

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

José Alexandre Maron Pettersen

**A ARTE COMO ELEMENTO FACILITADOR NA APRENDIZAGEM DA
RELATIVIDADE.**

Campos dos Goytacazes/RJ
Abril/2017



José Alexandre Maron Pettersen

A ARTE COMO ELEMENTO FACILITADOR NA APRENDIZAGEM DA RELATIVIDADE.

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

Orientadora: Dra. Marília Paixão Linhares

Campos dos Goytacazes/RJ
Abril/2017

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

P316a Pettersen, José Alexandre Maron
A arte como elemento facilitador na aprendizagem da relatividade /
José Alexandre Maron Pettersen - 2017.
137 f. : il. color.

Orientadora: Marília Paixão Linhares
Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, campus Campos Centro, Programa de Pós-
Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Fluminense, Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física,
Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.

Referências: f. 81 – 83.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Relatividade (Física). 3. Apre-
ndizagem. I. Linhares, Marília Paixão, orient. II. Título.

530.7

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

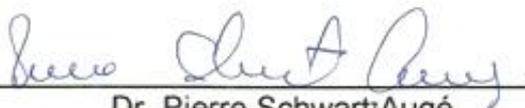
A ARTE COMO ELEMENTO FACILITADOR NA APRENDIZAGEM DA
RELATIVIDADE.

José Alexandre Maron Pettersen

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

Aprovada em 04 de abril de 2017.

Banca Examinadora:



Dr. Pierre SchwartzAugé
IFFluminense



Dra. Renata Lacerda Caldas
IFFluminense



Dra. Maria da Conceição de Almeida Barbosa-Lima
UERJ



Dra. Marília Paixão Linhares
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora
UENF

Campos do Goytacazes/RJ
Abril/2017

Dedico esta dissertação à minha esposa e a minha filha pela paciência e compreensão da importância em minha vida profissional.

AGRADECIMENTOS

À professora orientadora Dra. Marília Paixão Linhares pela sua colaboração e pela confiança em mim depositada;

À SBF e ao MNPEF por ter oportunizado o Mestrado em minha região;

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida;

Aos professores do programa, pelos preciosos momentos de convivência e experiência;

Aos colegas do curso, pela amizade e troca de experiências;

Às professoras Adriana Castilho Coquito, Maria Helena Ferreira Silva e Regina Célia Lima Leal pelo suporte na apresentação do esquete teatral;

E a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado!

RESUMO

A ARTE COMO ELEMENTO FACILITADOR NA APRENDIZAGEM DA RELATIVIDADE.

José Alexandre Maron Pettersen

Orientadora:
Dra. Marília Paixão Linhares

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

Filmes de ficção científica e esquete teatral são duas formas de expressão artística que podem ser utilizadas como ferramentas pedagógicas para despertar o interesse dos alunos para os estudos de Física. A presente pesquisa teve como objetivo investigar se o uso de um filme de ficção científica e a montagem de um esquete teatral contribuem para o aprendizado de conceitos básicos da Teoria da Relatividade. A escolha dessas formas de expressão artística aliada à abordagem histórica da ciência busca envolver o aluno no seu processo de aprendizagem, superando práticas tradicionais de ensino. Neste contexto, foi elaborada uma sequência didática guiada pelo referencial da Teoria da Aprendizagem Significativa, sobre a Teoria da Relatividade. A proposta de intervenção didática está organizada em cinco etapas: pré-teste, organizador prévio, arte como elemento facilitador, organizador explicativo e pós-teste. O público que participou da proposta didática foi um grupo de trinta alunos de uma turma do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Cambuci RJ. Entretanto, os dados analisados nesta investigação referem-se aos seis alunos que participaram integralmente de todas as etapas do trabalho. O trabalho adotou o referencial da pesquisa qualitativa e o método de estudo de caso. Ficou evidenciado, através dos pré-teste e pós-teste que houve uma evolução qualitativa para as habilidades propostas, com resultados percentuais sempre iguais ou superiores a 50%. Complementando com as observações das atividades em sala de aula, em particular o uso do filme Interestelar e do esquete teatral pode-se avaliar que as estratégias foram positivas para o interesse e aprendizado dos estudantes, contribuindo assim para a melhoria da qualidade do ensino na Rede Pública do município de Cambuci RJ.

Palavras-chave: Ensino de Física, Teoria da Relatividade, Artes, Aprendizagem Significativa.

Campos dos Goytacazes
Abril/2017

ABSTRACT

THE ART AS A FACILITATING ELEMENT IN THE LEARNING OF RELATIVITY.

José Alexandre Maron Pettersen

Supervisor:
Dr. Marília Paixão Linhares

Master's Dissertation submitted to the Post-Graduation Program of the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense in the Professional Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requisites required to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

Science fiction films and theatrical skits are two forms of artistic expression that can be used as pedagogical tools to arouse students' interest in studying physics. The present research had as objective to investigate if the use of a film of science fiction and the assembly of a theatrical sketch contribute to the learning of basic concepts of Theory of Relativity. The choice of these forms of artistic expression allied to the historical approach of science seeks to involve the student in his learning process, surpassing traditional teaching practices. In this context, a didactic sequence was elaborated guided by the Significant Learning Theory, on Relativity Theory. The proposal of didactic intervention is organized in five stages: pre-test, previous organizer, art as facilitator element, explanatory organizer and post-test. The public that participated in the didactic proposal was a group of thirty students of a class of the first year of the High School of a public school of the municipality of Cambuci RJ. However, the data analyzed in this investigation refer to the six students who took part in all stages of the study. The work adopted the qualitative research reference and the case study method. It was evidenced through the pre-test and post-test that there was a qualitative evolution for the proposed skills, with percentage results always equal or superior to 50%. Complementing with the observations of the classroom activities, in particular the use of the Interstellar film and the theatrical sketch, one can evaluate that the strategies were positive for the interest and learning of the students, thus contributing to the improvement of the quality of teaching in the Network Of the Municipality of Cambuci RJ.

Keywords: Teaching Physics, Theory of Relativity, Arts, Significant Learning.

Campos dos Goytacazes
April/2017

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Proposta didática.....	23
Figura 2 - Exibição do Filme.....	26
Figura 3 - Ensaio do esquete	27
Figura 4 - Preparação dos alunos.....	27
Figura 5 - Esquete teatral	27
Figura 6 - Mapa conceitual 1: Relatividade na mecânica clássica	28
Figura 7 - Mapa conceitual 2: Relatividade de Einstein	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aproveitamento dos alunos no 1º e 2º bimestres de 2015 em Física em uma escala de notas de 0 a 10	32
Tabela 2 - Resultado das quatro primeiras questões do pré-teste	51
Tabela 3 - Resultado das três últimas questões do pré-teste	51
Tabela 4 - Resumo dos alunos que apresentam características da Aprendizagem Mecânica ou Significativa	55
Tabela 5 - Classificação das respostas apresentadas em relação ao filme Interestelar ..	57
Tabela 6 - Resumo da avaliação final	75

LISTA DE SIGLAS

AM	Aprendizagem Mecânica
AS	Aprendizagem Significativa
CA	Conceitos Ausentes
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CI	Conceitos Insuficientes
CM-RJ	Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro
CS	Conceitos Satisfatórios
FMC	Física Moderna e Contemporânea
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IFF	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PARFOR	Plano Nacional de Formação de Professores
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
SA	Subsuntor Ausente
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SEEDUC-RJ	Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro
SMD	Subsuntor Mal Definido
SP	Subsuntor Presente
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UENF	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1	A construção do conhecimento	5
2.1.1	A aprendizagem significativa de Ausubel.....	5
2.2	A história e o ensino de ciências	8
2.3	Física moderna e contemporânea no Ensino Médio.....	9
2.4	A arte e o ensino de física	10
3	A TEORIA DA RELATIVIDADE	12
3.1	A origem histórica da relatividade especial	12
3.2	O espaço, o tempo e a matéria pós Einstein.....	14
3.3	Postulados	15
3.4	As transformações de Lorentz	16
3.5	A contração de Lorentz.....	17
3.6	A dilatação do tempo	18
4	METODOLOGIA	19
4.1	O Ensino	19
4.2	A Escola.....	20
4.3	O Profissional.....	20
4.4	Pesquisas Qualitativas em Educação – Estudo de Caso	21
4.5	Elementos da Proposta Didática.....	23
4.5.1	Pré-teste.....	24
4.5.2	Organizador Prévio	25
4.5.3	A arte como elemento facilitador da aprendizagem	25
4.5.4	Organizador Explicativo	28
4.5.5	Pós-teste	29
5	APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
5.1	Os alunos analisados	31
5.2	Aplicação do trabalho.....	32
5.3	Análise do pré-teste.....	34
5.3.1	Análise de conteúdos	34
5.3.2	Característica da aprendizagem mecânica ou significativa.....	51

5.4 Análise do pós-teste	55
5.4.1 Interpretação dos resultados.....	75
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE A Pré-Teste.....	84
APÊNDICE B Pós-Teste.....	87
APÊNDICE C A Sequência Didática	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Apêndice C)	124

Capítulo 1

Introdução

Novos tempos exigem novos procedimentos. No campo da educação a demanda por novas estratégias que favoreçam o processo de ensino e de aprendizagem e que, sobretudo, motivem o aluno da educação básica tem exigido dos docentes um olhar cuidadoso sobre o trabalho desenvolvido em sala de aula. Atividades predominantemente tradicionalistas, ou seja, de pouca interação entre professor e aluno, dão aos discentes uma dose extra de desestímulo. Propor estratégias associadas às artes, ao cotidiano, ao contexto histórico, às práticas experimentais e às tecnologias computacionais, provavelmente fará diferença na aprendizagem do aluno.

Neste contexto a busca por estratégias de ensino inovadoras e estimulantes tem sido frequente entre professores e pesquisadores, no âmbito da pesquisa em educação. A utilização das artes no ensino de ciências permite traçar estratégias inovadoras e tem sido adotada com sucesso por professores de Física (REIS, 2016).

Optamos por reforçar conceitos que deram origem ao desenvolvimento da Teoria da Relatividade através das artes, pensando na relação dialética entre arte e ciência, em especial, a relação arte e Física. Adotamos a exposição de esquete teatral e a exibição de filme científico como estratégias facilitadoras da aprendizagem dos alunos.

A partir desta reflexão, colocamos a seguinte questão: Em que medida, a adoção de estratégias que utilizam formas de arte em sala de aula para o ensino de Física poderia favorecer a Aprendizagem Significativa de conceitos básicos da Teoria da Relatividade?

A proposta foi desenvolvida com um grupo de 30 alunos do 1º ano do Ensino Médio de um Colégio Estadual do município de Cambuci, Estado do Rio de Janeiro. A avaliação foi realizada por meio de pré-testes e pós-testes, observações do professor, entrevistas e análise dos textos dos alunos.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um produto educacional, tendo como principal estratégia o uso das artes como elemento facilitador da aprendizagem de conceitos básicos da Teoria da Relatividade.

Conteúdos de Física Contemporânea fazem parte do Currículo Mínimo da Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012). Este documento serve como referência a todas as escolas da Rede, apresentando as competências e habilidades que devem estar nos planos de curso e nas aulas. Sua finalidade é orientar, de forma clara e

objetiva, os itens que não podem faltar no processo de ensino e de aprendizagem, em cada disciplina, ano de escolaridade e bimestre. Com isso, pode-se garantir uma essência básica comum a todos e que esteja alinhada com as atuais necessidades de ensino, identificadas não apenas nas legislações vigentes, Diretrizes e Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), mas também nas matrizes de referência dos principais exames nacionais e estaduais. Consideram-se também as compreensões e tendências atuais das teorias científicas de cada área de conhecimento e da Educação e, principalmente, as condições e necessidades reais encontradas pelos professores no exercício diário de suas funções. O Currículo Mínimo visa estabelecer harmonia em uma rede de ensino múltipla e diversa, uma vez que propõe um ponto de partida mínimo - que precisa ainda ser elaborado e preenchido em cada escola, por cada professor, com aquilo que lhe é específico, peculiar ou lhe for apropriado.

De maneira a não fugir do que determina o Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro (CM-RJ), neste trabalho, a intervenção em sala de aula teve como propósito facilitar a aprendizagem das seguintes habilidades:

- Reconhecer a equivalência entre massa e energia, descrevendo processos de conversão de massa em energia.
- Reconhecer a velocidade da luz como uma constante fundamental da natureza.
- Reconhecer a relatividade de medidas de espaço e tempo devido à invariância da velocidade da luz.
- Reconhecer fenômenos da natureza comprovadores da relatividade de espaço e tempo.
- Relacionar energia e massa reconhecendo a equação $E = mc^2$.

A proposta de intervenção, que utiliza vídeo e esquete teatral como estratégias de ensino facilitadoras da aprendizagem, adotou o referencial da Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 1999) como guia para todas as etapas da investigação: planejamento, intervenção, observação, coleta de dados e avaliação. As etapas enumeradas acima são o resultado da implementação da interpretação da proposta de Ausubel para aquisição de conhecimento (CARDOSO, 2012).

A escolha da TAS se deve ao fato do aprendiz que somente faz uso de uma aprendizagem mecânica, ou seja, caracterizada pelo armazenamento temporário de informações de forma arbitrária e sem conexão com os conhecimentos prévios da sua estrutura cognitiva, terem uma imensa dificuldade em resolver problemas novos, pois estes

requerem competências e habilidades a serem desenvolvidas em uma aprendizagem significativa (CARDOSO, 2012).

A pesquisa realizada é do tipo qualitativa e o método adotado o estudo de caso, que segundo Sturman (1988), é um termo genérico para pesquisa de um indivíduo, um grupo ou um fenômeno. A proposta de ensino abordando o tema Relatividade atende aos requisitos do CM-RJ (RIO DE JANEIRO, 2012) e das orientações da pesquisa da área de Ensino de Ciências.

O ensino da Teoria da Relatividade foi reforçado por meio das artes, utilizando um diálogo fictício entre Einstein e Galileu, adaptado do livro Einstein e o Universo Relativístico (REIS, 2000). O autor foi também o coordenador do Currículo Mínimo de Física – SEEDUC RJ.

O filme Interestelar de Christopher Nolan, exibido aos alunos da turma, em duas seções, apresenta aspectos da Teoria da Relatividade a partir de uma história fictícia sobre o futuro da humanidade. As estratégias facilitadoras da aprendizagem (filme e esquete) foram precedidas por uma abordagem histórica da Teoria da Relatividade, por um teste inicial e por entrevistas com os alunos.

O Colégio Estadual Oscar Batista, palco da intervenção, está localizado em São João do Paraíso – Cambuci RJ, conta hoje com aproximadamente 40 professores e 360 alunos distribuídos entre Ensino Fundamental II e Ensino Médio (Formação Geral e Curso Normal). A maioria dos alunos é da própria comunidade e os demais são oriundos da zona rural. A escola apresenta ótimos resultados nas avaliações externas, obtendo um dos melhores IDEB do país nas edições de 2009, 2011 e 2013, com resultados de 7,4; 7,2 e 6,2 respectivamente.

É nesse contexto que a pesquisa foi realizada, com a turma 1001 do 1º turno da referida escola. A turma tinha 30 alunos inscritos na disciplina Física, que foi ministrada durante dois bimestres para fins de pesquisa. Todos os alunos concluíram a disciplina com aprovação e não houve abandonos.

A pesquisa foi desenvolvida durante a disciplina, em treze aulas. Do universo de 30 alunos, somente seis participaram de todas as etapas da proposta, alvo da pesquisa, de tal forma que a coleta de dados para avaliação da proposta educativa foi realizada com este grupo de seis estudantes.

Os instrumentos para coleta de dados foram questionários, entrevistas gravadas, vídeo e observação do professor/pesquisador em sala de aula.

No capítulo 2 serão apresentadas as referências que orientaram o trabalho: A construção do conhecimento e a Teoria da Aprendizagem Significativa; a história e o ensino de ciências, a Física Moderna no Ensino Médio e as artes no ensino de Física.

O capítulo 3 apresenta a Teoria da Relatividade.

A metodologia é apresentada no capítulo 4: o ensino, a escola, o profissional, as pesquisas qualitativas em educação e os elementos da proposta didática.

O desenvolvimento da proposta, a coleta de dados e a análise estão apresentados no capítulo 5 e as considerações finais encerram o corpo do texto da dissertação.

