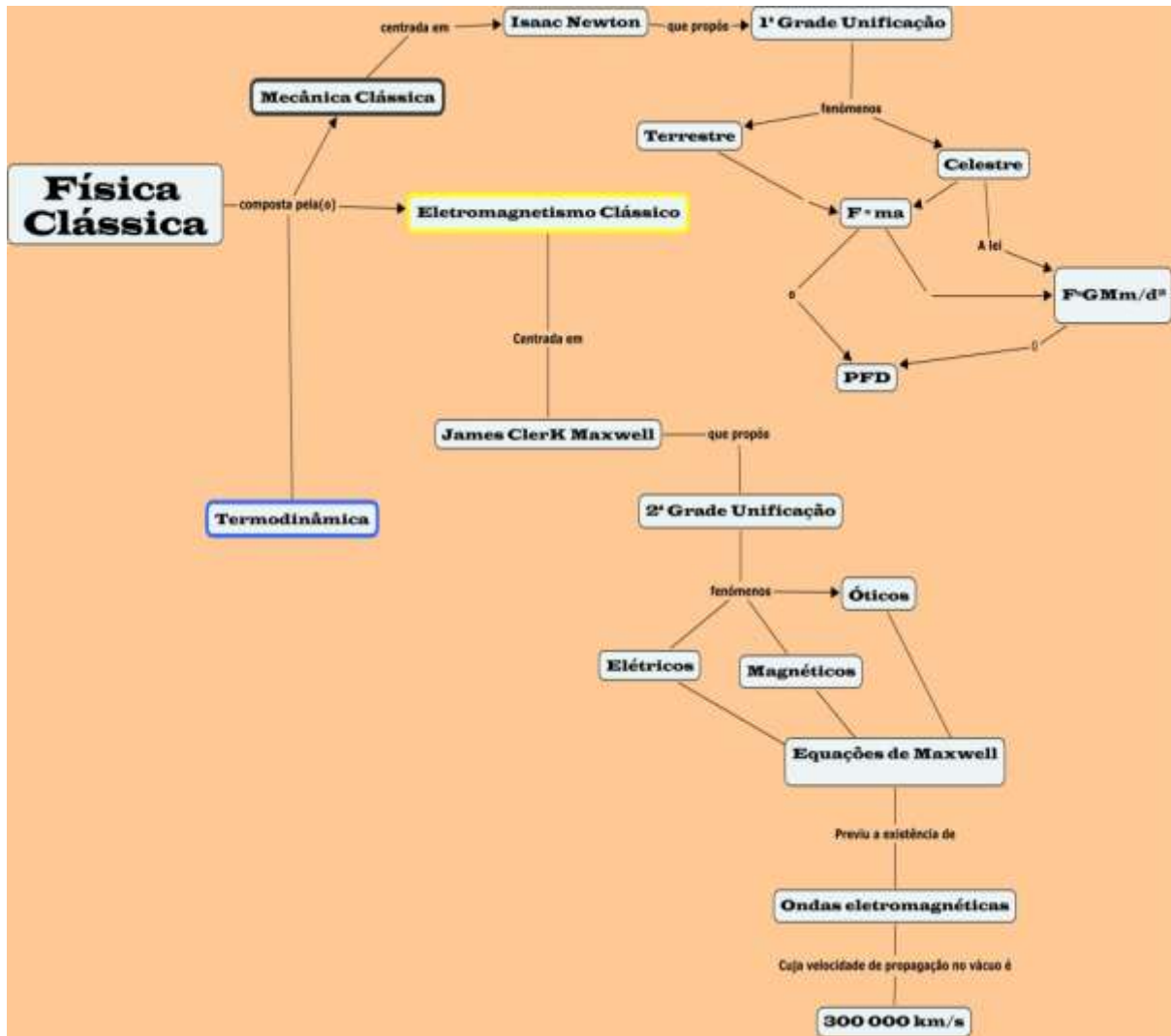
7.2.1 Aplicação dos módulos 1 e 2

A reação que os alunos tiveram ao assistir às aulas foi análoga à da aplicação anterior, eles estavam sempre muito atentos às explicações, levantavam questionamentos acerca das possibilidades que a teoria poderia trazer e se realmente era verdade, quais as comprovações que sustentavam sua validade, etc. Pediam sempre para que explicasse novamente, caso eles não entendessem, foi assim que se deu a aplicação, sempre com muita interação. Os alunos estão tão acostumados a estudar repetidas vezes um mesmo assunto da mecânica newtoniana, que já não provoca tanta empolgação, exceto em algumas aplicações que, por estarem ligadas ao seu dia-a-dia, lhes despertam interesse.

Iniciamos o curso (MÓDULO 1) com uma introdução histórica do desenvolvimento da Mecânica, o estudo das transformações de Galileu e seu princípio de Relatividade, sempre lembrando-lhes que era preciso aprender a construir alguns conceitos e equações para depois compreender seu processo de “desconstrução”, com isso revemos alguns conceitos, como movimento, espaço, tempo, massa, quantidade de movimento, energia cinética, etc., sempre ressaltando o seu caráter absoluto numa visão clássica. No final do módulo relembramos as leis do eletromagnetismo, falamos sobre ondas eletromagnéticas e fizemos um apanhado histórico, para então falarmos do experimento de Michelson - Morley e dos postulados da TRE, com isso terminamos as aulas do primeiro sábado.

A figura 11 a seguir é um mapa conceitual utilizado na aula introdutória. Nele procuramos esclarecer o processo de desenvolvimento das Teorias Físicas e justificar o nascimento da Física Moderna.

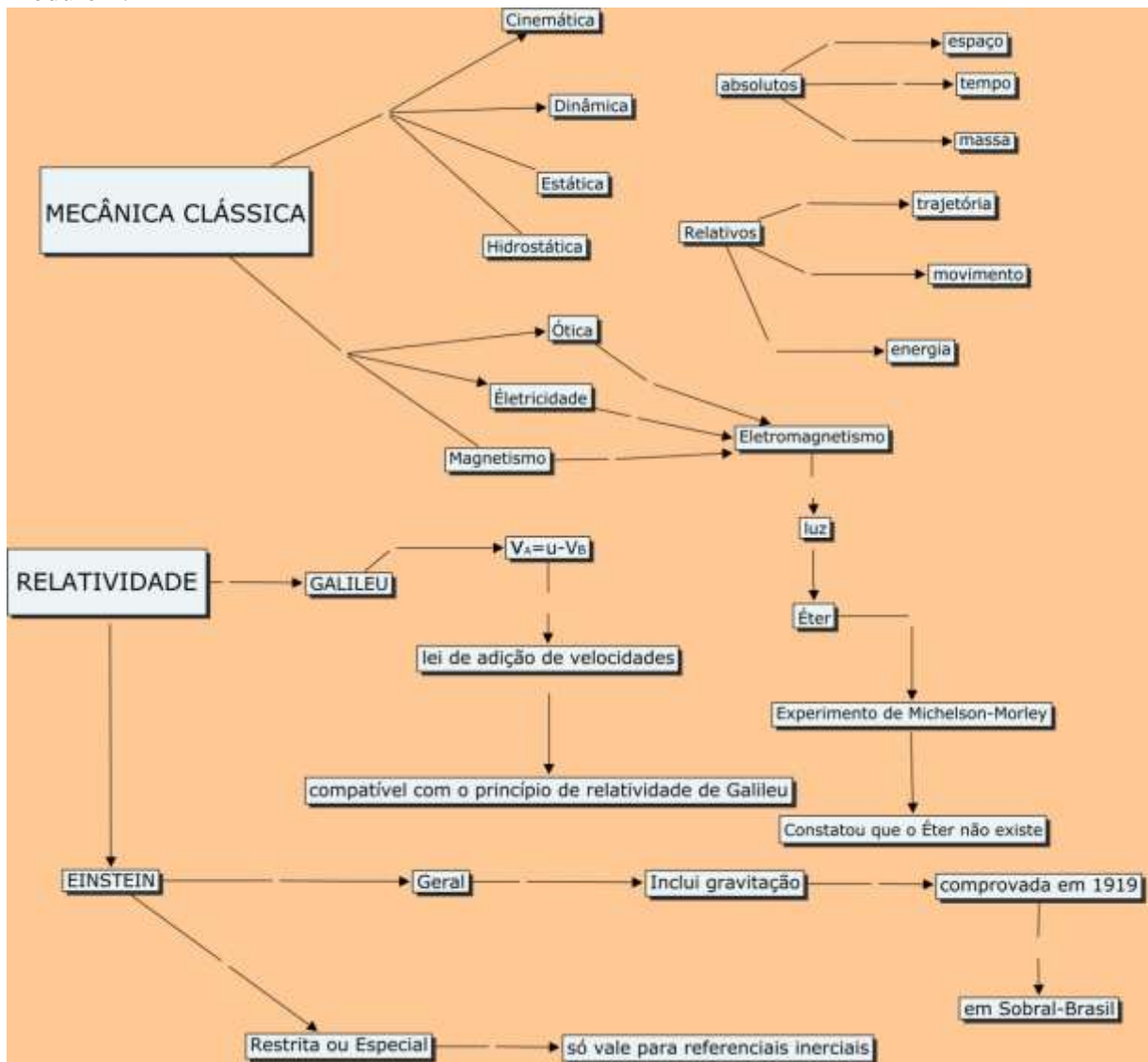
Figura 11 – Mapa conceitual utilizado na primeira aula do módulo 1- Física Clássica.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A segunda aula se deu no sábado seguinte, tendo início com a construção de um mapa conceitual por toda turma, com esse trabalho em conjunto eu pude perceber o que eles realmente tinham aprendido e suas dificuldades de assimilação. A construção se deu de forma interativa. À medida que uns colocavam alguns conceitos os outros já discutiam sobre as inconsistências e corrigiam prosseguindo com o processo de construção do mapa. A figura a seguir o resultado da construção coletiva.

Figura 12 – Mapa conceitual construído por umas das turmas após a aplicação do Módulo 1.

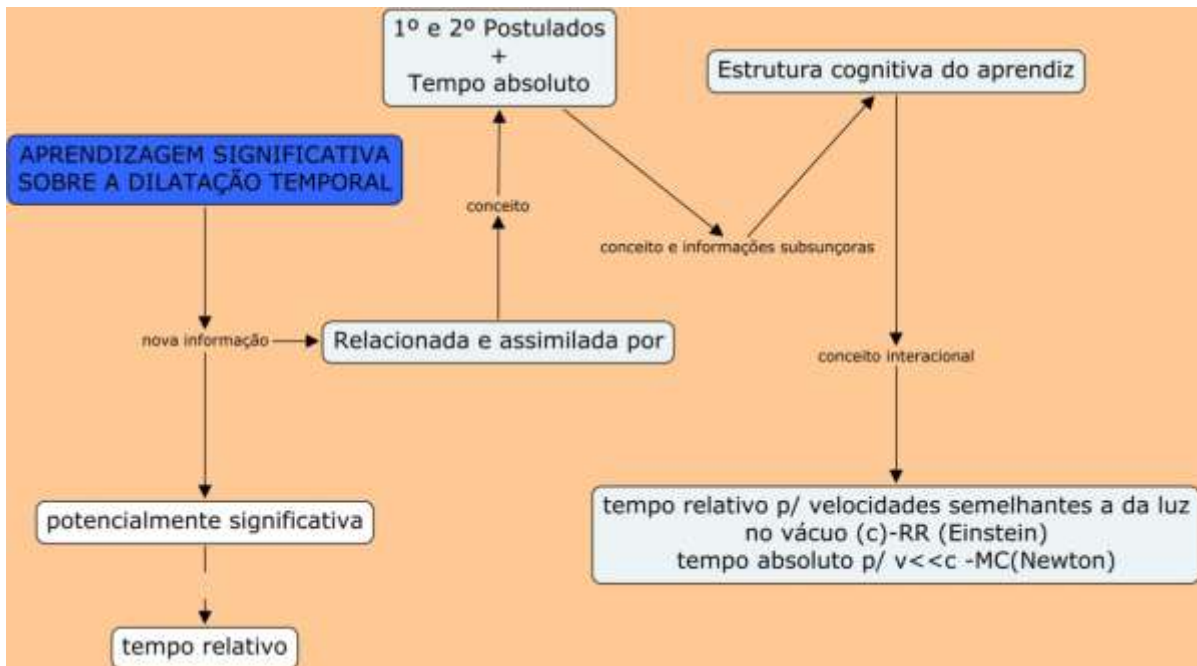


Fonte: Elaborada por uma turma de alunos da 3ª série do EM.