Seguem-se as Referências bibliográficas e os apêndices

O Produto final é apresentado de forma destacada do texto da dissertação, contendo os seguintes conteúdos:

(1) apresentação detalhada das etapas da sequência didática;

(2) vídeo com a edição do diálogo hipotético entre Einstein e Galileu representado por dois alunos (YouTube (<https://youtu.be/YJtiyiN1rQM>));

(3) apresentação de uma abordagem histórica do período vivido por Einstein, suas obras e sua influência nas artes e na literatura (SlideShare <https://www.slideshare.net/secret/1Qe5oHKhTvfJli>);

(4) banco de questões envolvendo a Teoria da Relatividade.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Neste capítulo descrevemos os referenciais teóricos que nortearam este trabalho. Na seção 2.1 – A construção do conhecimento, são apresentados os conceitos da teoria no qual este trabalho é baseado; na seção 2.2 – A história e o ensino da ciência, é dado um enfoque da importância de se fazer uma abordagem histórica durante as aulas de ciências; na seção 2.3 – Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, é feito um questionamento sobre a importância de mudanças no currículo de Física no Ensino Médio de maneira que temas de Física Moderna e Contemporânea fossem introduzidos; na seção 2.4 – A Arte e o ensino de Física, a busca de formas diferenciadas do saber da Física é o que se pretende mostrar nesta seção

2.1 A construção do conhecimento

Nesta seção faremos uma explanação sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

2.1.1 A aprendizagem significativa de Ausubel

A aprendizagem pode ser dividida de maneira geral em três tipos: cognitiva, afetiva e psicomotora. A aprendizagem cognitiva resulta em armazenamento das informações de forma organizada. A aprendizagem afetiva relaciona-se as sensações como dor e prazer, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. A aprendizagem psicomotora relaciona-se a respostas musculares que se adquire através da prática. Estas aprendizagens podem ocorrer acompanhadas uma das outras, como no caso de algumas experiências afetivas serem acompanhadas de experiências cognitivas (MOREIRA, 1999).

A teoria de Ausubel tem foco na aprendizagem cognitiva, sendo, portanto Ausubel um representante do cognitivismo (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem significativa é o centro conceitual da teoria de Ausubel.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação é adquirida através do esforço deliberado por parte do aluno de relacionar a nova informação com os conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva. As condições necessárias para a aprendizagem significativa de informação dependem do material de aprendizagem potencialmente significativo e uma predisposição para a aprendizagem significativa (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 133).

Para Ausubel aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especialmente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, ao qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999).

Quando não há interação com conceitos relevantes da estrutura cognitiva, Ausubel classifica esta aprendizagem como mecânica. Este tipo de armazenamento de informação ocorre de maneira arbitrária, não havendo ligação com os subsunçores específicos.

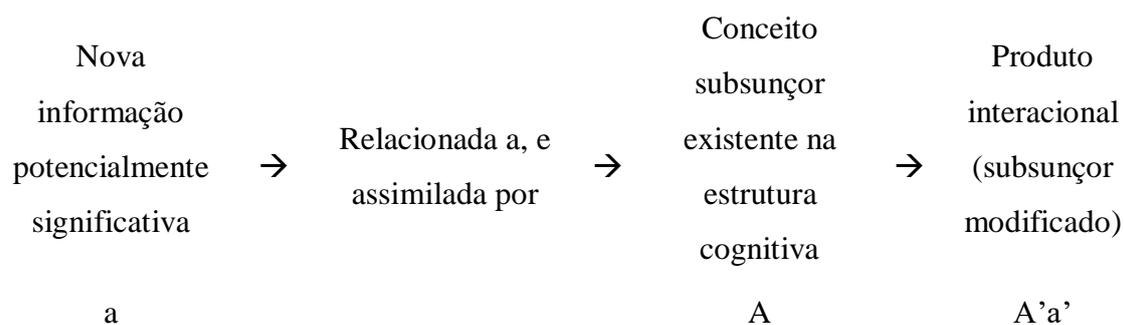
Ausubel, por outro lado, recomenda o uso de organizadores prévios para dar suporte à nova aprendizagem e conseqüentemente o desenvolvimento dos subsunçores. Organizadores prévios, como o próprio nome sugere, são materiais que antecedem o material a ser aprendido. Ele servirá de ponte entre o que o aluno sabe e o que ele deverá saber. São os que chamamos de “pontes cognitivas” (MOREIRA, 1999).

Para que saibamos se uma aprendizagem foi realmente significativa, Ausubel propõe que sejam formuladas questões de uma maneira nova, não familiar ao aluno, que requeira o máximo de modificação do conhecimento adquirido.

Ausubel diferencia a aprendizagem significativa em três: representacional, de conceitos e proposicional.

A aprendizagem representacional envolve a atribuição de significados a símbolos, como o caso das palavras. A aprendizagem de conceitos representa regularidades em eventos ou objetos, é de certa forma também representacional. A aprendizagem proposicional significa aprender ideias em forma de proposição (MOREIRA, 1999).

A teoria da assimilação proposta por Ausubel, de valor explanatório e de retenção pode ser representada da seguinte forma:



A aprendizagem pode ser subordinada, superordenada e combinatória. Quando a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, refletindo uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente será classificada como subordinada. Quando a aprendizagem se dá por um conceito ou proposição significativo A, mais geral e inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva a_1 , a_2 , a_3 , é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los, temos então uma aprendizagem superordenada. A aprendizagem combinatória é a aprendizagem de proposições e de conceitos (em menor escala) que não guardam relação de subordinação e superordenação com proposições ou conceitos específicos e sim, com conteúdo amplo, relevante, na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999).

No decorrer da aprendizagem significativa ocorrem dois processos que se relacionam: A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Elas são definidas da seguinte forma: Quando submeter-se uma nova informação a um determinado conceito ou proposição, a nova informação é aprendida e o conceito ou proposição inclusiva sofre modificações. Este processo de inclusão, que ocorre uma ou mais vezes, motiva a diferenciação *progressiva* do conceito ou proposição que engloba novas informações. Já, a recombinação dos elementos existentes na estrutura cognitiva é denominada reconciliação integradora. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980).

Poderíamos resumir o que foi dito nesta subseção da seguinte maneira: ... o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe: descubra isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, 1968).

Ao introduzir novos conceitos em sala de aula, o professor precisa estar atento e conhecer os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema abordado. A organização de uma sequência de atividades como resultado da interpretação da Teoria de Aprendizagem Significativa deve priorizar: organizadores prévios, material instrucional potencialmente significativo, organizador explicativo e avaliação da aprendizagem.

Organizadores prévios servem de âncora para aprendizagem e levam ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitam a aprendizagem subsequente. No caso de um assunto ser totalmente novo, um organizador explicativo é usado para formação de subsunçores ordenados, que sustentariam a relação com os novos conceitos.

Cardoso e Dickiman (2012) desenvolveram e avaliaram uma sequência didática, explorando os conhecimentos prévios dos alunos e introduzindo novos conceitos de maneira gradual. As etapas foram organizadas de acordo com a Teoria de Aprendizagem Significativa, visando à aquisição de conhecimento e facilitando as relações entre os conceitos e a estrutura

cognitiva dos sujeitos. O principal recurso facilitador utilizado foi o uso de simulações computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico. A avaliação do processo evidenciou que o recurso utilizado levou ganhos cognitivos aos estudantes e o material foi considerado potencialmente significativo, favorecendo a aprendizagem efetiva.

Quando os recursos utilizados em sala de aula são significativos, facilitam as relações entre os conceitos e sua integração à estrutura cognitiva dos alunos. Conceitos de física moderna são abstratos e requerem ferramentas adequadas para construção, ilustração e compreensão das variáveis que dão significado ao fenômeno em questão.

Neste trabalho, para o desenvolvimento de uma sequência didática potencialmente significativa sobre o tema Relatividade, foi escolhido o uso das artes como o principal recurso facilitador da aprendizagem. Arte e ciência, aqui compreendidas como instrumentos de compreensão do mundo e como áreas do conhecimento humano, produto cultural, social e historicamente construído. O uso das artes no ensino de ciências favorece o papel da criatividade e da imaginação dos estudantes.

A sequência de atividades proposta neste trabalho concilia as orientações da Teoria da Aprendizagem Significativa com o uso das artes como o principal recurso facilitador da aprendizagem e foi organizada em cinco etapas: Pré-teste, Organizador prévio, Arte como elemento facilitador, Organizador explicativo e Pós-teste.

2.2 A história e o ensino de ciências

Uma grande quantidade de autores e/ou historiadores da atualidade prega que a história das ciências é peça fundamental para tornar as aulas mais atrativas e conseqüentemente melhorar o processo de interação entre professores e alunos, tornando o aluno um cidadão mais participativo e crítico no processo ensino aprendizagem. Nesta linha de pensamento podemos citar alguns autores como Matthews (1995) e Quintal e Guerra (2009).

De acordo com Matthews (1995), o uso da história das ciências de maneira integrada faz parte do currículo de vários países, como nos Estados Unidos, Reino Unido e Holanda. Podemos dar ênfase ao projeto 2061 da Associação para o Progresso da Ciência, que integra o currículo Norte Americano.

No Brasil, as orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais também destacam a necessidade da abordagem da história das ciências dentro do currículo a ser ministrado, sendo fundamental para a formação do aluno.

Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época (BRASIL, 2002b, p.64).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) orientam para as seguintes habilidades e competências:

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes (BRASIL, 2002a, p. 27).

Para Costa (2014), a História das Ciências no Ensino de Ciências contribui de várias formas, tais como a interdisciplinaridade, formação de senso crítico para compreensão dos conceitos científicos; evidencia a transformação da ciência ao longo do tempo, humaniza os conteúdos e melhora a prática docente.

Para Pietrocolla (2003) a aprendizagem será mais significativa quando o uso de uma abordagem histórica fizer parte do conteúdo a ser trabalhado pelo professor, o que ajuda os alunos a compreenderem os problemas que os cientistas tiveram na construção das leis e/ou teorias.

Pelo que foi colocado nessa seção, fica claro a importância da história da ciência no contexto escolar, tornando as aulas mais atrativas, com um consequente ganho no processo de aprendizagem.

2.3 Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

A inclusão da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio é algo que vem acontecendo com mais frequência nos últimos anos. No Brasil ainda existe uma grande quantidade de professores sem a devida formação na área de atuação. Podemos incluir neste contexto os professores de física que atuam principalmente nas escolas da rede pública brasileira. Como lidar com esta situação: Incluir efetivamente a FMC no currículo das escolas públicas brasileiras, onde a grande maioria dos professores não tem a devida formação.

Segundo Araújo e Guerra (2015), pesquisadores nacionais e internacionais estudam maneiras de incluir a FMC no Ensino Médio. Em um artigo publicado recentemente por eles, é lembrado da Conferência Internacional sobre Ensino de Física que ocorreu em Copenhague

no ano de 1969 em que Eric Rogers¹ fez um apelo: será que nós vamos ficar tão para trás no ensino de Física – por meio século ou mesmo por um século, ainda no ano 2000? (ROGER, 1969).

Zanetic, alguns anos depois fez uma afirmação nessa mesma abordagem: é fundamental que ensinemos a Física do século XX antes que ele acabe (TERRAZZAN, 1992).

Rogers e Zanetic (1992) há quase meio século já questionavam sobre a importância de mudanças no currículo de Física no Ensino Médio de maneira que temas de FMC fossem introduzidos.

Na proposta do presente trabalho de dissertação a FMC é introduzida aos alunos do 1º ano do Ensino Médio por meio das artes, estratégia essa que será mais bem detalhada nos próximos capítulos.

2.4 A arte e o ensino de física

A Arte e a Ciência parecem disciplinas completamente diferentes. Segundo Medina e Braga (2010) a arte é tida como entretenimento, criatividade e representação, onde não é necessário dar explicações. Já a Ciência é pura racionalização metódica, que explica a observação e torna válidas as teorias baseada em fatos. Essa imagem coloca uma barreira entre essas duas atividades/disciplinas. Porém a história mostra que não é bem assim; muitos são os casos em que esta barreira foi quebrada. Leonardo da Vinci afirmava que ciência e arte se complementam.

O ensino de Física tem enfatizado a expressão do conhecimento através da resolução de problemas e da linguagem matemática. No entanto, para o desenvolvimento das competências sinalizadas, esses instrumentos seriam insuficientes e limitados, devendo ser buscadas novas e diferentes formas de expressão do saber da Física, desde a escrita, com elaboração de textos de jornais, ao uso de esquemas, fotos, recortes ou vídeos, até a linguagem corporal e artística PCN+(BRASIL, 2002, p. 112).

Para Medina e Braga (2010) teatro e teoria possuem a mesma origem etimológica, o mesmo radical grego itál, cujo significado é “um ponto de vista”. Não obstante, a ciência possui uma teatralidade própria, já que o exercício da atividade científica pode envolver grandes controvérsias, disputas, ambições, argumentação, contra-argumentação. Logo, os elementos necessários para uma boa peça estão ai presentes (MEDINA & BRAGA, 2010).

¹ Eric Rogers (1902-1990) foi professor de física no século XX, autor de um livro-texto intitulado *Physics for the Inquiring Mind*.

Segundo Duarte (2002), os filmes constituem uma fonte riquíssima de conhecimento. Por piores que sejam os filmes – e esta avaliação não é algo puramente subjetiva, mas socialmente construída – o espectador assimila conhecimentos novos ao despertar para temas que, na singularidade dos dias, passariam despercebidos. Assim, encontrar filmes que abordem o conteúdo da Física é uma tarefa relativamente fácil. Filmes de ação e ficção científica estão repletos de aspectos físicos a serem explorados. Aliás, não precisamos ficar apenas nestes dois gêneros fílmicos, pois a Física encontra-se presente nos mais simples atos do dia-a-dia.

A busca de formas diferenciadas do saber da Física é o que se pretende mostrar nesta seção, dando enfoque a importância das estratégias utilizadas na intervenção proposta para sala de aula, no caso específico, o uso das artes.

Capítulo 3

Teoria da Relatividade

Dedicamos um capítulo à Teoria da Relatividade devido a sua importância para realização deste trabalho. Embora consideremos Einstein como pioneiro neste trabalho, e na maioria dos livros didáticos, quando se fala sobre teoria da relatividade, quase todos pensam imediatamente nele, como sendo o seu criador, popularmente, ele é considerado como o “pai” da relatividade. Segundo o professor Roberto Martins (MARTINS, 2015), a criação da teoria da relatividade é uma obra coletiva, dependeu das contribuições de muitos pesquisadores, quase todos eles desconhecidos dos físicos, professores e estudantes atuais.

3.1 A origem histórica da Relatividade Especial

Podemos considerar que os trabalhos de Einstein em 1905 foram o início da Teoria da Relatividade? Muitos dizem que sim, porém os historiadores dizem que não (MARTINS, 2015). Nesta seção vamos fazer uma abordagem sobre a contribuição de muitos cientistas para a teoria da relatividade.

A ideia de que Einstein criou sozinho a teoria da relatividade pode ser prejudicial para a história da ciência, transmite aos jovens uma percepção errônea sobre o desenvolvimento científico, distorce a natureza da pesquisa (MARTINS, 2015).

A criação da teoria da relatividade dependeu das contribuições de muitos pesquisadores, quase todos eles desconhecidos dos físicos, professores e estudantes atuais. Muito do que Einstein publicou em 1905 já havia sido obtido antes; haviam resultados antigos que ele não conseguiu obter em 1905; depois de 1905, os principais avanços foram produzidos por outros pesquisadores (MARTINS, 2015).

O desenvolvimento histórico da teoria da relatividade especial teve várias fases:

- Princípio clássico da relatividade, na mecânica;
- Fenômenos ópticos e velocidade da Terra;
- Teorias do éter de Fresnel e Stokes;
- Experimentos para medir a velocidade da Terra por efeitos ópticos;
- Princípio da relatividade, no final do século XIX;
- Estudo da dinâmica de corpos eletrizados e da luz;
- A teoria de Maxwell em referenciais em movimento em relação ao éter;
- A teoria de Lorentz + Poincaré;
- Os trabalhos de Einstein;

- Desenvolvimentos posteriores.

Quando Einstein publicou seu primeiro trabalho sobre relatividade, já existiam:

- A equação da variação da massa com a velocidade;
- A relação entre fluxo de energia e densidade de momentum;
- A relação entre massa e energia (sem formulação geral).

O trabalho de Einstein “sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” (“relatividade”) foi considerado, na época, como uma mera contribuição à teoria de Lorentz. Einstein introduziu um modo mais simples de deduzir várias relações da teoria, além disso, combateu a existência do éter (até 1920, aproximadamente), porém grande parte da teoria já estava pronta (MARTINS, 2015).

Após 1905, os principais avanços da teoria da relatividade especial foram feitos por Max Planck, Hermann Minkowski, Max von Laue e outros.

Planck e Laue mostraram que $E=mc^2$ não é válida em todos os casos:

- Não vale para energia potencial de uma partícula em um campo externo;
- Não vale para um corpo submetido a uma pressão isotrópica (Planck);
- No caso de sólidos submetidos a tensões e torções, Laue provou que não é possível definir uma massa inercial.

Einstein passou a usar, em 1907, a relação de Planck com a influência da pressão na massa, $M=(E+PV)/c^2$. Utilizou, na relatividade geral, o tensor de momento-energia de Von Laue, no entanto, ele nunca reconheceu explicitamente que havia se enganado.

Costuma-se admitir que Einstein realizasse seu trabalho apoiando-se sobre os ombros de “gigantes” que o precederam: Copérnico, Galileu, Newton, Maxwell... No entanto, quando se afirma isso, reforça-se a ideia de que a ciência é feita por grandes gênios, cada um deles superando o anterior (MARTINS, 2015).

A visão que queremos defender aqui é mostrar que o trabalho de Einstein se apoiou sobre os ombros de um grande número de pesquisadores, alguns dos quais totalmente obscuros para a grande maioria dos cientistas de hoje. A evolução da ciência é um trabalho coletivo e gradual, não é individual e instantâneo (MARTINS, 2015).

O material sobre a Teoria da Relatividade apresentado na sequência é uma adaptação do e-física, um portal da Universidade de São Paulo (USP) totalmente voltado para o ensino de Física.

3.2 O espaço, o tempo e a matéria pós Einstein

A partir dos trabalhos pioneiros de Einstein temos hoje uma nova visão dos conceitos de espaço e tempo. A teoria da relatividade é uma teoria para o espaço-tempo. Em 1905 Einstein publicou os primeiros dos seus célebres trabalhos. Adquiriu, posteriormente, notoriedade e a reputação de ter sido um dos maiores gênios da Humanidade.

Os trabalhos de Einstein provocaram uma revolução no conhecimento de que se dispunha, até então, do mundo Físico. Procuraremos explicar, resumidamente, as contribuições de Einstein que resultaram num melhor entendimento das propriedades do Espaço, do Tempo e da Matéria.

O espaço é o palco no qual ocorrem todos os fenômenos. A posição de um ponto do espaço é especificada através das suas coordenadas. E estas pressupõem a existência de um sistema de referência, ou um referencial. Três coordenadas (largura altura e profundidade) são necessárias, uma vez que o espaço é tridimensional. Como as coordenadas dependem do referencial, elas não têm um caráter absoluto.

Para entendermos as teorias da relatividade formuladas por Einstein, imaginemos dois sistemas de referência (podemos imaginar dois sistemas de referencia como sendo duas naves espaciais). Consideremos agora esses referenciais (as duas naves espaciais) em movimento relativo. Um determinado fenômeno pode ser investigado através de medidas realizadas pelos observadores localizados em cada um dos referenciais.

O resultado das medidas levadas a efeito em referenciais diferentes (em cada uma das naves) permite-nos classificar as grandezas físicas em duas grandes categorias. As grandezas absolutas são aquelas para as quais as medidas levam sempre ao mesmo resultado (ao mesmo valor), independentemente dos referenciais. As grandezas relativas são aquelas, como o nome indica que dependem do sistema de referencia. O tempo, por exemplo, é absoluto? Isto é, intervalos de tempo dependem do referencial escolhido? Astronautas em naves diferentes registram intervalos de tempo iguais para um mesmo evento? Até o trabalho de Einstein, o tempo era absoluto.

Na teoria da relatividade restrita, o objetivo de Einstein era o de descrever os fenômenos analisados a partir de sistemas de referência, que se movem com velocidade constante e em linha reta, um em relação ao outro. O fato de a velocidade destes ser constante,

e o movimento retilíneo, fez com que a sua teoria da relatividade fosse mais restrita (donde o nome). Dez anos depois Einstein elaborou uma teoria mais geral (sua Teoria Geral da Relatividade).

Na sua Teoria da Relatividade Geral, Einstein chamou a atenção para outra propriedade relevante do espaço físico. Trata-se da curvatura do espaço. Num espaço plano a menor distância entre dois pontos do espaço é aquela que é determinada por um segmento de reta que passa por esses pontos. Num espaço curvo isto não é verdade. A grande novidade introduzida por Einstein, nessa teoria mais geral, é que a mera presença de matéria no espaço muda as propriedades desse espaço. A matéria acarreta a existência de uma curvatura do espaço físico. É uma espécie de enrugamento do espaço. Através de conceitos geométricos, Einstein formulou uma nova Teoria da Gravitação. Estava aberto, com essa teoria, o caminho para previsões surpreendentes tais como a existência de Buracos Negros e a possibilidade de que o universo esteja em expansão. Tais previsões resultam da análise de soluções das equações de Einstein.

A questão central da teoria da relatividade pode ser concentrada em três indagações: Que grandezas físicas têm um caráter absoluto? Como se relacionam as diversas grandezas físicas relativas (as coordenadas e o tempo de ocorrência de um evento, por exemplo) medidas em cada um dos sistemas de referências? Como se escrevem as equações nos diversos referenciais? Einstein procurou dar respostas a estas questões a partir do que teria na sua concepção, um caráter absoluto. Sugeriu que a velocidade da luz e a forma das equações teriam um caráter absoluto. Sua teoria tem como base para sua formulação esses dois pressupostos (ou postulados).

Einstein trouxe assim novas concepções para o mundo físico, as quais permitiram entender algumas propriedades do Tempo, do Espaço e da Matéria.

3.3 Postulados

A velocidade da luz no vácuo é independente do sistema de referência inercial e, conseqüentemente, assume o mesmo valor (c) para qualquer observador.

No primeiro postulado, sobre a constância da velocidade da luz, Einstein revela sua genialidade. Pois se tratava de algo completamente inusitado e pouco intuitivo, pois é completamente diferente do que se observa no cotidiano. Como se sabe hoje, em matéria de velocidade, isto se aplica apenas à velocidade da luz. Conferiu à velocidade da luz, e não ao tempo, um caráter absoluto.

Einstein percebeu, ao formular sua teoria, o que era essencial para a descrição da natureza. A partir dessas duas hipóteses é possível fazer uma série de deduções. Deduz-se, por exemplo, que existe uma relação entre as coordenadas de um evento e o tempo de ocorrência num e noutro sistema de referências. Assim, a teoria da relatividade restrita introduz uma interdependência entre espaço e tempo. Essa interdependência faz com que, para caracterizar um evento, tenhamos que determinar às três coordenadas e o tempo de ocorrência desse evento. É como se o espaço tivesse mais uma dimensão (a do tempo). Daí a ideia de um espaço-tempo quadridimensional que emerge naturalmente da teoria de Einstein. O tempo perde o caráter absoluto. O tempo no qual um evento ocorre é relativo. Consequentemente, é também relativo o conceito de simultaneidade.

Postulado da relatividade restrita: *As leis físicas têm a mesma forma em todos os sistemas de referência inerciais.*

Este último postulado estava igualmente presente na teoria da Relatividade de Galileu. Ele é bastante simples. As leis físicas são as mesmas em todos os sistemas de referência. De outra forma, teríamos um conjunto infinito de leis físicas, um para cada possível sistema.

3.4 As transformações de Lorentz

Nessa teoria não existe uma relação absoluta nem no espaço nem no tempo, mas existe uma relação absoluta entre o espaço e tempo. Dentro do contexto da teoria da Relatividade, o conceito de evento.

Consideramos x_1, x_2, x_3 e t como as quatro coordenadas de um evento no contínuo quadridimensional. Para relacionarmos as coordenadas dos eventos nos dois sistemas temos que recorrer à teoria de Einstein.

Para encontrarmos a transformação que nos leva de um conjunto de coordenadas de um evento (x, y, z, t) para outro (x', y', z', t')

$(x, y, z, t) \rightarrow (x', y', z', t')$ devemos procurar as transformações lineares mais gerais possíveis.

O fato de que essas transformações devem ser lineares decorre do seguinte:

1. Como o movimento do sistema B é retilíneo e uniforme, o movimento do sistema A (em relação a B) também é um movimento retilíneo e uniforme.

2. Para $v = 0$ a transformação se reduz à identidade. $x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0$

3. Como a frente onda de um sinal luminoso se propaga com a mesma velocidade c , então se ele é enviado quando as origens coincidem, temos $t = t' = 0$.

Pode-se mostrar que a transformação linear mais geral, obedecendo a esses critérios, é a transformação de Lorentz especial:

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}(x - vt)$$

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

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Finalmente, podemos ver que, para fenômenos tais que $\frac{v}{c} \ll 1$

Podemos escrever, dentro de uma boa aproximação, que:

$$x' = x - vt$$

$$t' = t$$

Estas transformações são exatamente as transformações de Galileu. As transformações de Galileu são válidas como uma aproximação. No cotidiano é difícil perceber uma distinção entre elas. Isso explica por que só neste século viemos a nos dar conta de que as transformações de Galileu não são exatas.

Por exemplo, para um avião a jato que se move a 1.080km/h (300m/s), v/c tem o valor:

$$\frac{v}{c} = \frac{300}{300 \cdot 10^6} = 10^{-6}$$

A alteração dos resultados é, portanto, imperceptíveis no nosso cotidiano.

3.5 A contração de Lorentz

Uma das consequências mais surpreendentes da teoria de Einstein é a contração de Lorentz. O comprimento de uma barra em movimento é menor do que o comprimento da barra em repouso (houve sua contração).

Consideremos uma barra que está em repouso no sistema B ao longo do eixo x' e com suas extremidades em x'_1 e x'_2 . O comprimento da barra no sistema de repouso é chamado de comprimento próprio. O comprimento próprio é, então,

$$= x'_2 - x'_1$$

Os pontos associados a x'_1 e x'_2 no sistema A são $x_1(t)$ e $x_2(t)$ e eles coincidem com as extremidades da barra no mesmo instante t no sistema A. O comprimento no sistema A é definido como

$$= x_2(t) - x_1(t)$$

Utilizando as transformações de Lorentz, obtemos:

$$x'_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}(x_1 - vt)$$

$$x'_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}(x_2 - vt)$$

E, portanto:

$$x'_2 - x'_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}(x_2 - x_1)$$

Donde

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

e, conseqüentemente, o comprimento da barra é menor do que o seu comprimento próprio.

Esse fato é conhecido como contração de Lorentz.

3.6 Dilatação do tempo

Outro efeito que decorre da teoria da Relatividade é a dilatação do tempo. Se no sistema B de repouso um determinado evento ocorreu, num mesmo lugar:

$$x_1 = x_2$$

Num intervalo de tempo

$$\Delta t_0 = t_2 - t_1$$

O intervalo de tempo acima é o intervalo de tempo próprio.

Então, no sistema A, este mesmo evento ocorreria no intervalo de tempo:

$$t_2 - t_1 = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Portanto, este intervalo de tempo é maior do que o intervalo de tempo próprio. O tempo fica dilatado.

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

No próximo capítulo, detalharemos os aspectos metodológicos de nossa pesquisa, descrevendo e fundamentando as estratégias utilizadas em nossa sequência didática.

Capítulo 4

Metodologia

Neste capítulo é feita uma descrição do processo de elaboração e aplicação da sequência didática desenvolvida, bem como dos recursos didáticos utilizados. Também são descritos os instrumentos de coleta de dados que foram utilizados para avaliar os impactos da aplicação desta sequência e seus recursos.

O trabalho tem como objetivo desenvolver um produto educacional, tendo como principal estratégia o uso das artes como elemento facilitador da aprendizagem da Teoria da Relatividade de Einstein.

A proposta de intervenção adota o referencial da aprendizagem significativa como guia para a abordagem do tema Relatividade.

4.1 O Ensino

O ensino da Relatividade nos dias atuais é um assunto cada vez mais difundido nas escolas de ensino médio. É conteúdo obrigatório no 3º bimestre da 1ª série na rede de ensino do Estado do Rio de Janeiro. Parte dos livros didáticos aborda o assunto em poucas páginas e de maneira superficial, alguns sequer falam da Relatividade Geral. Podemos citar neste contexto alguns livros didáticos como Coleção Quanta Física da editora PD (KANTOR, PAOLIELO JR., MENEZES, BONETI, CANATO JR., ALVES, 2010), Física Sampaio & Calçada da editora Atual (SAMPAIO & CALÇADA, 2005) e Física da editora ática (GASPAR, 2007). Como complementar essa defasagem didática e ao mesmo tempo facilitar a aprendizagem dos alunos, atraindo sua atenção?

Adotamos o recurso das artes, com uma encenação do diálogo entre Einstein e Galileu, extraído e adaptado do livro Einstein e o Universo Relativístico da Coleção Ciência no Tempo (REIS, GUERRA, BRAGA, 2006). Esta encenação consiste em um diálogo hipotético entre Einstein e Galileu que foi realizada pelos próprios alunos da turma. Recurso similar foi usado pelo próprio Galileu. Ele escreveu uma de suas obras na forma de diálogos entre três personagens: Salviati, que defendia suas ideias; Simplicio, que defendia as ideias do filósofo grego Aristóteles; e um leigo curioso chamado Sagredo, que servia de juiz (REIS, GUERRA, BRAGA, 2006).

A encenação e apresentação neste caso foram elementos a mais para facilitar a aprendizagem do tema abordado. O diálogo encenado é imaginário: Galileu e Einstein viveram em séculos diferentes e o “Galileu” da encenação tem conhecimentos de física que o

próprio Galileu não possuía. As situações apresentadas na encenação estão em pleno acordo com as teorias atuais da física.

A exibição do filme interestelar de Christopher Nolan, onde são apresentados aspectos da Relatividade Geral também foi outro recurso utilizado.

Na seção seguinte apresentamos o local da pesquisa.

4.2 A Escola

O Colégio Estadual Oscar Batista, local da pesquisa, está situado no distrito de São João do Paraíso, município de Cambuci – RJ. Município essencialmente agrícola com uma população de 14.827 habitantes segundo o censo de 2010. O Colégio conta com trezentos e sessenta e três alunos distribuídos entre Ensino Fundamental II, Ensino Médio nas modalidades Formação Geral e Curso Normal. Possui quarenta e sete professores, em sua maioria graduados e pós-graduados.

O Colégio apresenta ótimos resultados nas avaliações externas, principalmente no IDEB, índice que mede o desenvolvimento da educação básica do Brasil, obtendo um dos melhores IDEB do país nas edições de 2009, 2011 e 2013, com resultados de 7,4; 7,2 e 6,2 respectivamente; resultados que garantiu a segunda posição no IDEB do país em 2009 e terceira posição em 2011.

Na seção seguinte, faremos uma pequena apresentação sobre a minha trajetória profissional.

4.3 O Profissional

Por se tratar de um mestrado profissional, acredito que uma pequena apresentação de minha trajetória profissional é essencial para seu enriquecimento.

Sou professor de Matemática e Física, lotado no Colégio Estadual Oscar Batista, município de Cambuci, Estado do Rio de Janeiro. A minha relação com esta escola é antiga, pois iniciei a minha trajetória nela no ano de 1973 como aluno da primeira série do Ensino Fundamental, só saindo no ano de 1984 formado como Professor de 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental. Aprovado em Concursos Públicos nos anos de 1991 e 2004 como professor do Ensino Fundamental e Médio, passei a atuar como professor na escola na qual eu havia estudado.

Até o ano de 2011 a minha formação acadêmica era em Matemática e Ciências, não possuía habilitação em Física, embora atuasse como professor dessa disciplina. Aproveitando a oportunidade do PARFOR, programa do Ministério da Educação para habilitar professores

que atuavam sem a devida formação, ingressei na UENF, Universidade Estadual do Norte Fluminense, vindo a concluir a Licenciatura em Física no ano de 2012, sendo o único aluno concluinte em Física pelo PARFOR na instituição.

Hoje, além de professor do CE Oscar Batista, acumulo com outra função na Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC) onde acompanho a gestão de um grupo de escolas da Região Norte Fluminense.

Nas próximas seções, detalharemos os aspectos metodológicos de nossa pesquisa, descrevendo e fundamentando as estratégias utilizadas em nossa sequencia didática.

4.4 Pesquisas Qualitativas em Educação – Estudo de Caso

A pesquisa em educação possui duas abordagens: a abordagem qualitativa e a quantitativa. Esses dois paradigmas no passado estavam relacionados às áreas de humanas, que buscava compreensão, e a área de ciências naturais, que buscava explicar o processo de pesquisa (MOREIRA, 1999).

A pesquisa em educação segundo Landsheere (1988) teve início por volta de 1900, com o nome de “pedagogia experimental, com pesquisadores como Meumann na Alemanha, Binet na França, Thorndike nos Estados Unidos e Claparède na Suíça. Ainda segundo Landsheere (1988), nas três primeiras décadas do século XX, a pesquisa educativa teve uma acentuada ênfase quantitativa, particularmente nos Estados Unidos. Nas décadas de 60 e 70, após uma crise financeira, houve muito apoio financeiro, com predomínio da abordagem quantitativa. Uma reação a essa “tradição positivista” começava com força no contexto da pesquisa educativa em nível internacional. Nos anos 80 e 90 houve um claro predomínio da abordagem qualitativa na pesquisa em educação em geral e em ciências em particular. O método de pesquisa quantitativa e qualitativa dominaram a pesquisa educativa no século passado com alternância.