Recapitulados os conceitos principais abordados no módulo anterior, começamos por discutir o conceito de simultaneidade e após introduzir a primeira das consequências severas trazidas pelos postulados, à dilatação do tempo.

Começamos aqui um longo processo de assimilação de conceitos; os alunos já dispunham em sua estrutura mental o conceito de tempo, sendo este uma grandeza absoluta, nossa intenção foi usar os postulados para modificar a ideia que eles possuíam de tempo, tornando-a mais geral e abrangente.

Figura 13 – Aprendizagem significativa do conceito de tempo absoluto através do processo de assimilação.

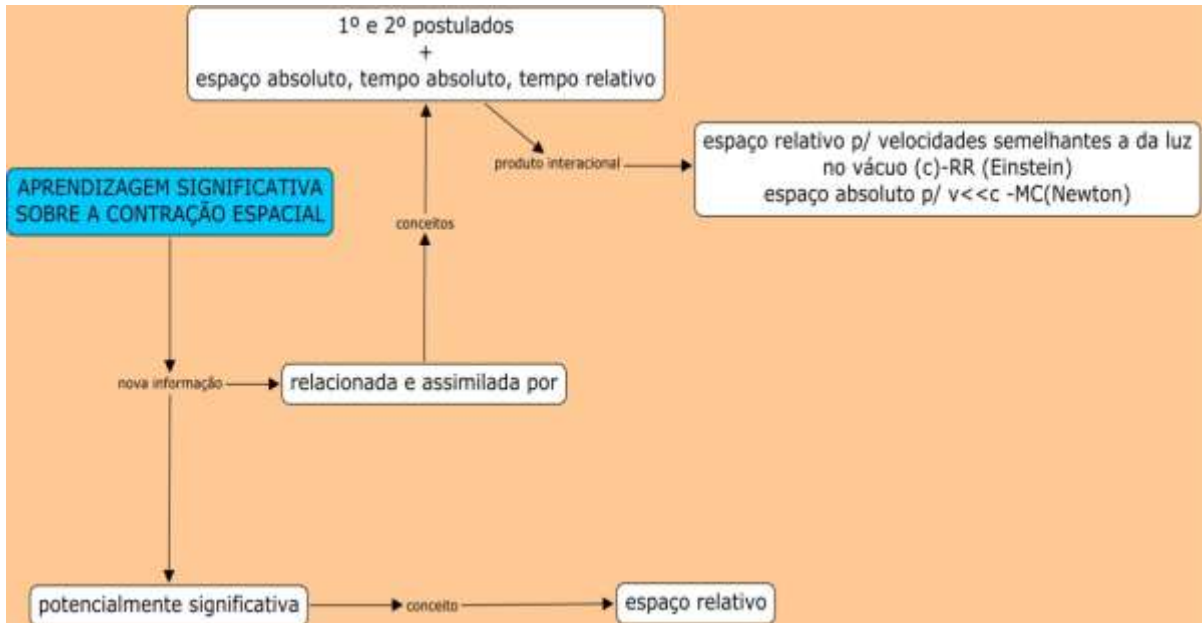


Fonte: Elaborada pelo autor.

Antes do processo de assimilação o aluno possuía somente a ideia clássica de tempo (= tempo absoluto, isto é um tempo que passa igualmente para todos os observadores), através de uma interação do conceito de tempo absoluto com os postulados da RR, eles modificaram a ideia que possuíam de tempo de forma a torná-la mais geral, incluindo agora a ideia de um tempo relativo (= que depende do observador).

O próximo conceito a ser modificado radicalmente foi o de espaço, e com ele a distância entre dois pontos ou o comprimento de objetos. Para que ocorresse um processo de assimilação do qual resultasse na modificação do conceito que os alunos têm de espaço foi preciso antes rever o conceito de tempo absoluto (que eles têm de suas vidas diárias, mas que foi firmado matematicamente com estudos realizados a partir do nono ano, ensino fundamental), fizemos com que esse conceito passasse por um processo de interação (conflito) com os postulados de forma que ocorresse uma modificação na visão que eles tinham do tempo que comportasse a ideia de tempo relativo. Modificando a estrutura cognitiva do indivíduo a esse nível, eles estariam aptos a construir um novo conceito, o de espaço relativo.

Figura 14 – Aprendizagem significativa do conceito de Espaço Relativo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a abordagem dos módulos 1 e 2 aplicamos um questionário, que dividimos em algumas categorias que exploraremos nos quadros seguintes:

O quadro 8 é uma análise das respostas a seguinte questão:

Na letra da Música Busca Vida do grupo Paralamas do Sucesso destaque uma frase que você acha estar de acordo ou em desacordo com a RR. Comente a frase destacada.

Quadro 8: Identificando conceitos de Relatividade Restrita na letra da música “Busca Vida” do grupo Paralamas do Sucesso. Frase destacada: “Se for mais veloz do que a luz”

Identificando conteúdos de RR em letras de música-Música Busca Vida.	Aluno	Análise Feita
Música “Busca Vida” – Paralamas do sucesso	A1	De acordo com a RR é impossível ser mais veloz do que a luz.
	A2	À medida que se aproxima da velocidade da luz, o tempo vai passando mais devagar.
	A3	A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores inerciais, independentemente de seu estado de movimento, portanto ninguém é capaz de ser mais veloz do que a luz, nem ter velocidade igual.
	A4	Não há como sermos mais velozes do que a luz, ela mede o mesmo valor independentemente da velocidade que você esteja.
	A5	A frase está em desacordo com a Teoria da Relatividade Especial, pois não podemos ser mais rápidos do que a luz.

O gráfico da figura 15 mostra uma análise da letra da música “Busca Vida” do grupo Paralamas do Sucesso feitas pelos alunos do 3º ano participantes da pesquisa.

Figura 15 – Análise da letra da música “Busca Vida”



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para 50% dos alunos entrevistados a possibilidade de termos velocidades superior a da luz se encontra em desacordo com a RR.

Na mesma etapa avaliativa colocamos para eles um poema de Luiz Vaz de Camões para que destacassem frases que tinham algo da TER. Todos destacaram as frases:

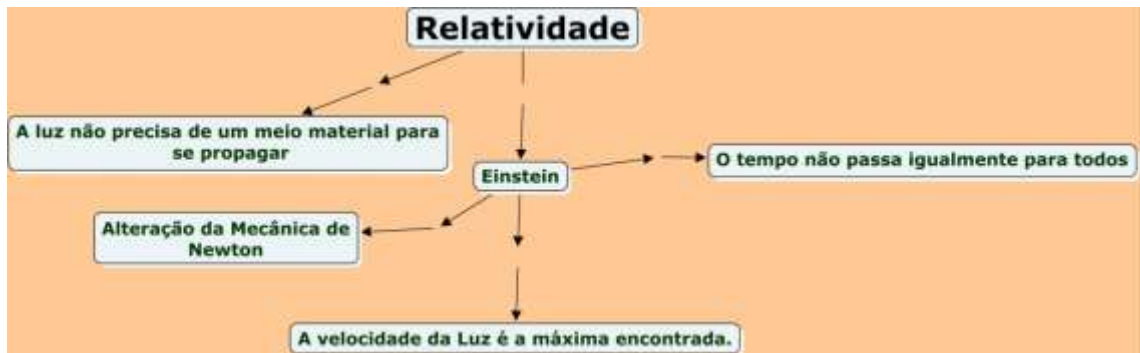
- Numa hora acho mil anos.

-Que em mil anos não posso achar uma hora.

Ao destacarem essas frases eles expõem sua aprendizagem que diz respeito à relatividade do tempo, todos foram bem sucedidos ao enfatizarem o fato de tempo não passar da mesma forma para todos os observadores.

A seguir temos alguns mapas produzidos pelos alunos ao final da exposição do conteúdo referente aos módulos 1 e 2.

Figura 16 – Mapa conceitual 1 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e.



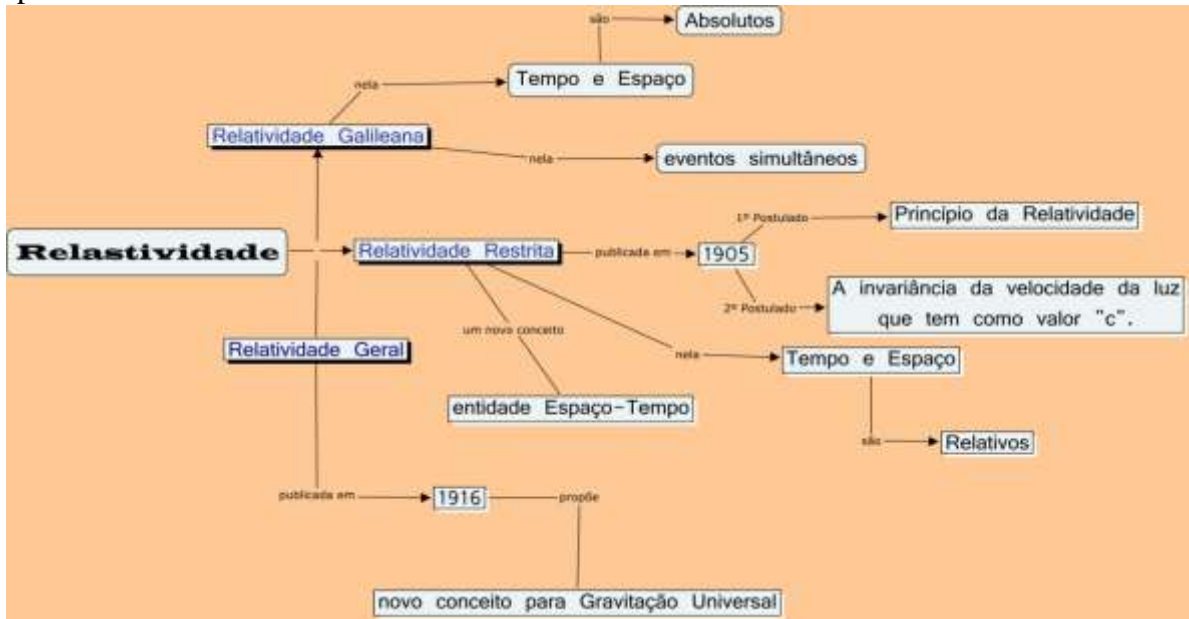
Fonte: Elaborada por um aluno do 3º ano.

Figura 17 – Mapa conceitual 2 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.



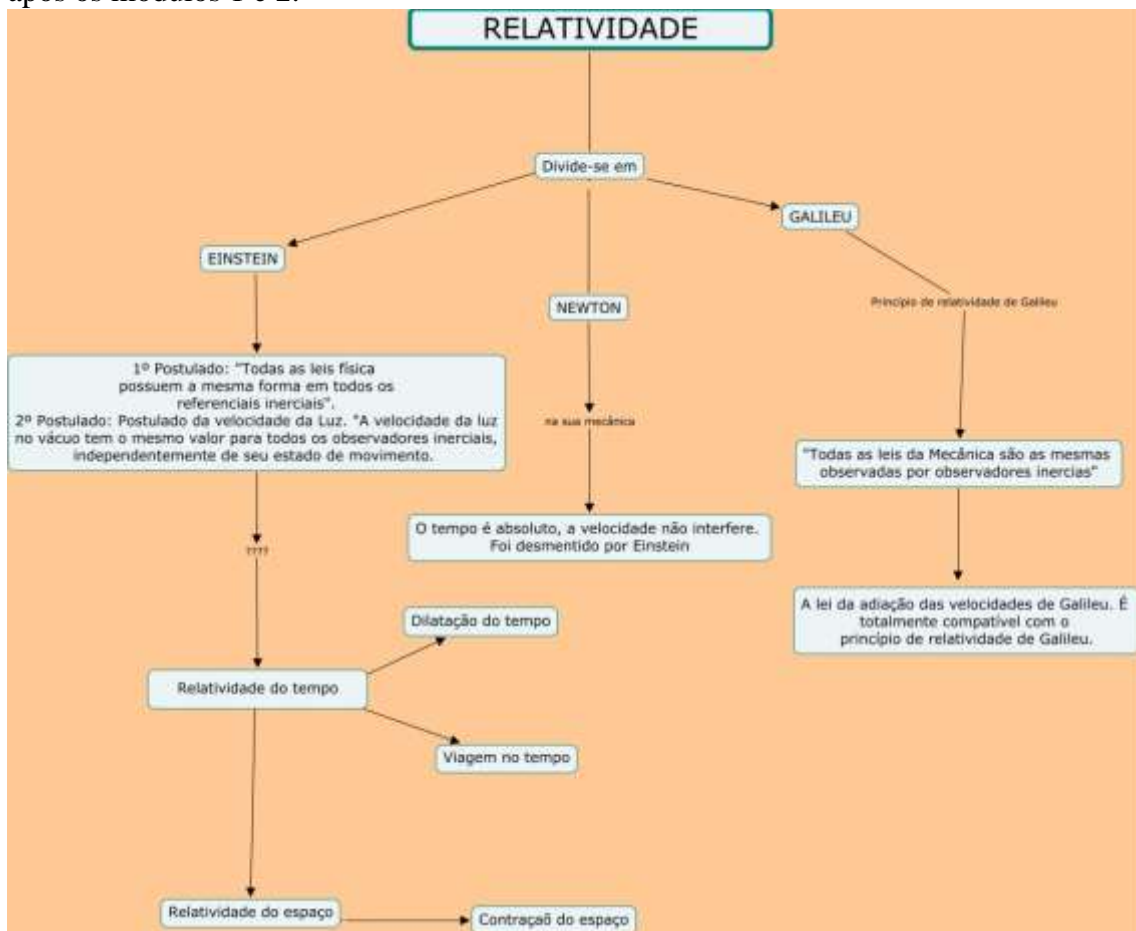
Fonte: Elaborada por um aluno do 3º ano.