Moreira (2000) apresenta um paralelo entre o paradigma quantitativo e qualitativo na pesquisa educativa. Neste paralelo, destacamos os métodos:

1) Paradigma quantitativo: tomam emprestado o modelo das ciências físicas para pesquisar o mundo social e humano. Ocupam-se de desenhos experimentais, quase experimentais e correlacionados; testes de hipóteses, instrumentos válidos e fidedignos; testes de significância; amostragem, inferência estatística; generalização. Seguem um modelo hipotético-dedutivo.

2) Paradigma qualitativo: Usam técnicas etnográficas, estudo de caso, antropologia educativa. Ocupam-se de observação participativa; significados individuais e contextuais; interpretação;

desenvolvimento de hipóteses; indicadores de baixa inferência; casos, grupos ou indivíduos específicos; particularização. Podem fazer uso de estatística descritiva. São bem mais indutivos.

Baseado nos relatos anteriores, e considerando que o objeto da pesquisa envolve a relação direta do professor com o aluno, com ênfase na observação, optamos por utilizar a pesquisa qualitativa.

A pesquisa qualitativa é chamada também *naturalista*, porque não envolve manipulação de variáveis, nem tratamento experimental; *fenomenológica* porque enfatiza os aspectos subjetivos do comportamento humano, o mundo do sujeito, suas experiências cotidianas, suas interações sociais e os significados que dá a essas experiências e interações; *interacionista simbólica* porque toma como pressuposto que a experiência humana é mediada pela interpretação, a qual não se dá de forma autônoma, mas na medida em que o indivíduo interage com o outro, é por meio de interações sociais como vão sendo construídas as interpretações, os significados, a visão de realidade do sujeito (ANDRÉ, 1988).

A pesquisa qualitativa (MOREIRA, 2000) apresenta três metodologias principais: a etnografia, o estudo de casos e a pesquisa-ação.

A etnografia é uma tentativa de descrever uma cultura (ANDRÉ, 1998). De acordo com Sturman (1988), estudo de caso é um termo genérico para pesquisa de um indivíduo, um grupo ou um fenômeno. O objetivo fundamental da pesquisa-ação consiste em melhorar a prática em vez de gerar conhecimentos. A produção e utilização do conhecimento se subordinam a este objetivo e estão condicionadas por ele (ELIOTT, 1993).

Por entender que a metodologia de pesquisa qualitativa que mais se aproxima da intervenção que faremos em sala de aula, é o estudo de casos, esta será adotada.

De acordo com Serrano (1998), as propriedades essenciais de um estudo de casos qualitativo são a *particularização* (se centram em uma situação, evento, programa ou fenômeno particular), a *descrição* (o produto final é uma descrição rica e densa do objeto de estudo), a *heurística* (iluminam a compreensão do leitor a respeito do objeto de estudo) e a *indução* (baseiam-se no raciocínio indutivo; as teorias, os conceitos ou as hipóteses surgem de um exame dos dados fundados no contexto mesmo).

Quanto ao tipo de estudo de casos, Serrano (1998) classificam-se em estudo de caso descritivos (informe detalhado de um fenômeno objeto de estudo sem fundamentação prévia), interpretativos (contém descrições ricas e densas) e avaliativos (implicam descrição, explicação e juízo).

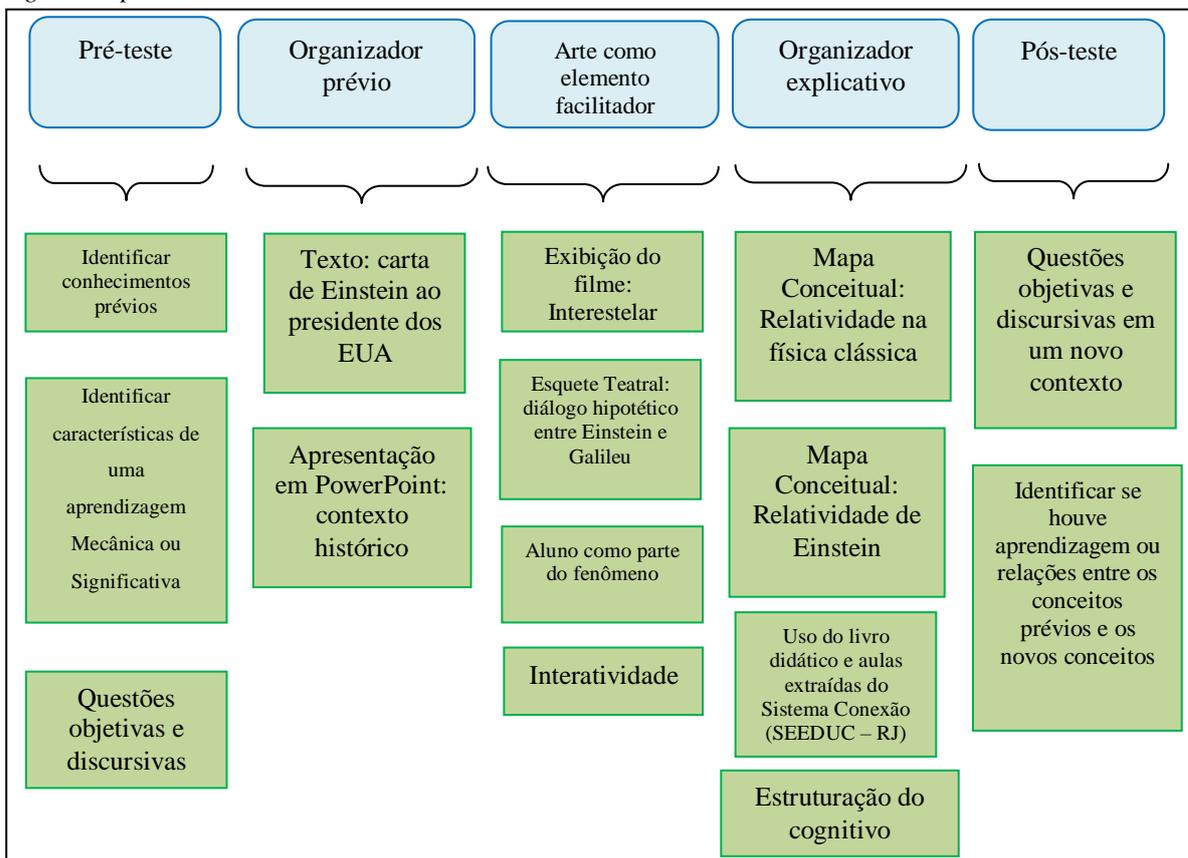
Nessa perspectiva, optamos por realizar um estudo analítico-descritivo, desenvolvido sob os parâmetros de uma metodologia qualitativa. A seguir serão apresentados o roteiro do produto.

4.5 Elementos da Proposta Didática

A turma 1001 do 1º turno do CE Oscar Batista foi a escolhida para a aplicação da proposta, ou seja, o uso das artes como elemento facilitador do aprendizado da relatividade. Esta turma tinha 30 alunos em uma faixa etária média de 16 anos. A proposta foi aplicada no 3º bimestre e parte do 4º bimestre (agosto/setembro/outubro/novembro) de 2015, e para tal foi reservado um total de nove semanas (treze aulas), as outras semanas que compõem os bimestres foram reservadas para aulas expositivas, ou seja, ministrados conteúdo previsto no Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro, utilização do livro didático, exposições orais, exercícios, avaliações, etc.

A proposta de intervenção consistiu nas seguintes etapas apresentadas na figura 1, estas etapas são descritas por Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa (CARDOSO, 2012). Em azul temos um resumo das etapas e em verde os objetivos, pressupostos, e materiais de cada etapa.

Fig. 1: Proposta didática.



Nas etapas Pré-teste e Organizador prévio o professor busca conhecer as ideias do aluno, motivar e despertar seu interesse. Os organizadores prévios servem para dar suporte à nova aprendizagem e conseqüentemente para o desenvolvimento dos subsunçores.

Nas etapas intermediárias, Arte como elemento facilitador e Organizador explicativo, o professor faz um tratamento didático da matéria, a ser aprendido visando assimilação do novo material. O uso de mapas conceituais nesta fase visa organizar e consolidar os novos conceitos. Estratégias facilitadoras da aprendizagem têm como função envolver os alunos de formas variadas, como no caso do vídeo Interestelar e da encenação do diálogo fictício entre Galileu e Einstein.

A etapa final visa não só consolidar a avaliação da aprendizagem do aluno como também a avaliação da proposta didática. O Pós-teste dá oportunidade ao professor também de rever a escolha das estratégias adotadas e do desenvolvimento da proposta.

Na seção seguinte, analisaremos com mais detalhes, cada etapa.

4.5.1 Pré-teste

Esta primeira etapa foi composta por um questionário com questões objetivas e subjetivas visando identificar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno, assim como identificar as características de um comportamento que levaram a uma aprendizagem mecânica ou a uma aprendizagem significativa. Foi aplicado aos dez alunos presentes no primeiro dia de aula do terceiro bimestre.

As questões do pré-teste foram adaptadas de Karam (2015), discutida com outro professor de Física da escola e acrescida de uma questão que refletia um fato que estava ocorrendo no período de sua aplicação, que foi a passagem da Sonda New Horizons, da Nasa pelas proximidades de Plutão. As sucessivas reportagens nos meios de comunicação falavam sobre o tempo que as imagens obtidas pela sonda levavam para chegar a Terra, facilitando a compreensão da velocidade finita da luz.

As repostas do pré-teste (apêndice A) foram analisadas detalhadamente na seção 5.3 do capítulo seguinte.

4.5.2 Organizador Prévio

Após o pré-teste foram apresentados os organizadores prévios com objetivo de realçar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno. Foi feita a leitura da carta de Einstein ao presidente dos Estados Unidos alertando sobre uma possível construção da bomba

nuclear pelos nazistas. Na sequência foi apresentado no formato PowerPoint uma abordagem histórica sobre o contexto no qual Einstein viveu e as influências da relatividade sobre a arte e a literatura naquele período da história. As duas atividades foram precedidas por um debate sobre os temas abordados.

Para Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber, a fim de que o novo material possa ser aprendido de forma significativa. Ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como pontes cognitivas (MOREIRA, 1999).

Na sequência, apresentamos as principais estratégias utilizadas nesse trabalho, ou seja, a exibição do Filme Interestelar e a apresentação de um esquete teatral.

4.5.3 A arte como elemento facilitador da aprendizagem

Esta terceira etapa ocorreu concomitantemente com as aulas de apresentação de conteúdos da Teoria da Relatividade e de resolução de problemas/exercícios, retirados de livros didáticos, como Quanta Física da editora PD e Física Sampaio e Calçada da editora Atual, e com atividades autorreguladoras disponíveis no Sistema Conexão da SEEDUC-RJ. Essas atividades integram a quarta etapa, denominada Organizador Explicativo, em que o professor faz um tratamento didático da matéria, mas estão misturadas em relação ao tempo com as atividades de facilitação da aprendizagem.

No caso específico desta etapa, foi escolhida a arte como elemento facilitador da aprendizagem da relatividade. Esta etapa foi composta por dois momentos:

Exibição do Filme Interestelar de Christopher Nolan. Para a exibição do filme, foi utilizado a própria sala de aula do CE Oscar Batista.

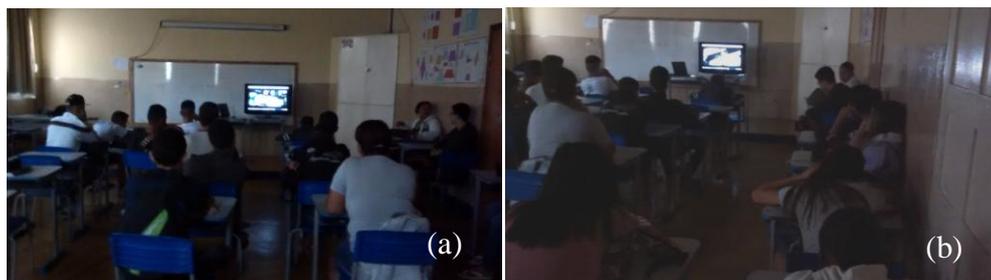
- 1) Encenação de um diálogo hipotético entre Einstein e Galileu com uma adaptação extraída do livro Einstein e o universo relativístico, do autor José Cláudio Reis.

<https://youtu.be/YJtiyiN1rQM>

A escolha do filme Interestelar se deu ao fato de ser um filme contemporâneo aos alunos, com várias cenas abordando o tema relatividade e também por já ter sido exibido por outro colega de trabalho de outra escola em uma turma de Ensino Médio, com relato de interesse pelos alunos.

A exibição do filme, com 2h40min de duração, ocorreu na própria sala de aula e foi dividido em duas partes, em um intervalo de uma semana. Os recursos usados foram um notebook e uma televisão de 42 polegadas. O filme original foi adquirido em uma loja de departamento.

Fig. 2: Exibição do Filme



A exibição do filme foi sucedida de uma entrevista gravada em uma amostra de cinco alunos que já haviam participado de todas as etapas até o momento. As perguntas buscaram passagens no filme que tivessem relação com o conteúdo que estava sendo trabalhado no bimestre, com foco na relatividade. As repostas das entrevistas serão analisadas detalhadamente na seção 5.4 do capítulo seguinte.

Para apresentação do esquete teatral, foi usado um texto do livro *Einstein e o universo relativístico*, do autor José Cláudio Reis. A Teoria da Relatividade é apresentada através de um diálogo hipotético entre Galileu e Einstein. Recurso similar foi usado pelo próprio Galileu. Ele escreveu uma obra na forma de diálogo entre três personagens: Salviati, que defendia suas ideias; Simplicio, que defendia as ideias do filósofo grego Aristóteles; e um leigo curioso chamado Sagredo, que servia de juiz.

O diálogo, claro é imaginário: Galileu e Einstein viveram em épocas muito diferentes. Além disso, o “nosso” Galileu tinha conhecimentos de física que o verdadeiro não possuía.

A escolha dos dois alunos que interpretaram cada personagem ocorreu de forma espontânea. Parte dos ensaios ocorreu na própria sala de aula, visando um entendimento também dos demais alunos e outros ensaios na sala do professor. A apresentação final ocorreu no pátio da escola e contou com a participação de outras duas turmas da escola, uma do segundo e outra do terceiro ano do Ensino Médio. Para ilustração da parte matemática do diálogo foi usado um projetor do tipo “datashow” com projeção simultânea ao diálogo. O esquete teatral foi filmado, editado e publicado no YouTube.

Fig. 3: Ensaio do esquete (arquivo pessoal).



Fig. 4: Preparação dos alunos (arquivo pessoal).



Fig. 5: Esquete teatral (arquivo pessoal).



Os impactos da apresentação do esquete serão apresentados como um todo da proposta, fazendo uma comparação entre o pré e o pós-teste na seção 5.4.1 do capítulo 5 e no capítulo 6.

Na próxima seção, penúltima etapa da proposta, usaremos os organizadores explicativos na estruturação do cognitivo do aluno.

4.5.4 Organizador Explicativo

Nesta etapa foi apresentado aos alunos um organizador explicativo usando para tal o mapa conceitual, ou seja, diagramas de conceitos explicitando suas inter-relações e hierarquias contextuais (Moreira, 2006). Foram expostos no quadro dois mapas conceituais: um abordando a relatividade na física clássica e outro a relatividade de Einstein (JOAQUIM, 2013).

Fig. 6: Mapa Conceitual 1: Relatividade na Mecânica Clássica

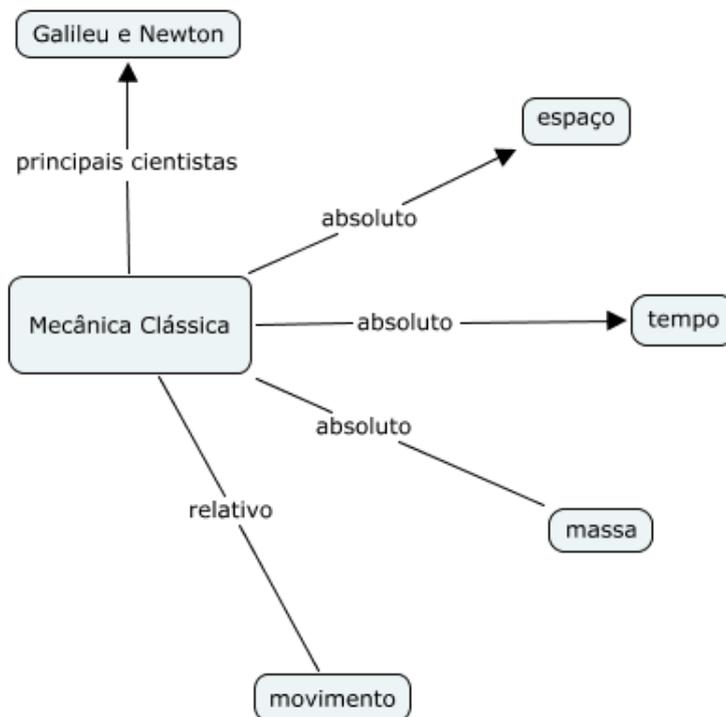
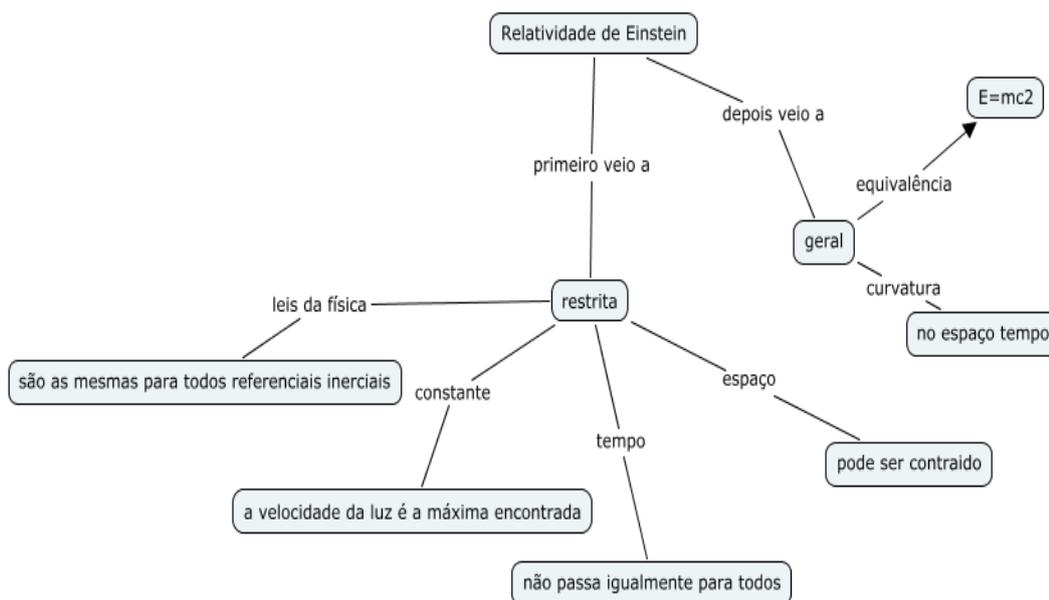


Fig.7: Mapa Conceitual 2: Relatividade de Einstein



Ao apresentar ao aluno o organizador explicativo, objetiva-se enfatizar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados em uma aula sobre um dado fenômeno (MOREIRA & MASINI, 2001).

Desta etapa também fazem parte a apresentação de conteúdos, a resolução de problemas, as atividades autorreguladas e avaliações, já referidas na seção anterior. É preciso esclarecer, que embora separadas por objetivos específicos as atividades relativas às terceira e quarta etapas se entrelaçaram em relação ao tempo, isto é, foram realizadas concomitantemente.

Na seção seguinte falaremos sobre o pós-teste, etapa final da proposta didática.

4.5.5 Pós-teste

Esta etapa constituiu a etapa final do trabalho de intervenção. Foi aplicado um teste aos mesmos alunos do pré-teste, composto também com questões objetivas e subjetivas só que em um novo contexto. O objetivo desta fase foi identificar se houve aprendizagem ou relações entre os conceitos prévios e os novos conceitos.

As questões do pós-teste (apêndice B) foram testadas Karam (2015) e discutidas com outro professor de Física da escola e foram aplicadas para uma amostra de seis alunos, alunos esses selecionados entre aqueles que participaram de praticamente todas as etapas anteriores.

As repostas do pós-teste serão analisadas detalhadamente na seção 5.4 do capítulo seguinte.

Capítulo 5

Aplicação do Produto e Análise dos Resultados

A sequência de atividades foi aplicada aos alunos do 1º ano do Curso Formação Geral, turma 1001 do Colégio Estadual Oscar Batista, que fica localizada no distrito de São João do Paraíso – Cambuci RJ. Esta turma era composta por trinta e um alunos das mais diversas classes sociais, onde parte da população é de Zona Rural.

A pesquisa foi desenvolvida durante a disciplina, em treze aulas. Do universo de 30 alunos, somente seis participaram de todas as etapas da proposta, alvo da pesquisa, de tal forma que a coleta de dados para avaliação da proposta educativa foi realizada com este grupo de seis estudantes.

Durante todo o período de aplicação deste trabalho os alunos demonstraram interesse de participação, claro que sempre existem exceções. Vale esclarecer que o conteúdo trabalhado já estava previsto no Currículo Mínimo de Física adotado pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro, sendo desenvolvido, inclusive no bimestre determinado. Na fase inicial do desenvolvimento do trabalho não foi informado aos alunos que estaria sendo realizado um trabalho para Dissertação de Mestrado do professor e sim para a elaboração de um Produto Educacional. Não foi oferecido nenhuma pontuação extra com o intuito de motivação ou qualquer outro artifício que não sejam os que fazem parte deste trabalho. Todo o trabalho foi documentado com questionários, fotos, vídeos e áudio.

Na seção seguinte apresentamos um perfil e o desempenho dos alunos analisados.

5.1 Os alunos analisados

Os seis alunos que proporcionaram análise dos questionários, observações e áudio, possuem faixa etária média de 16 anos e serão identificados com número de 01 (um) a 06 (seis). A escolha desses alunos ocorreu com os dez que estavam presentes no primeiro dia de aula do terceiro bimestre, sendo reduzido gradativamente para seis com o avanço das atividades propostas e suas devidas participações por frequência. A escolha dos dois alunos selecionados para realizar o diálogo hipotético entre Einstein e Galileu foi espontânea e estão entre esses seis cujos números serão identificados com 02 (dois) e 03 (três).

O perfil dos alunos analisados é heterogêneo, com alunos que demonstravam comprometimento, como alunos apáticos a qualquer forma de incentivo.

A Tabela 1, a seguir resume os resultados desses alunos no 1º e 2º bimestres do ano de 2015, na disciplina Física, com o intuito apenas de demonstração, uma vez que a pesquisa é de natureza qualitativa e não quantitativa.

Tabela 1: Aproveitamento dos alunos no 1º e 2º bimestres de 2015 em Física em uma escala de notas de 0 a 10.

Aluno	1º bimestre	2º bimestre	Média
01	7,6	8,0	7,8
02	9,3	7,4	8,4
03	7,2	6,2	6,7
04	8,8	8,5	8,7
05	9,5	6,5	8,0
06	8,0	7,1	7,6

Fonte: Diário de Classe

A tabela mostra que não existe uma variação grande entre a menor e maior nota, cujo valor é de 2,0 pontos, porém é importante destacar que existe uma portaria da Secretaria Estadual de Educação de número 419 de 2013 que prevê que os alunos têm direito a um número mínimo de três instrumentos diferentes de avaliação e que a cada instrumento com resultado inferior a 50% deve ser aplicada nova avaliação. Essa legislação facilita bastante em termos de resultado apresentados pelos alunos, que nem sempre é condizente com a realidade diária em sala de aula em termos de participação e rendimento. É importante destacar que embora houvesse determinação para recuperação de competências e habilidades, nem sempre é possível isso em tão pouco espaço de tempo.

Destaco os alunos de nota mais baixa, o de número 03, e o segundo aluno de nota mais alta, o de número 02, que são justamente os alunos que participaram da encenação do diálogo hipotético proposto entre Einstein e Galileu.

5.2 Aplicação do trabalho

O trabalho foi desenvolvido em sua grande parte na própria sala de aula dos alunos. A exceção foi apenas para parte do ensaio do diálogo, assim como para sua apresentação. O conjunto de atividades desenvolvidas, que seguiu uma sequência didática pré-estabelecida, embasadas na aprendizagem significativa de David Ausubel, teve duração de nove semanas, conforme cronograma apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Cronograma das atividades.

Data	Nº de aulas de 50 min	Forma de Registro	Atividades desenvolvidas	Espaço de aplicação
04/08/15	02	Questionário	Pré-Teste	Sala de aula
11/08/15	02	Observação	Organizador Prévio	Sala de aula
18/08/15	01	Fotos	Arte como elemento facilitador: ensaio	Sala de aula/sala dos professores
13/10/15	02	Fotos	Arte como elemento facilitador: filme/ensaio	Sala de aula/sala dos professores
20/10/15	02	Fotos	Arte como elemento facilitador: filme/ensaio	Sala de aula/sala dos professores
27/10/15	01	Vídeo	Arte como elemento facilitador: apresentação	Pátio
03/11/15	--	Gravação	Arte como elemento facilitador: entrevista	Sala dos professores
03/11/15	01	Observação	Organizador Explicativo	Sala de aula
17/07/16	02	Questionário	Pós-Teste	Sala de aula
De 18/08/15 à 29/09/15	14 (não computadas no quantitativo de aulas nas etapas)	Diário de Classe	Aulas com o uso do livro didático, atividade autorreguladas e avaliações, entre outras (concomitante com outras etapas)	Sala de aula

Fonte: Registro pessoal.

A aplicação do Pré-teste, primeira etapa da proposta, ocorreu no primeiro dia de aula do 3º bimestre de 2015, com os alunos retornando de um período de quinze dias de recesso escolar, alguns alunos até mais, pois não haviam ficado para recuperação no segundo bimestre. O ambiente ainda estava um pouco disperso, justamente pelo fato de estarem tanto tempo sem se encontrar. A Tabela 1 mostra que foram usados dois tempos de aula, o que necessariamente não foi todo utilizado na sua integridade. Parte do tempo serviu para organização da turma e explicação sobre a proposta didática que pretendia usar naquele bimestre. Todos os alunos presentes, em número de dez, realizaram a atividade.

Já a segunda etapa, cujo objetivo era uma organização prévia das habilidades, foram utilizadas duas horas/aula, tempo suficiente para leitura e discussão do texto Carta de Einstein ao Presidente dos Estados Unidos e uma abordagem histórica sobre Einstein e suas obras, assim como o contexto histórico do século XX relacionado. Todos os alunos da turma estavam presentes.

A terceira etapa, que objetivava introduzir a arte como elemento facilitador da aprendizagem, foi a mais longa. Seis aulas distribuídas em cinco semanas. Durante a exibição do filme *Interestelar*, dividido em duas partes, sendo que na primeira parte estavam presentes, dez alunos, sendo quatro dos seis alunos da amostra selecionada e, na segunda parte, vinte alunos, sendo cinco alunos da amostra. Cinco alunos da amostra, de um total de seis, participaram de uma entrevista gravada sobre os pontos entendidos no filme que estavam relacionados à relatividade.

Para ensaio do diálogo hipotético entre Einstein e Galileu, os dois alunos que se propuseram a interpretar participaram de todas as etapas. Durante a apresentação do esquete teatral estavam presentes, além dos alunos da turma 1001, alunos da turma 2001 e 3001, totalizando 70 alunos e também os professores que se envolveram com a organização. Foi realizado no pátio da escola e representou para muitos alunos uma oportunidade de ter contato com uma forma de divulgação de ciência através da arte.

A apresentação do Mapa Conceitual, usado como organizador explicativo, contou com a presença de todos os alunos da turma 1001.

O pós-teste teve a participação dos seis alunos selecionados para a análise deste trabalho.

5.3 Análise do Pré-teste

5.3.1 Análise de Conteúdos

Para a análise do questionário do pré-teste, foram definidas classes para grupos de resposta com determinada afinidade, diferenciando aqueles que têm conhecimento prévio bem ou mal definido, de acordo com a teoria de Ausubel. A primeira classe é definida como Subsunçor Presente (SP) e agrupa alunos que detêm conhecimento fundamental para o entendimento da relatividade adquirido em outras situações. A segunda classe, denominada de Subsunçor Ausente (SA), agrupa os aprendizes que não responderam corretamente à pergunta, ou seja, não relacionaram, e nem mesmo mencionaram os conceitos implícitos relacionados ao fenômeno em questão, ou aqueles que simplesmente não responderam à pergunta. A terceira e última classe, denominada de Subsunçor Mal Definido (SMD), agrupa aprendizes cuja resposta utiliza conceitos pertinentes à situação, porém, esses conceitos não são correlacionados corretamente entre si ou com a pergunta. Nesta classe se agrupam aprendizes que passaram pelos conceitos necessários e não aprenderam efetivamente o conteúdo, deixando, assim, conceitos mal formados, assimilados de forma arbitrária e literal. Essas

classes foram usadas por Cardoso (2012) no processo de elaboração e aplicação de uma sequência de atividades que se apoia no uso de simulações computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico, trabalho esse também embasado na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Fazendo a análise da primeira questão, que objetiva identificar qual a ideia que os alunos fazem de “tempo”, não será uma questão que farei comentários por se tratar de uma questão aberta com a opinião pessoal do aluno.

Aluno 01:

QUESTÃO 1

Santo Agostinho, famoso teólogo que viveu no século V, disse certa vez: “Sei muito bem o que é o tempo - até que alguém me pergunte”.

1.1 Longe de buscarmos uma definição precisa sobre o conceito de tempo, e apesar de utilizarmos a palavra tempo em nosso dia-a-dia, pedimos que você leia atentamente as frases que seguem e marque com um X a(s) que mais se aproxima(m) da idéia de tempo que você tem.

“Nossa, que aula chata! Parece que o tempo não passa”.

“Sabe quanto tempo eu levei para voltar da praia no domingo? Duas horas!”

“Desculpe-me, mas hoje estou sem tempo”.

“O tempo passa, não temos como impedir”.

“Qual é a previsão do tempo para o final de semana?”

“O fim dos tempos está próximo”.

“É tempo de paz entre os povos”.

“Tempo é dinheiro”.

“Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo”.

1.2 Explique por que você escolheu esta(s) frase(s).

Porque está mais explícito.

Aluno 02:

() "Nossa, que aula chata! Parece que o tempo não passa".
() "Sabe quanto tempo eu levei para voltar da praia no domingo? Duas horas!"
() "Desculpe-me, mas hoje estou sem tempo".
 "O tempo passa, não temos como impedir".
() "Qual é a previsão do tempo para o final de semana?"
() "O fim dos tempos está próximo".
() "É tempo de paz entre os povos".
() "Tempo é dinheiro".
() "Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo".

1.2 Explique por que você escolheu esta(s) frase(s).
Apesar de existir o relógio o tempo não volta, ele continua indo. Não dá pra voltar atrás.

Aluno 03:

(S) "Nossa, que aula chata! Parece que o tempo não passa".
(M) "Sabe quanto tempo eu levei para voltar da praia no domingo? Duas horas!"
(M) "Desculpe-me, mas hoje estou sem tempo".
(S) "O tempo passa, não temos como impedir".
(M) "Qual é a previsão do tempo para o final de semana?"
(M) "O fim dos tempos está próximo".
(M) "É tempo de paz entre os povos".
(M) "Tempo é dinheiro".
(M) "Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo".

1.2 Explique por que você escolheu esta(s) frase(s).
Porque foi a que mais se pareceu na promoção de sentença com a frase de São Agostinho

Aluno 04:

- "Nossa, que aula chata! Parece que o tempo não passa".
- "Sabe quanto tempo eu levei para voltar da praia no domingo? Duas horas!"
- "Desculpe-me, mas hoje estou sem tempo".
- "O tempo passa, não temos como impedir".
- "Qual é a previsão do tempo para o final de semana?"
- "O fim dos tempos está próximo".
- "É tempo de paz entre os povos".
- "Tempo é dinheiro".
- "Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo".

1.2 Explique por que você escolheu esta(s) frase(s).

Porque nas outras frases a palavra "tempo", está substituindo outras palavras, e a que eu marquei está mais curta.

Aluno 05:

- "Nossa, que aula chata! Parece que o tempo não passa".
- "Sabe quanto tempo eu levei para voltar da praia no domingo? Duas horas!"
- "Desculpe-me, mas hoje estou sem tempo".
- "O tempo passa, não temos como impedir".
- "Qual é a previsão do tempo para o final de semana?"
- "O fim dos tempos está próximo".
- "É tempo de paz entre os povos".
- "Tempo é dinheiro".
- "Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo".

1.2 Explique por que você escolheu esta(s) frase(s).

Eu escolhi essa frase porque tá falando uma coisa de tempo e na frase fala 2 horas.