Figura 18 – Mapa conceitual 3 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.



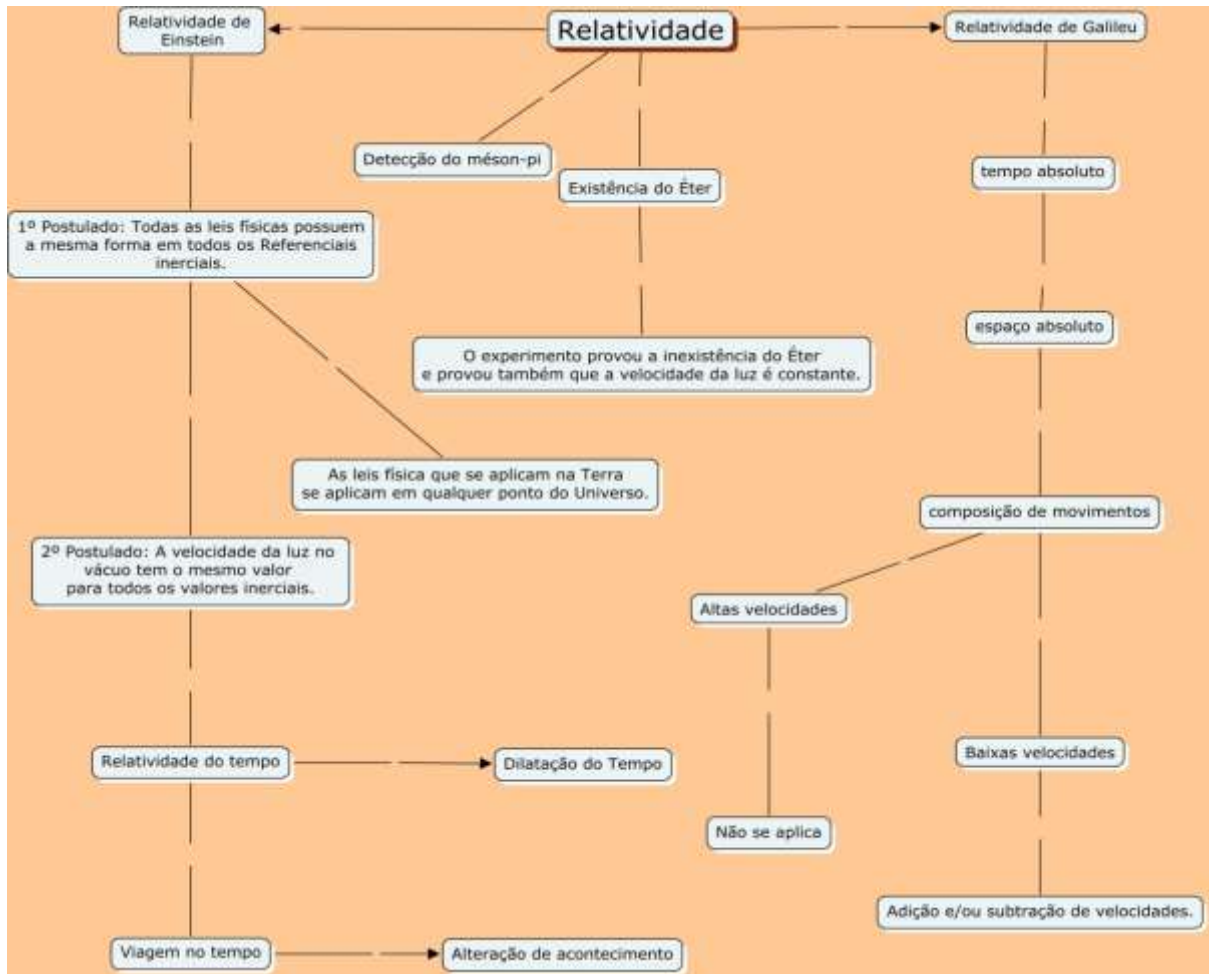
Fonte: Elaborada por um aluno do 3º ano.

Figura 19 – Mapa conceitual 4 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.