Aluno 06:

"Nossa, que aula chata! Parece que o tempo não passa".
 "Sabe quanto tempo eu levei para voltar da praia no domingo? Duas horas!"
 "Desculpe-me, mas hoje estou sem tempo".
 "O tempo passa, não temos como impedir".
 "Qual é a previsão do tempo para o final de semana?"
 "O fim dos tempos está próximo".
 "É tempo de paz entre os povos".
 "Tempo é dinheiro".
 "Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo".

1.2 Explique por que você escolheu esta(s) frase(s).

Porque não as frases que mais me apertam do balcão "tempo"

A segunda questão também aborda o *tempo*, com o objetivo de identificar se os alunos reconhecem a luz como uma constante fundamental da natureza. Ao analisar a primeira pergunta da questão 02, observamos que apenas o aluno 02 disse que o tempo *não* flui do passado para o futuro, todos os outros cinco alunos disseram que *sim*. Analisando a segunda pergunta, novamente o aluno 02 diverge dos outros cinco alunos, sendo o único a identificar que *quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando* o passado. Todos os outros disseram que era o presente. O aluno 02 diz na justificativa que *“a luz leva um tempinho para chegar aqui na Terra”*. Na análise da terceira pergunta apenas o aluno 05 disse que *“podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do espaço, verão duas estrelas se apagando ao mesmo tempo”*, todos os outros cinco alunos disseram que não. Os alunos 03 e 04 citaram o *fuso horário* como justificativa. O aluno 02 citou a *posição em relação às estrelas*, o aluno 01 disse que dependeria do lugar e as respostas dos alunos 05 e 06 não trazem sentido em relação aos objetivos propostos.

Um aluno foi classificado como SP, o aluno 02, por apresentar resposta mais completa, dois alunos apresentaram respostas totalmente fora dos objetivos, que são os alunos 05 e 06, sendo classificados como SA, já os outros três alunos, 01, 03 e 04 foram agrupados como SMD.

Aluno 01:

QUESTÃO 2

Quando você olha para o espelho pela manhã, para fazer a barba ou a maquiagem, sente que o tempo está passando. Você pode pensar um pouco no assunto olhando para sua própria imagem, mas logo outros pensamentos vão distrair sua atenção. O mundo lá fora te chama. O despertador toca. Acabou o tempo, você deve sair logo senão chegará atrasado na escola. Cazuza já dizia que "o tempo não pára". Quem ainda poderia duvidar disso?

2.1 Sendo assim, se a passagem do tempo é uma característica da percepção humana, pois sentimos que o tempo flui, podemos comparar esse mesmo fluxo ao vô de uma flecha ou ao movimento eterno das águas de um rio. Essa comparação é válida? Podemos afirmar que o tempo flui do passado para o futuro? Qual a sua opinião sobre isto?

Sim,

2.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:
() Passado (X) Presente () Futuro
Por quê?

2.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

Não, porque depende do lugar onde a pessoa estiver.

Aluno 02:

2.1 Sendo assim, se a passagem do tempo é uma característica da percepção humana, pois sentimos que o tempo flui, podemos comparar esse mesmo fluxo ao vô de uma flecha ou ao movimento eterno das águas de um rio. Essa comparação é válida? Podemos afirmar que o tempo flui do passado para o futuro? Qual a sua opinião sobre isto?

Não. Pois o passado não existe mais, o futuro ainda não aconteceu.
Com... a única coisa que agente tem é o presente.

2.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:
(X) Passado () Presente () Futuro
Por quê?

Porque a luz que vem de lá e bate em nossas estrelas demora um tempinho pra chegar aqui na Terra. Até que agente esteja lá já aconteceu.

2.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

Não. A posição que você está em relação as estrelas é diferente. Então que uma pessoa tem das mesmas estrelas.

Aluno 03:

2.1 Sendo assim, se a passagem do tempo é uma característica da percepção humana, pois sentimos que o tempo flui, podemos comparar esse mesmo fluxo ao vôo de uma flecha ou ao movimento eterno das águas de um rio. Essa comparação é válida? Podemos afirmar que o tempo flui do passado para o futuro? Qual a sua opinião sobre isto?

Sim. Porque essas comparações são como a vida e flui na natureza. Uma vez que chega ao fim. e as águas do rio vêm do nascente para pelo correto de direção que é o futuro.

2.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:

() Passado (X) Presente () Futuro

Por quê? Porque é o que nós estamos vendo agora e não o que já aconteceu que é o passado e também não é o que não aconteceu que é o futuro, é aqui que estamos agora.

2.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

Não. Porque quando o norte no Brasil e em alguns países e só por causa do fusos horários de um país para o outro.

Aluno 04:

2.1 Sendo assim, se a passagem do tempo é uma característica da percepção humana, pois sentimos que o tempo flui, podemos comparar esse mesmo fluxo ao vôo de uma flecha ou ao movimento eterno das águas de um rio. Essa comparação é válida? Podemos afirmar que o tempo flui do passado para o futuro? Qual a sua opinião sobre isto?

Sim, o tempo começa do nosso nascimento até a nossa morte, as vezes precisamos de algumas lições do passado para melhorar no futuro.

2.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:

() Passado (X) Presente () Futuro

Por quê? Porque apenas vemos o presente, o passado já aconteceu e o futuro só Deus sabe.

2.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

Não, porque nem todos lugares são os mesmos fusos horários. No Brasil pode ser manhã e em outro país pode ser de manhã ou tarde.

Aluno 05:

2.1 Sendo assim, se a passagem do tempo é uma característica da percepção humana, pois sentimos que o tempo flui, podemos comparar esse mesmo fluxo ao vôo de uma flecha ou ao movimento eterno das águas de um rio. Essa comparação é válida? Podemos afirmar que o tempo flui do passado para o futuro? Qual a sua opinião sobre isto?

sim. com a ideia de que o tempo é infinito, eterno, e não tem começo nem fim, então ele flui do passado para o futuro.

2.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:
() Passado (X) Presente () Futuro
Por quê?

Por que estamos acontecendo, e não aconteceu e nem vai acontecer, estamos acontecendo.

2.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

sim. Por que se ela apaga todo mundo deixa de ver ela e não só eu que estou aqui que vou deixar de ver ela.

Aluno 06:

2.1 Sendo assim, se a passagem do tempo é uma característica da percepção humana, pois sentimos que o tempo flui, podemos comparar esse mesmo fluxo ao vôo de uma flecha ou ao movimento eterno das águas de um rio. Essa comparação é válida? Podemos afirmar que o tempo flui do passado para o futuro? Qual a sua opinião sobre isto?

ao movimento das águas de um rio, sim, sim, minha opinião é que o tempo nunca para, o tempo não volta.

2.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:
() Passado (X) Presente () Futuro
Por quê?

Porque é como se fosse um filme no presente.

2.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

nao, porque em alguns lugares do mundo essas estrelas demoram a apagar.

A terceira questão tem como objetivo encontrar subsunçores presentes que levem os alunos a reconhecerem fenômenos da natureza comprovadores da relatividade de espaço e tempo. A primeira pergunta aborda o som e a luz provenientes de um raio durante uma tempestade. Apenas o aluno 05 não respondeu nada, os outros cinco alunos identificaram a luz com uma velocidade maior que a velocidade do som. Há de se analisar que este fenômeno já foi trabalhado por professores de ciências do Ensino Fundamental. Quando questionados na segunda pergunta sobre a velocidade da luz como finita ou infinita, usando para isso um

diálogo entre dois amigos, todos os alunos conseguiram identificar que a luz gasta certo tempo para chegar aos nossos olhos, porém não conseguiram afirmar sobre esta velocidade ser finita ou infinita. Talvez o texto tenha facilitado esta resposta, porém não de forma conclusiva.

Um aluno foi classificado como SA, o aluno de número 05, os demais alunos classificados como SMD, não houve classificação SP.

Aluno 01:

QUESTÃO 3

3.1 Numa tempestade ouvimos o som do trovão só algum tempo depois de vermos o relâmpago. Como você pode explicar essa afirmação?

Porque a velocidade da luz é mais rápida e bem maior do que o som do trovão

3.2 Em uma festa de comemoração do ano novo, dois amigos, Rafael e Fábio, observam um maravilhoso espetáculo de fogos de artifício. Os dois notam que a luz emitida pela explosão é percebida antes do som produzido pela mesma. Será que a luz é transmitida imediatamente do ponto onde ocorreu a explosão aos nossos olhos? Os dois têm opiniões distintas para esta questão. Observe o diálogo entre os amigos:

Rafael: Qual será o valor da velocidade da luz? Será finita ou infinita? Será que podemos fazer uma experiência para medir a velocidade da luz?

Fábio: Pô Rafa, que história é essa? É fácil perceber que a propagação da luz é instantânea. Quando vemos, à distância, a explosão do foguete, a claridade chega aos nossos olhos imediatamente, o que não ocorre com o som, que chega aos nossos ouvidos um pouco depois.

Rafael: Calma lá Fábio! Isso só prova que o som chega aos nossos ouvidos num tempo maior que aquele gasto pela luz. Porém, não garante que o movimento da luz seja instantâneo. Assim, penso que a luz gasta também um certo tempo para chegar aos nossos olhos, mas é tão pequeno que não conseguimos perceber.

No desenrolar da conversa, os amigos apresentaram opiniões diferentes sobre a velocidade da luz. Qual a sua opinião a esse respeito? Você concorda com algum dos amigos? Justifique.

Sim, Rafael.

Aluno 02:

3.1 Numa tempestade ouvimos o som do trovão só algum tempo depois de vermos o relâmpago. Como você pode explicar essa afirmação?

Porque a velocidade da luz é mais alta do que a do som.

No desenrolar da conversa, os amigos apresentaram opiniões diferentes sobre a velocidade da luz. Qual a sua opinião a esse respeito? Você concorda com algum dos amigos? Justifique.

Concordo com a opinião de Rafael. Por causa da distância.

Aluno 03:

3.1 Numa tempestade ouvimos o som do trovão só algum tempo depois de vermos o relâmpago. Como você pode explicar essa afirmação?

É que a luz leva um menor tempo para chegar ao olho do observador que o som para chegar ao ouvido.

No desenrolar da conversa, os amigos apresentaram opiniões diferentes sobre a velocidade da luz. Qual a sua opinião a esse respeito? Você concorda com algum dos amigos? Justifique.

Concordo com o Rafael a luz leva um pequeno tempo até que a visão é feita.

Aluno 04:

3.1 Numa tempestade ouvimos o som do trovão só algum tempo depois de vermos o relâmpago. Como você pode explicar essa afirmação?

Porque a velocidade da luz é bem maior do que a do som.

No desenrolar da conversa, os amigos apresentaram opiniões diferentes sobre a velocidade da luz. Qual a sua opinião a esse respeito? Você concorda com algum dos amigos? Justifique.

Rafael, Porque tudo leva um certo tempo para acontecer.

Aluno 05:

3.1 Numa tempestade ouvimos o som do trovão só algum tempo depois de vermos o relâmpago. Como você pode explicar essa afirmação?

No desenrolar da conversa, os amigos apresentaram opiniões diferentes sobre a velocidade da luz. Qual a sua opinião a esse respeito? Você concorda com algum dos amigos? Justifique.

Sim - Eu concordo com o rapaz porque a luz demora um pouco chegar só que é rápida agente nem percebe.

Aluno 06:

3.1 Numa tempestade ouvimos o som do trovão só algum tempo depois de vermos o relâmpago. Como você pode explicar essa afirmação?

No desenrolar da conversa, os amigos apresentaram opiniões diferentes sobre a velocidade da luz. Qual a sua opinião a esse respeito? Você concorda com algum dos amigos? Justifique.

Depende da velocidade da luz e do som.

Se for mais rápido, então a velocidade da luz é mais rápida que o do som, então concordo com o rapaz.

A questão número quatro introduz a ideia de relatividade, só que de maneira bem simples, com o intuito de verificar se os alunos identificam movimento ou repouso e a trajetória de um objetivo tendo como bases referenciais diferentes. Com exceção do aluno número 05 todos os outros conseguiram identificar que o movimento é relativo, ou seja, que depende do referencial adotado. Os alunos 02 e 03 identificaram perfeitamente quais corpos estavam em repouso e movimento em relação ao referencial escolhido. Os alunos 01, 04 e 06 responderam trocando as respostas e o aluno 05 não compreendeu a relatividade dos movimentos. Quando solicitados que desenhassem a trajetória descrita pelo objeto ao ser solto do teto de um ônibus vista por observadores diferentes, apenas o aluno 03 fez os dois desenhos de forma correta. Os alunos 02, 04 e 05 acertaram apenas para um dos observadores e os demais erraram ambos. Um aluno foi classificado como SP, o aluno de número 03, um aluno classificado como SA, o de número 05, e os demais classificados como SMD, ou seja, os alunos 01, 02, 04 e 06. Vale lembrar também que este tipo de questão costuma ser trabalhado por professores de ciências do Ensino Fundamental, o que pode ter facilitado as resposta dadas.

Aluno 01:

QUESTÃO 4
Imagine agora a seguinte situação: Rafael está parado em relação ao solo e observa um ônibus que se desloca em movimento retilíneo e uniforme em relação a ele. No interior desse ônibus, sentado em uma poltrona, se encontra Fábio. Suponha que o ônibus seja totalmente transparente, de tal forma que Rafael consiga ver tudo o que acontece em seu interior.

4.1 Os dois amigos observam uma determinada poltrona do ônibus. Para Rafael esta poltrona está em movimento ou em repouso? E para Fábio? Justifique sua resposta.

Para rafael a poltrona está em repouso
Para Fábio a poltrona está em movimento

4.2 Uma lâmpada se desprende do teto do ônibus em direção ao chão. Qual é a forma da trajetória descrita pela lâmpada durante a sua queda vista por Fábio? E por Rafael? Justifique sua resposta fazendo um desenho que representa a trajetória da lâmpada vista por Fábio e por Rafael. Considere desprezível a resistência do ar.

Rafael  *Fábio* 

Aluno 02:

4.1 Os dois amigos observam uma determinada poltrona do ônibus. Para Rafael esta poltrona está em movimento ou em repouso? E para Fábio? Justifique sua resposta.

Em movimento, Repouso, Depende do ponto de vista

4.2 Uma lâmpada se desprende do teto do ônibus em direção ao chão. Qual é a forma da trajetória descrita pela lâmpada durante a sua queda vista por Fábio? E por Rafael? Justifique sua resposta fazendo um desenho que representa a trajetória da lâmpada vista por Fábio e por Rafael. Considere desprezível a resistência do ar.

F.  *R.* 

Aluno 03:

4.1 Os dois amigos observam uma determinada poltrona do ônibus. Para Rafael esta poltrona está em movimento ou em repouso? E para Fábio? Justifique sua resposta.

Para Fábio está em repouso; Para rafael está em movimento. Porque cada um está em um ponto de Rafael.

4.2 Uma lâmpada se desprende do teto do ônibus em direção ao chão. Qual é a forma da trajetória descrita pela lâmpada durante a sua queda vista por Fábio? E por Rafael? Justifique sua resposta fazendo um desenho que representa a trajetória da lâmpada vista por Fábio e por Rafael. Considere desprezível a resistência do ar.

Fábio  *Rafael* 

Aluno 04:

4.1 Os dois amigos observam uma determinada poltrona do ônibus. Para Rafael esta poltrona está em movimento ou em repouso? E para Fábio? Justifique sua resposta.

Rafael = Repouso
Fábio = movimento

O Rafael está em repouso em referência ao solo que está parado. E o Fábio em referência ao ônibus que está em movimento.

4.2 Uma lâmpada se desprende do teto do ônibus em direção ao chão. Qual é a forma da trajetória descrita pela lâmpada durante a sua queda vista por Fábio? E por Rafael? Justifique sua resposta fazendo um desenho que representa a trajetória da lâmpada vista por Fábio e por Rafael. Considere desprezível a resistência do ar.

Rafael: 

Fábio: 

Aluno 05:

4.1 Os dois amigos observam uma determinada poltrona do ônibus. Para Rafael esta poltrona está em movimento ou em repouso? E para Fábio? Justifique sua resposta.

Repouso = Repouso. Por que a poltrona está parada, ela não está se movendo quem está se movendo é o ônibus.

4.2 Uma lâmpada se desprende do teto do ônibus em direção ao chão. Qual é a forma da trajetória descrita pela lâmpada durante a sua queda vista por Fábio? E por Rafael? Justifique sua resposta fazendo um desenho que representa a trajetória da lâmpada vista por Fábio e por Rafael. Considere desprezível a resistência do ar.

Fábio: 

Rafael: 

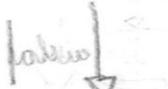
Aluno 06:

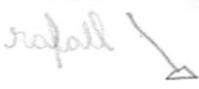
4.1 Os dois amigos observam uma determinada poltrona do ônibus. Para Rafael esta poltrona está em movimento ou em repouso? E para Fábio? Justifique sua resposta.

em repouso, para Fábio está em movimento, por causa do movimento do ônibus.