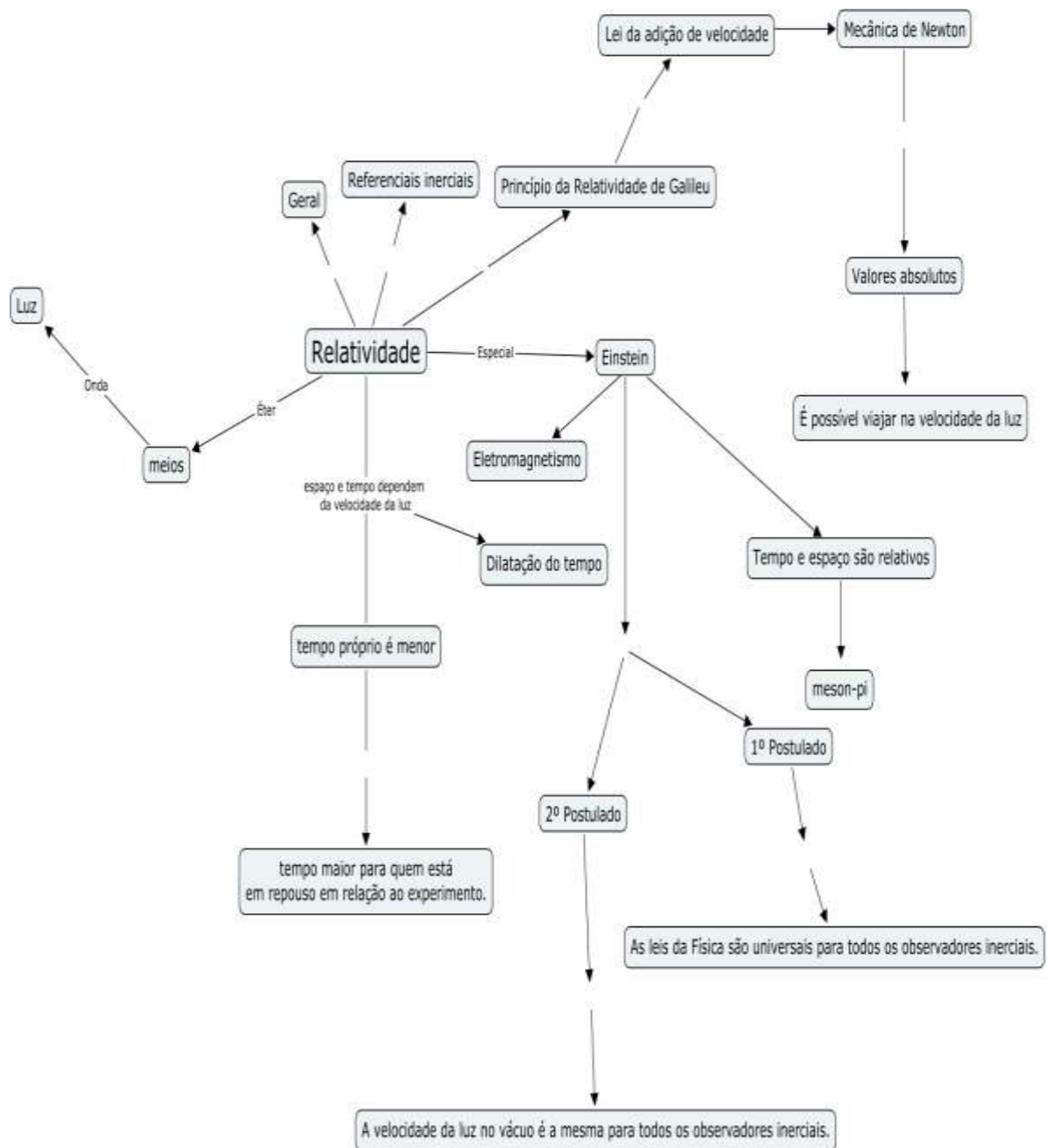
Fonte: Elaborada por um aluno do 3º ano.

Figura 20 – Mapa conceitual 5 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.



Fonte: Elaborada por um aluno do 3º ano.

Figura 21 – Mapa conceitual 6 sobre Relatividade construído por um aluno (a) após os módulos 1 e 2.



Fonte: Elaborada por um aluno do 3º ano.

7.2.2 Aplicação do módulo 3

O módulo três do nosso curso foi abordado durante quatro aulas, quando discutimos a necessidade de uma reformulação na expressão do momento linear, fazendo com que sua lei de conservação continuasse válida e ao mesmo tempo compatível com as TL. Além da reformulação matemática do momento linear, abordamos a nova expressão para força, discutimos a equivalência entre massa e energia e apresentamos a equação que envolve uma relação entre energia e momento relativísticos. O tempo destinado a esse capítulo foi muito curto fazendo com que as atividades de sala de aula não fossem tão intensas quanto às dos outros dois capítulos. Procuramos compensar isso propondo atividades extras para casa, fazendo os alunos refletirem sobre o que foi estudado, na intenção de que eles percebessem a relevância desse conhecimento para ciência, tecnologia e sociedade.

Na última aula discutimos os vídeos a que eles tinham assistido, e se percebeu a preocupação que os alunos haviam adquirido quanto à utilização da expressão $E = mc^2$. Desde que Einstein descobriu essa relação íntima entre massa e energia, ela vem sendo utilizada com diversos propósitos, sendo o mais notado de todos, a criação da bomba atômica. O uso feito do conhecimento científico que está por trás da fórmula $E = mc^2$ na produção de bombas atômicas que coloca em risco o próprio futuro do planeta, assim como o destino da civilização humana, é alvo de muitas reflexões desde aquela época sendo que muitas pessoas acabam associando uma imagem negativa ao cientista Albert Einstein. Aproveitamos esse momento para esclarecer o verdadeiro papel de Einstein nessa história, nesse ponto estabelecemos um vínculo entre Física, História e tecnologia, relacionando o conhecimento produzido até aquela época com o momento histórico que a sociedade vivia e os fatos que desencadearam na produção de uma bomba atômica. Enfatizamos a história do cientista e sua luta contra a não utilização desse tipo de arma, bem como seu horror à violência. Nesse ponto caberia uma participação dos professores de história da escola, possibilitando uma interdisciplinaridade e um aprendizado mais abrangente e coletivo. Infelizmente isso não foi possível, pois a aplicação se deu durante o período de férias e não tínhamos professores disponíveis.

Quando questionados sobre o significado da expressão $E = mc^2$, os alunos responderam:

A1. Significa que energia (E) é igual à massa multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz.

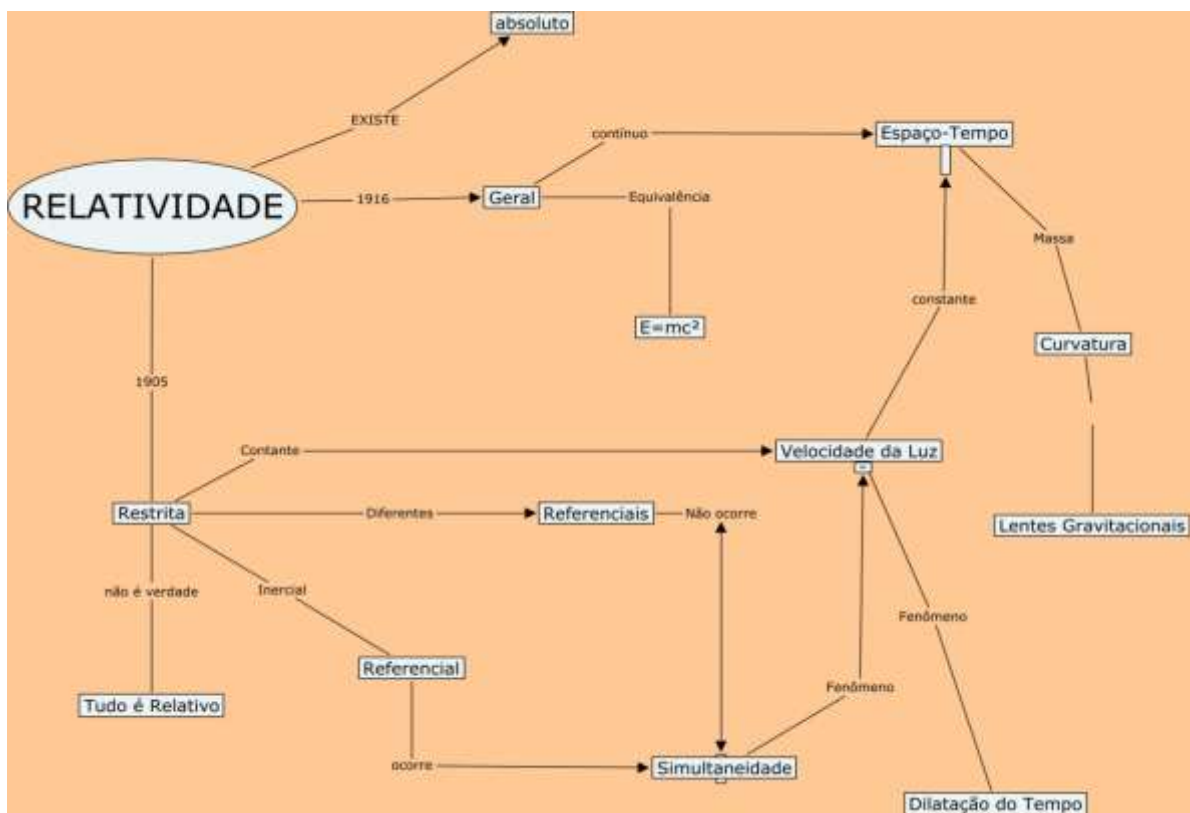
A2. $E = mc^2$ é a equação fundamental que estabelece a equivalência entre massa (m) e energia (E).

A3. Segundo essa fórmula massa e energia são coisas equivalentes, pois são dois lados de uma mesma “moeda”.

A4. Ela diz que para você converter uma dada massa em energia é necessário elevá-la ao quadrado da velocidade da luz.

Para finalizar a aplicação dos módulos desenvolvidos, propusemos novamente a produção de um mapa conceitual que sintetizasse tudo o que foi estudado em sala, e também evidenciasse a pesquisa e trabalhos por eles realizados. A figura 22 mostra um mapa conceitual onde os alunos sintetizam parte dos conhecimentos por eles adquiridos.

Figura 22 – Mapa conceitual construído após o módulo 3.



Fonte: Elaborada por uma das turmas da 3ª série do EM.

No mapa da figura 22 nota-se que os alunos pesquisaram sobre assuntos ligados a RG, uma vez destacadas as palavras curvatura e lentes gravitacionais.

8 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A pesquisa constatou através de questionamentos com alunos e professores que há uma real necessidade de se estudar a Teoria da Relatividade no ensino médio e que ambos estão de acordo à aplicação de uma proposta que se dê ao longo dos três anos.

Os resultados mostram que a atual forma como os livros didáticos estão organizados se encontra defasada, o próprio currículo escolar precisa ser urgentemente reformulado para que os prejuízos sejam “reparados”. Embora os livros didáticos já abordem o tema Relatividade Restrita, eles geralmente não são ensinados no ensino médio, pelo fato de estarem dispostos no último capítulo, que segundo a fala de uma professora, “é aquele que nunca dá tempo de ser visto”.

O questionário aplicado a 64 alunos do segundo ano mostrou, entre outras coisas, que eles não têm conhecimento da crise do desenvolvimento da Física Clássica, não conseguem diferenciar a Física Clássica da Física Moderna, embora tenham alguns conceitos introduzidos, ainda que sejam de forma superficial e até mesmo errados, conceitos errôneos de Relatividade são usados até mesmo para dar cantadas!

Há um consenso entre alunos e professores de que a abordagem feita ao longo dos três anos do ensino médio possibilitará aos primeiros, tempo para uma maior reflexão do assunto e, conseqüentemente, um melhor aprendizado.

Apesar das tentativas de diminuir a sua influência, o vestibular é ainda um grande objetivo dentro da nossa estrutura escolar, e, portanto, um fator determinante da incompetência da estrutura educacional. Ele estimula o aluno a decorar as fórmulas ao invés de propiciar o pensamento crítico e objetivo. Embora o ENEM esteja cobrando do aluno o conhecimento das leis físicas e o pensamento crítico, ele comete um grande erro ao não incluir em sua grade de conteúdos a FMC, contribuindo assim com o ensino exclusivo da Física Clássica no EM em detrimento da Física Moderna.

No que diz respeito ao ensino e aprendizagem da Relatividade Restrita nessa proposta, uma vez que houve interação entre os novos saberes e os subsunçores que os alunos dispunham a ponto de modificar esses últimos tornando-os mais abrangentes e inclusivos, consideramos que a relação didática teve sucesso ao facilitar o ensino e a aprendizagem. A

forma pela qual conduzimos as aulas fez com que os alunos despertassem seu interesse pela pesquisa de assuntos científicos e os fizeram refletir sobre a importância da própria física clássica.

A utilização de recursos diferenciados em diferentes momentos do processo contribuiu para a aprendizagem significativa dos conceitos abordados, que foram contextualizados e quando possível relacionados com situações cotidianas. Neste processo, recursos como vídeos e a elaboração de mapas conceituais permitiram organizar os conhecimentos que foram abordados de forma a facilitar a sua incorporação na estrutura cognitiva dos estudantes.