4.2 Uma lâmpada se desprende do teto do ônibus em direção ao chão. Qual é a forma da trajetória descrita pela lâmpada durante a sua queda vista por Fábio? E por Rafael? Justifique sua resposta fazendo um desenho que representa a trajetória da lâmpada vista por Fábio e por Rafael. Considere desprezível a resistência do ar.

em linha reta.

Fábio: 

Rafael: 

A aplicação do pré-teste coincidiu com a passagem da Sonda New Horizons, da Nasa pelas proximidades de Plutão. A questão 05 trás uma reportagem do portal G1 da Globo (<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/07/sonda-new-horizons-da-nasa-fez-mais-de-1200-fotos-de-plutao.html>), sobre as fotos feitas pela sonda e enviadas para a Terra. Na reportagem foi dito que as fotos levavam 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Foi solicitada a explicação deste fato. Apenas o aluno 01 não soube responder. Os alunos 02, 03 e 06 disseram que era por causa da distância. O aluno 04 deu a seguinte resposta: “É como se alguém chutasse uma bola, a pessoa chuta na hora em que pegou a bola, mas até ela chegar à outra pessoa leva um tempo necessário.” O aluno 05 disse: “A velocidade da luz é muito rápida mais ela tem seu tempo certo para chegar.” Essa questão, por conta de sua atualidade levou cinco alunos responderem de forma coerente, classificando todos como SP. Apenas o aluno 01 foi classificado como SA.

Aluno 01:

5. Recentemente os jornais têm noticiado sobre a Sonda New Horizons. Veja a reportagem extraída do portal G1, dia 16/07/2015.

“Sonda New Horizons, da Nasa, fez mais de 1.200 fotos de Plutão.
Primeiras fotos de alta resolução foram divulgadas nesta quarta-feira.
Agência diz que equipamento analisa região ao redor de planeta anão.”

Durante várias reportagem foi dito que as fotos levavam cerca de 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Como você explica este fato?

Aluno 02:

Durante várias reportagem foi dito que as fotos levavam cerca de 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Como você explica este fato?

Devido a distância

Aluno 03:

Durante várias reportagem foi dito que as fotos levavam cerca de 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Como você explica este fato? Por causa do distancia do terra ao Planeta

Aluno 04:

Durante várias reportagem foi dito que as fotos levavam cerca de 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Como você explica este fato?
É como se alguém chutasse uma bola, a pessoa chuta na hora em que pegou a bola, mas até ela chegar à outra pessoa leva um tempo necessário.

Aluno 05:

Durante várias reportagem foi dito que as fotos levavam cerca de 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Como você explica este fato? A velocidade da luz é muito rápida mais ela tem seu tempo certo para chegar.

Aluno 06:

Durante várias reportagem foi dito que as fotos levavam cerca de 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Como você explica este fato? Pelo fato da distancias entre Plutão e o terra.

A penúltima questão, a de número seis, foi elaborada de maneira a identificar se os alunos conheciam a famosa equação de Einstein $E = mc^2$ e qual a interpretação que eles faziam dela. Três alunos já havia ouvido falar da equação, os alunos 02, 03 e 05 e três alunos não há conheciam, os alunos 01, 04 e 06. O aluno 02 disse que conhecia de estampas em camisas e os alunos 03 e 05 de outros lugares sem citar onde. Quando questionados sobre o

significado dela, nenhum deles soube dizer. Três alunos foram classificados como SA e três como SMD. Nenhum aluno foi classificado como SP.

Aluno 01:

6. Você conhece esta equação $E = mc^2$, chamada de equação de Einstein? Em caso afirmativo, onde? () sim (X) não

Aluno 02:

6. Você conhece esta equação $E = mc^2$, chamada de equação de Einstein? Em caso afirmativo, onde? (X) sim () não

- (X) Estampada em camisas
- () Em cartazes
- () jornais
- () revista
- () TV
- () internet
- () outros

Aluno 03:

6. Você conhece esta equação $E = mc^2$, chamada de equação de Einstein? Em caso afirmativo, onde? (X) sim () não

- () Estampada em camisas
- () Em cartazes
- () jornais
- () revista
- () TV
- () internet
- (X) outros

Qual a interpretação que você faz dela?

Esqueci mais lei explica mais ou menos

Aluno 04:

6. Você conhece esta equação $E = mc^2$, chamada de equação de Einstein? Em caso afirmat. onde? () sim não

() Estampada em camisas
() Em cartazes
() jornais
() revista
() TV
() internet
() outros

Aluno 05:

6. Você conhece esta equação $E = mc^2$, chamada de equação de Einstein? Em caso afirmativo, onde? sim () não

() Estampada em camisas
() Em cartazes
() jornais
() revista
() TV
() internet
 outros

Aluno 06:

6. Você conhece esta equação $E = mc^2$, chamada de equação de Einstein? Em caso afirmativo, onde? () sim não

A última questão foi formulada de maneira verbal, e tinha como objetivo reconhecer a relatividade de medidas de espaço e tempo devido à invariância da velocidade da luz. Foi perguntado coletivamente aos seis alunos da amostra se eles definiriam tempo e espaço como grandezas absolutas ou relativas. Cinco alunos definiram como absolutas, somente o aluno de número 02 classificou como relativa, porém sem conseguir explicar o que o levou a esta conclusão. Tais respostas já eram esperadas, uma vez que a relatividade de espaço e tempo só é abordada no Ensino Médio. Um aluno foi classificado como SA e cinco alunos como SMD. Nenhum aluno foi classificado como SP.

Tabela 2: Resultado das quatro primeiras questões do pré-teste.

Questão 1		Questão 2		Questão 3		Questão 4	
Nº de alunos	Classificação	Nº de alunos	Classificação	Nº de alunos	Classificação	Nº de alunos	Classificação
---	SP	1	SP	0	SP	1	SP
---	SA	2	SA	1	SA	1	SA
---	SMD	3	SMD	5	SMD	4	SMD
SP: subsunçores presentes AS: subsunçor ausentes SMD: Subsunçores Mal Definido							

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3: Resultado das três últimas questões do pré-teste.

Questão 5		Questão 6		Questão verbal	
Nº de alunos	Classificação	Nº de alunos	Classificação	Nº de alunos	Classificação
5	SP	0	SP	0	SP
1	SA	3	SA	1	SA
0	SMD	3	SMD	5	SMD
SP: subsunçores presentes AS: subsunçor ausentes SMD: Subsunçores Mal Definido					

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando as Tabelas 2 e 3, podemos observar que os subsunçores presentes (SP) só foram maioria na questão de número cinco. Esta questão foi evidenciada por uma atualidade que estava ocorrendo no período de aplicação do pré-teste, que era a passagem da Sonda New Horizons, da Nasa pelas proximidades de Plutão. Os Subsunçores Mal Definido (SMD) foram à classificação para a maioria dos alunos, conforme as questões dois, três, quatro e verbal, e em igual quantidade com subsunçor ausente (SA) na questão seis.

O pré-teste foi elaborado e pesquisado de maneira a atender também as habilidades e competências previstas no Currículo Mínimo para o terceiro bimestre do primeiro ano do Curso de Formação Geral do Estado do Rio de Janeiro.

5.3.2 Características da Aprendizagem Mecânica ou Significativa

As questões sete e oito do pré-teste objetivam identificar as características de um comportamento que leva a uma aprendizagem mecânica ou a uma aprendizagem significativa. Procurou-se identificar, nas respostas dos alunos, uma tentativa de aprender por vontade

própria, assim como realizar ligações entre subsunçores com novos conceitos. Assim, os aprendizes foram classificados em duas classes: Características de Aprendizagem Mecânica (AM) e Características de Aprendizagem Significativa (AS).

A questão número sete visa identificar o método (forma) pela qual o aluno estuda no dia a dia de sua vida escolar. Quatro alunos disseram que prestam atenção nas aulas, os alunos de números 02, 03, 04 e 05, sendo que um disse que faz as atividades e trabalhos pedidos pelo professor, o aluno de número 05, o outro complementa com revisão do conteúdo e pesquisa na internet, o aluno de número 02. O outro complementa com leitura e estudo, o aluno de número 04. Já o aluno de número 03 não teve uma resposta convincente ao dizer que *bota em prática o que o professor explicou nas aulas*. Não ficou claro o que seria “*botar em prática*”. Classificamos então os alunos 02, 04 e 05 como aprendizagem significativa (AS) e o aluno 03 como aprendizagem mecânica (AM)

O aluno de número 01 disse que para estudar, entra em um lugar de pouco barulho e foca apenas na revisão, o que sugere uma aprendizagem mecânica (AM), assim como o aluno de número 06 que lê o conteúdo tanto no livro, como no caderno.

Aluno 01:

7) A física faz parte das ciências naturais, juntamente com a química e a biologia. Nos estudos anteriores às provas destas disciplinas, qual a forma de estudo que você usa para se sair bem?

Entrando para um lugar de pouco barulho e focar sobre a revisão da matéria.

Aluno 02:

Geralmente eu presto atenção nas aulas e quando em semanas de prova tento revisar o conteúdo; Não leio nada, pesquisa as minhas dúvidas na internet.

Aluno 03:

Tentar pensar nos aulas, chegar em casa tentar em casa,
tudo o que o professor explicou nos aulas,

Aluno 04:

Presto bastante atenção na explicação da professora,
leio e estudo a matéria dada, procurando aprender
cada dia mais.

Aluno 05:

Presto atenção na aula, faço as atividades e trabalhos pedidos pelos professores, não faltando aulas.

Aluno 06:

Eu leio o conteúdo, tanto no livro, como no caderno.

Na questão de número oito, que busca características de respostas que indicam aprendizagem significativa ou aprendizagem mecânicas relacionadas a problemas inusitados, três alunos escolheram o item (d) “Tentaria escrever uma resposta coerente com algum fenômeno ou situação que já vivenciei”, os alunos 02, 04 e 06; um escolheu o item (e) “Buscaria responder usando as questões que já estudei em sala de aula, da mesma forma que o professor passou no quadro”, o aluno 01, um aluno escolheu o item (c) “Escreveria sobre o primeiro raciocínio que tive, sem pensar muito”, o aluno 05 e um aluno escolheu o item (a) “deixaria a questão em branco, porque tenho dificuldades em Física”, o aluno 03. Nenhum aluno justificou a escolha.

Os alunos que marcaram a opção (d), embora pareça mecanizada, o ato de refletir em buscas de experiências passadas na escola caracteriza uma vontade em relacionar um novo problema com alguma situação que presenciou, sendo classificados como AS.

A resposta dos alunos que marcaram as opções (a), (c) e (e), não caracteriza uma vontade em relacionar um exercício novo com conhecimentos já adquiridos, sendo classificados como AM.

Aluno 01:

8) Suponha que você esteja fazendo uma avaliação teórica de física, sozinho(a), e por que perdeu a última prova. Uma das questões da avaliação você nunca tinha resolvido em sala com seu professor, e você somente pode recorrer aos seus pensamentos. Marque a opção que ilustra a sua provável atitude diante da resposta a essa questão:

- a) Deixaria a questão em branco, por que, tenho dificuldade em física;
- b) Escreveria algumas frases tentando acertar no chute;
- c) Escreveria sobre o primeiro raciocínio que tive, sem pensar muito;
- d) Tentaria escrever uma resposta coerente com algum fenômeno ou situação que já vivenciei;
- e) Buscaria responder usando as questões que já estudei em sala de aula, da mesma forma que o professor passou no quadro.

Caso tenha outra atitude, escreva abaixo.

Aluno 02:

- d) Tentaria escrever uma resposta coerente com algum fenômeno ou situação que já vivenciei;

Aluno 03:

- a) Deixaria a questão em branco, por que, tenho dificuldade em física;

Aluno 04:

- d) Tentaria escrever uma resposta coerente com algum fenômeno ou situação que já vivenciei;

Aluno 05:

Escreveria sobre o primeiro raciocínio que tive, sem pensar muito;

Aluno 06:

Tentaria escrever uma resposta coerente com algum fenômeno ou situação que já vivenciei;

Tabela 4: Resumo dos alunos que apresentam características da Aprendizagem Mecânica ou Significativa

Questão 7		Questão 8	
Característica	Alunos de n°:	Característica	Alunos de n°:
Aprendizagem significativa	02, 04 e 05	Aprendizagem significativa	02, 04 e 06
Aprendizagem mecânica	01, 03 e 06	Aprendizagem mecânica	01, 03 e 05

Fonte: Dados da pesquisa.

Fazendo uma análise das questões sete e oito podemos observar que não são os mesmos alunos que apresentam características de aprendizagem significativa nas duas questões, porém existe uma intersecção dos alunos 02 e 04 com essas características em ambas as questões. Os alunos 05 e 06 alternam como característica significativa ou mecânica.

Se comparados com a tabela 1, podemos observar que os dois alunos que apresentam as melhores médias no 1º e 2º bimestres de 2015, são exatamente os alunos de números 02 e 04, com médias de 8,4 e 8,7 respectivamente.

Prestar atenção nas aulas, fazer revisão do conteúdo e complementar com leitura, constituem em estratégias para um bom resultado nas avaliações.

5.4 Análise do Pós-teste

O pós-teste foi dividido em duas partes: a primeira constituída por uma entrevista gravada onde os alunos responderam de forma espontânea o entendimento que fizeram sobre o filme Interestelar, assim como relacionar conceitos abordados em sala de aula com os apresentados pelo filme. A segunda parte do pós-teste foi composto por sete questões, com abordagem parecida com o pré-teste, só que em contextos diferentes.

Para a análise do pós-teste, foram definidas as categorias Conceitos Satisfatórios (CS), para os aprendizes que responderam de forma correta, com clareza os conceitos descritos; Conceitos Ausentes (CA), para alunos que responderam de forma a não apresentar nenhum entendimento sobre a questão; e Conceitos Insuficientes (CI), para alunos que responderam com conceitos mal definidos.

Essas categorias foram usadas por Cardoso (2012) no processo de elaboração e aplicação de uma sequência de atividades que se apoia no uso de simulações computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico, trabalho esse também embasado na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Ao analisar as repostas da entrevista, onde a pergunta principal, foi o que os alunos conseguiram observar no filme que estivesse relacionado aos conteúdos de relatividade abordados em sala de aula, obtivemos as seguintes declarações dos alunos:

Aluno 01: Houve muita dificuldade em conseguir obter alguma coisa sobre o filme com o aluno de número 01. A princípio dizia não se lembrar do filme. Depois de alguma insistência o aluno consegue falar sobre a diferença na idade do pai em relação à filha, justificando que seria por causa do horário. Dei alguma ajuda na entrevista, porém nada mais de relevante foi retirado. Disse que gostou do filme. O aluno 01, portanto apresentou Conceito Ausente (CA) para a análise do filme.

Aluno 02: O aluno iniciou a entrevista fazendo a relação do Paradoxo dos Gêmeos com o filme assistido. *“Se uma pessoa estivesse viajando da Terra para o espaço na velocidade da luz, ou próximo, o tempo passaria mais lento para ele, ele não envelhece, digo, envelheceria mais lentamente em relação a quem ficou na Terra. O aluno cita as quatro dimensões dizendo serem elas: comprimento, largura, altura e tempo. Disse também que o filme é bem legal e retrata assuntos estudados em sala de aula”*. O aluno, portanto apresentou Conceito Satisfatório (CS)

Aluno 03: não participou da entrevista.

Aluno 04: O aluno de número quatro inicia a entrevista fazendo os seguintes comentários sobre o filme: *“sobre o tempo àquele que viaja fica mais novo em relação àquele que fica em repouso em relação a um determinado referencial”*. O aluno também relaciona as quatro dimensões, comprimento, largura, altura e tempo. O aluno disse ter gostado do filme e o que mais chamou a atenção foi a viagem realizada. O aluno, portanto apresentou Conceito Satisfatório (CS)

Aluno 05: O aluno inicia a entrevista um pouco confuso, porém depois começa a relatar e relacionar o filme com o Paradoxo dos Gêmeos, citando a idade do pai em relação aos filhos

que ficaram na Terra. Disse que “*o cara que viajou ficou mais novo em relação a quem ficou na Terra*”. Não foi possível obter do aluno 05 qualquer informação a mais que seja relevante em relação aos conceitos estudados. Classificamos então o aluno na categoria Conceitos Insuficientes (CI).

Aluno 06: O aluno inicia dizendo que o filme diz claramente que o “tempo é relativo”. Disse que há uma viagem e que aquele que viajou ficou mais novo em relação aos dois irmãos que ficaram na Terra. Ele conseguiu dizer também que o motivo que levou a essa diferença na passagem do tempo estava relacionado à velocidade da luz, ou próximo dela. O aluno falou ter ficado impressionado com o tema abordado e que nunca tinha antes ouvido falar sobre esse assunto. Classificamos então o aluno na categoria Conceitos Satisfatórios (CS).