O método de avaliação que utilizamos foi muito útil ao sondar o tipo de aprendizado que os alunos adquiriram e possibilitar uma avaliação que incluísse os desempenhos dos alunos e ao mesmo tempo mostrasse as principais deficiências destes, dando ao professor uma nova chance de corrigir alguns conceitos errados que estes possam ter adquirido ou mesmo os conceitos que o professor julgara essencial, mas que o aluno não conseguiu adquirir. Os mapas quando aplicados constantemente aliados à avaliação tradicional mostraram-se eficazes no sentido de fornecer um diagnóstico em tempo útil.

A questão agora que deve ser discutida é a melhor maneira de se transmitir esses conteúdos, as metodologias e estruturação. Esse trabalho propõe uma sequência didática que pensamos tenha sido bem sucedida, mas que poderá ser trabalhada por outros professores e pesquisadores a fim de melhorar cada vez mais o rendimento dos alunos.

Trabalhos futuros poderão pensar numa reestruturação geral dos conteúdos de Física Moderna, bem como da própria Física Clássica, haja vista a necessidade de trabalhar a TRE ao longo dos três anos torna necessário fornecer ao aluno uma noção de Eletromagnetismo ainda no primeiro ano para que ele possa assimilar melhor as aulas de RR. Os resultados mostram que a necessidade de explicações sobre a Relatividade nasce bem antes de o aluno chegar ao primeiro ano e nesse sentido, futuros trabalhos poderão ser produzidos no intuito de elaborar um texto didático sobre Relatividade para alunos do ensino fundamental.

REFERÊNCIAS

ALVETTI, Marco Antônio Simas. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a revista Ciência Hoje**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em educação) – Centro de Ciências da educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Platanô Edições Técnicas, Janeiro de 2003.

BRASIL. **Lei das Diretrizes e Bases da Educação**, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm.

BRASIL. Ministério da educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Brasília: MEC/Semtec, 1999.

CARVALHO, A. M. P; GIL. D. G. **Formação de Professores de Ciências**. 8 ed. São Paulo: Editora Cortez, 2006. – Coleção questões da Nossa Época; v.26.

CASTILHO, Maria Inês. **Uma Introdução Conceitual à Relatividade Especial no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (2005).

CHIARELLI, Rogério Ávila. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: É possível Abordar Conceitos de Mecânica Quântica?** Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-graduação em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (2006).

D'AGOSTIN, Aline. **Física Moderna e Contemporânea: Com a palavra professores do Ensino Médio**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Educação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

GOMES, Silas Micael do Nascimento. **Aprendizagem Significativa e Mapas Conceituais: Uma Estratégia Progressista para o Ensino de Eletromagnetismo**. Monografia (Departamento de Física)- Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu, Universidade estadual do ceará, Iguatu, 2012, pg. 36.

JUNIOR, Osvaldo Canato. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média**. Dissertação de Mestrado (Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior. **Relatividade Restrita no Ensino Médio: Elaboração e Análise de uma proposta**. Dissertação de Mestrado (Curso de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro Ciências Físicas e Matemática, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MENESES, Ana Maria Santos. **Teoria da Relatividade Geral no Ensino Médio: Linhas Retas e Curvas no Caminho da Física, da Literatura e da História e Filosofia da ciência**. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro

Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, Rio de Janeiro, 2010.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, c1999. 130p.

MOREIRA, Marco. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

NOVAK, Joseph D. **Aprender, Criar e Utilizar o Conhecimento**. Editora: Platano edições Técnicas, 1ed, 2000.

NOVAK, Joseph D; MOREIRA, Marco. A; VALADARES, J. A; CACHAPUZ, A. F; PRAIA, J. F; MARTÍNES, R. D; MONTERO, Y. H; PEDROSA, M.E. **Contributos de III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Peniche, 2000.

NUNES, Anderson Lupo. **A Física Quântica para todos**. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luís, 2007.

OLIVEIRA, Fábio Ferreira. **O Ensino de Física Moderna com Enfoque CTS: Uma proposta Metodológica para o Ensino usando o tópico Raios X**. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Educação) – Faculdade de Educação, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OSTERMANN, F; RICCI, Triste. F. **Relatividade Restrita no Ensino Médio: Os conceitos de massa relativística e equivalência massa-energia em livros didáticos de Física**. Artigo Científico. Instituto de Física- (UFRGS). Cad. Brás. Ens. Fís., v. 21, n. 1: p. 83-102, abr. 2004.

OKADA, Alexandra Lilavati Pereira. **Mapas conceituais em projetos e atividades pedagógicas**. In: Moraes, U. Tecnologia Educacional e Aprendizagem: o uso dos recursos digitais. São Paulo: Livro Pronto, 2007 (p.211-249).

RODRIGUES, Carlos Daniel Ofugi. **A inserção da teoria da relatividade no ensino Médio**. Dissertação de Mestrado (Curso de Mestrado em educação) – Centro de Ciências da educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

RODRIGUES, Carlos Daniel Ofugi; OLIVEIRA, M. Pietrocola. **A abordagem da Relatividade Restrita em livros didáticos do Ensino Médio e a Transposição Didática**. II Encontro nacional de pesquisa em Educação em Ciências, Valinhos - SP, 1999, 1-12.

SAGAN, Carl. Bilhões e Bilhões: **Reflexões sobre a vida e morte na virada do milênio**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

SAGAN, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

SANCHES, Mônica. B. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SILVA, Carlos Magno Lima Fernandes. **Uma proposta para o ensino da Teoria da Relatividade Especial no nível médio**. 2006. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Departamento de Física Teórica e experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

SOUSA, Adão José. **A produção de raios X e a radioproteção contextualizada por meio do enfoque ciências, tecnologias e sociedade (CTS): Um caminho para inserção de tópicos de física moderna e contemporânea (FMC) no ensino médio**. 2009. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Cruzeiro de Sul, São Paulo, 2009.

WEBBER, Maia. C. M. **Inserção de Mecânica no Ensino Médio: Uma proposta para professores**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física) - Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GROCH, Tony. Marcio¹; JR, Arandi. G. Bezerra². **O ensino de Relatividade Restrita na primeira série do Ensino Médio**. Artigo Científico - ¹Colégio Estadual do Paraná, ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1706-8.pdf>.

http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_D._Novak (Consultado dia 18 de novembro de 2011 às 20:38).