Tabela 5: Classificação das respostas apresentadas em relação ao filme Interestelar

Categoria	Alunos de n°:
Conceitos Satisfatórios (CS)	02, 04 e 06
Conceitos Ausentes (CA)	01
Conceitos Insuficientes (CI)	05

Fonte: Gravação com os alunos.

A análise da entrevista, consolidada na Tabela 5, deixa evidente que a apresentação de uma arte, chamada por muitos de a sétima arte, aqui representada pela exibição do filme Interestelar de Christopher Nolan, um filme atual e com apresentação de conceitos da Física Contemporânea trouxe um ganho para a aprendizagem dos alunos, o que podemos demonstrar principalmente pelo depoimento dos alunos 02, 04 e 05 e de forma mais modesta pelo aluno de número 05. Apenas o aluno 01 não apresentou resultados que demonstrem tais conclusões.

Ao analisar as repostas das questões do pós-teste obtivemos as seguintes declarações dos alunos:

Fazendo a análise da primeira questão, que objetiva identificar qual a ideia que os alunos fazem de “tempo”, não será uma questão que farei comentários por se tratar de uma questão aberta com a opinião pessoal do aluno, assim como no pré-teste.

Aluno 01:

QUESTÃO 1

1.1 Longe de buscarmos uma definição precisa sobre o conceito de tempo, e apesar de utilizarmos a palavra tempo em nosso dia-a-dia, pedimos que você leia atentamente as frases que seguem e marque com um X a(s) que mais se aproxima(m) da idéia de tempo que você tem.

a. () O tempo não passa na aula do professor Chatonildo!
b. (X) O atleta completou a prova em um tempo de 1 hora 45 minutos e 37 segundos.
c. () O tempo passa, não temos como impedir.
d. () O tempo dirá e não há o que você possa fazer para mudar.
e. () Se eu for duas vezes mais rápido, levarei a metade do tempo para chegar em casa.
f. () Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo.
g. (X) Não temos todo o tempo do mundo, o amanhã pode nem chegar!
h. (X) O tempo passa mais devagar nos relógios em movimento.
i. (X) O tempo se revela como um filme, quadro a quadro.

1.2 Explique, para cada uma das frases que assinalou, qual é o significado da palavra tempo que você tem em mente. *O tempo é relativo, pra mim ele pode estar de um modo e para outra pessoa pode estar diferente.*

1.3 Escreva com suas próprias palavras: o que é tempo para você?
O tempo é tudo que se passa, e ele é relativo para todas as pessoas.

Aluno 02:

a. () O tempo não passa na aula do professor Chatonildo!
b. () O atleta completou a prova em um tempo de 1 hora 45 minutos e 37 segundos.
c. () O tempo passa, não temos como impedir.
d. (X) O tempo dirá e não há o que você possa fazer para mudar.
e. () Se eu for duas vezes mais rápido, levarei a metade do tempo para chegar em casa.
f. () Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo.
g. (X) Não temos todo o tempo do mundo, o amanhã pode nem chegar!
h. () O tempo passa mais devagar nos relógios em movimento.
i. (X) O tempo se revela como um filme, quadro a quadro.

1.2 Explique, para cada uma das frases que assinalou, qual é o significado da palavra tempo que você tem em mente.
O tempo é relativo a percepções de cada pessoa.

1.3 Escreva com suas próprias palavras: o que é tempo para você?
O tempo é o modo como percebemos as mudanças que existem no espaço.

Aluno 03:

- a. () O tempo não passa na aula do professor Chatonildo!
- b. (X) O atleta completou a prova em um tempo de 1 hora 45 minutos e 37 segundos.
- c. () O tempo passa, não temos como impedir.
- d. () O tempo dirá e não há o que você possa fazer para mudar.
- e. () Se eu for duas vezes mais rápido, levarei a metade do tempo para chegar em casa.
- f. () Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo.
- g. () Não temos todo o tempo do mundo, o amanhã pode nem chegar!
- h. () O tempo passa mais devagar nos relógios em movimento.
- i. () O tempo se revela como um filme, quadro a quadro.

1.2 Explique, para cada uma das frases que assinalou, qual é o significado da palavra tempo que você tem em mente.

Tempo: minutos, hora

1.3 Escreva com suas próprias palavras: o que é tempo para você?

Segundos, minutos

Aluno 04:

- a. () O tempo não passa na aula do professor Chatonildo!
- b. (X) O atleta completou a prova em um tempo de 1 hora 45 minutos e 37 segundos.
- c. (X) O tempo passa, não temos como impedir.
- d. () O tempo dirá e não há o que você possa fazer para mudar.
- e. (X) Se eu for duas vezes mais rápido, levarei a metade do tempo para chegar em casa.
- f. (X) Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo.
- g. (X) Não temos todo o tempo do mundo, o amanhã pode nem chegar!
- h. () O tempo passa mais devagar nos relógios em movimento.
- i. () O tempo se revela como um filme, quadro a quadro.

1.2 Explique, para cada uma das frases que assinalou, qual é o significado da palavra tempo que você tem em mente.

Tempo são acontecimentos do dia-a-dia.

1.3 Escreva com suas próprias palavras: o que é tempo para você?

São momentos em relação ao presente, passado e futuro.

Aluno 05:

1.1 Longe de buscarmos uma definição precisa sobre o conceito de tempo, e apesar de utilizarmos a palavra tempo em nosso dia-a-dia, pedimos que você leia atentamente as frases que seguem e marque com um X a(s) que mais se aproxima(m) da idéia de tempo que você tem.

- a. () O tempo não passa na aula do professor Chatonildo!
- b. O atleta completou a prova em um tempo de 1 hora 45 minutos e 37 segundos.
- c. () O tempo passa, não temos como impedir.
- d. () O tempo dirá e não há o que você possa fazer para mudar.
- e. Se eu for duas vezes mais rápido, levarei a metade do tempo para chegar em casa.
- f. () Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo.
- g. () Não temos todo o tempo do mundo, o amanhã pode nem chegar!
- h. O tempo passa mais devagar nos relógios em movimento.
- i. () O tempo se revela como um filme, quadro a quadro.

1.2 Explique, para cada uma das frases que assinau, qual é o significado da palavra tempo que você tem em mente. *Eu entendi que dependendo da velocidade que estiver o relógio a hora passaria mais devagar do que estiver parado ou em velocidade menor.*

1.3 Escreva com suas próprias palavras: o que é tempo para você? *Tempo para mim é tudo que se passa relativo, porq
mas é o mesmo para todos.*

Aluno 06:

- a. () O tempo não passa na aula do professor Chatonildo!
- b. () O atleta completou a prova em um tempo de 1 hora 45 minutos e 37 segundos.
- c. O tempo passa, não temos como impedir.
- d. () O tempo dirá e não há o que você possa fazer para mudar.
- e. Se eu for duas vezes mais rápido, levarei a metade do tempo para chegar em casa.
- f. Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo.
- g. () Não temos todo o tempo do mundo, o amanhã pode nem chegar!
- h. () O tempo passa mais devagar nos relógios em movimento.
- i. () O tempo se revela como um filme, quadro a quadro.

1.2 Explique, para cada uma das frases que assinalou, qual é o significado da palavra tempo que você tem em mente. *c = não temos como parar o tempo, o tempo não para.*

1.3 Escreva com suas próprias palavras: o que é tempo para você? *o tempo pro mim é como coisas que não para, apenas de ser relativo, o tempo não para.*

A segunda questão também aborda o tempo, com o objetivo de reconhecer a luz como uma constante fundamental da natureza e também reconhecer a relatividade de medidas de espaço e tempo devido à invariância da mesma. Dos seis alunos analisados, quatro responderam de maneira correta a primeira pergunta, conseguindo identificar que o tempo

passará de maneira diferente para corpos que se encontram em movimento, ou seja, 83% dos alunos estão enquadrados na categoria CS. A resposta do aluno de número dois retrata o entendimento com palavras adequadas: “Não. Porque o tempo é relativo, ou seja, depende de quem observa. Por isso o tempo passa mais lentamente para os corpos em velocidades maiores”. Não houve aluno classificado como CI e um aluno (17%) classificado como CA.

Quanto à segunda pergunta da segunda questão, que objetiva reconhecer a luz como uma constante fundamental da natureza e relatividade de medidas de espaço e tempo devido à invariância da mesma, analisamos da seguinte forma: três alunos (50%) responderam de forma correta, conseguindo identificar a velocidade da luz como uma constante e finita, sendo classificados como CS. Uma das respostas foi a seguinte: “Não. Pois as imagens são transmitidas através de satélites, e estas demoram em chegar do satélite até a TV”. Dois alunos (33%) foram classificados como CI, pois embora tenham mencionado a distância ou a própria velocidade da luz, as respostas foram duvidosas quanto ao entendimento. Um aluno (17%) foi classificado como CA.

Aluno 01:

QUESTÃO 2

O tempo é medido pelo relógio através de processos físicos que envolvem a repetição. A própria sucessão de dias e noites já nos dá uma forma de medirmos o tempo. A precisão na medida do tempo foi aumentando de acordo com as necessidades sociais. Os egípcios criaram os primeiros calendários para prever a duração das estações e, conseqüentemente, as cheias do Rio Nilo, que afetavam diretamente sua agricultura. Os relógios foram sendo aprimorados: de relógios solares, ampulhetas e relógios de água, passando por relógios que envolvem processos mecânicos, como os de pêndulo, até os atuais e superprecisos relógios atômicos.

2.1 Dois relógios idênticos são utilizados para medir o tempo gasto por Rubens Barrichello para completar uma volta do Grande Prêmio do Brasil em Interlagos. Um dos relógios está com uma pessoa que está parada na linha de chegada e o outro está no interior do carro de Rubinho. Você acha que estes dois relógios marcarão o mesmo tempo para a volta? Justifique.

Não. Porque o tempo é relativo, um dos relógios está com a hora diferente!

2.2 Imagine que você esteja assistindo, em sua casa, à final do campeonato estadual de futebol. Um jogador de seu time cobra uma falta com extrema precisão e coloca a bola “no ângulo”, fazendo um golazo. Podemos dizer que você começa a comemorar o gol no mesmo instante que a torcida que está presente no estádio? Justifique.

Sim, porque o tempo lá é diferente do nosso. Pois precisamos esperar a velocidade da luz chegar para transmitir para nós.

Aluno 02:

Não, Porque o tempo é relativo, ou seja, depende de quem observa. Por isso o tempo passa mais lentamente para os corpos em velocidades maiores.

2.2 Imagine que você esteja assistindo, em sua casa, à final do campeonato estadual de futebol. Um jogador de seu time cobra uma falta com extrema precisão e coloca a bola "no ângulo", fazendo um golazo. Podemos dizer que você começa a comemorar o gol no mesmo instante que a torcida que está presente no estádio? Justifique.

Não. Pois as imagens das televisões são transmitidas através de satélites e estas imagens demoram para chegar do satélite para a TV.

Aluno 03:

É que o tempo para quem anda em movimento é quanto mais rápido o movimento menor o tempo passado.

2.2 Imagine que você esteja assistindo, em sua casa, à final do campeonato estadual de futebol. Um jogador de seu time cobra uma falta com extrema precisão e coloca a bola "no ângulo", fazendo um golazo. Podemos dizer que você começa a comemorar o gol no mesmo instante que a torcida que está presente no estádio? Justifique.

Não. Porque a distância do torcida que está presente no local do jogo é muito distante do pessoal que está em casa.

Aluno 04:

Não, porque acredito que o horário Brasileiro não seja o mesmo de Interlagos.

2.2 Imagine que você esteja assistindo, em sua casa, à final do campeonato estadual de futebol. Um jogador de seu time cobra uma falta com extrema precisão e coloca a bola "no ângulo", fazendo um golazo. Podemos dizer que você começa a comemorar o gol no mesmo instante que a torcida que está presente no estádio? Justifique.

Aluno 05:

Não. Por que para mudar o tempo de um para o outro a pessoa tem que estar em uma velocidade bem aproximada a velocidade da luz.

2.2 Imagine que você esteja assistindo, em sua casa, à final do campeonato estadual de futebol. Um jogador de seu time cobra uma falta com extrema precisão e coloca a bola “no ângulo”, fazendo um golaço. Podemos dizer que você começa a comemorar o gol no mesmo instante que a torcida que está presente no estádio? Justifique.

Não. Por que os sinais de propagação na hora do gol eu que estou em casa vou demorar mais por que as imagens passam para o satélite e depois chega em nossas televisões, mesmo da distância em uma velocidade muito grande.

Aluno 06:

Não, Porque os sinais estão em velocidades maiores

2.2 Imagine que você esteja assistindo, em sua casa, à final do campeonato estadual de futebol. Um jogador de seu time cobra uma falta com extrema precisão e coloca a bola “no ângulo”, fazendo um golaço. Podemos dizer que você começa a comemorar o gol no mesmo instante que a torcida que está presente no estádio? Justifique.

Não, Por causa da relatividade, porque, no momento que o transmissor chega no tel, o gol foi coberto, Por causa da delay

A terceira questão busca reconhecer a relatividade da medida de tempo devido à invariância da velocidade da luz. Das respostas analisadas, quatro alunos (66%) responderam de forma correta a explicação para o fato relatado, sendo classificados como CS. Uma das respostas foi a seguinte: “Um dos observadores estava parado e o tempo passou mais rápido que o outro que estava andando e o tempo ficou mais lento”. Dois alunos (33%) não deram respostas coerentes com o tema abordado, portanto sendo classificadas como CA. Não houve classificação CI.

Aluno 01:

QUESTÃO 3

3. Utilizando relógios atômicos idênticos e inicialmente sincronizados, dois observadores medem a duração de um mesmo evento e encontram 5 minutos e 7 minutos respectivamente.

3.1 Dê uma possível explicação para este fato.

Porque um dos relógios estava em repouso e o outro em movimento.

3.2 Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? Se sim, quais foram as principais mudanças e como as atividades contribuíram para que elas ocorressem? Se não, o que você sugere que pode ser melhorado?

Sim, eu acho que o tempo era absoluto.

Aluno 02:

3.1 Dê uma possível explicação para este fato.

Provavelmente o relógio que marcou 5 minutos estava mais rápido que o de 7.

3.2 Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? Se sim, quais foram as principais mudanças e como as atividades contribuíram para que elas ocorressem? Se não, o que você sugere que pode ser melhorado?

Sim. As atividades me ajudaram a pensar de maneira mais clara a respeito da teoria da relatividade.

Aluno 03:

3.1 Dê uma possível explicação para este fato.

Um dos observadores está parado e o tempo passa mais rápido e o outro está andando e o tempo ficou mais lento.

3.2 Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? Se sim, quais foram as principais mudanças e como as atividades contribuíram para que elas ocorressem? Se não, o que você sugere que pode ser melhorado?

Sim. Porque pensava antes que o tempo não variava.

Aluno 04:

3.1 Dê uma possível explicação para este fato.

3.2 Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? Se sim, quais foram às principais mudanças e como as atividades contribuíram para que elas ocorressem? Se não, o que você sugere que pode ser melhorado?

Não, a minha ideia de tempo está de acordo com a atividade.

Aluno 05:

3.1 Dê uma possível explicação para este fato.

Por que um relógio estava em repouso e o outro estava em movimento.

3.2 Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? Se sim, quais foram às principais mudanças e como as atividades contribuíram para que elas ocorressem? Se não, o que você sugere que pode ser melhorado?

Sim. Por que eu achava que o tempo era o mesmo para todos os pessoas mas descobri que ele é relativo.

Aluno 06:

3.1 Dê uma possível explicação para este fato.

Por que um relógio estava em repouso e o outro estava em movimento.

3.2 Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? Se sim, quais foram às principais mudanças e como as atividades contribuíram para que elas ocorressem? Se não, o que você sugere que pode ser melhorado?

Sim, Por que eu achava que o tempo era igual para todos.

Na quarta questão, cujo objetivo é reconhecer a velocidade da luz como uma constante fundamental da natureza e também conhecer fenômenos da natureza comprovadores da relatividade de espaço e tempo, três alunos, ou seja, 50%, responderam de maneira correta a

pergunta, identificando com clareza a constância da velocidade da luz, sendo classificados como CS. Ao serem questionados ao olhar para uma estrela no céu, o que observamos é o passado, presente ou futuro? Obtivemos algumas das seguintes respostas: “*Passado, porque a velocidade da luz é finita, ou seja, demora um tempo para chegar ao observador*”. Outra resposta representa claramente o objetivo alcançado: “*Passado. Porque a luz demora a chegar, a velocidade da luz não é infinita, ela é finita, ela tem uma certa velocidade*”. Dois alunos, 33% não responderam de maneira correta, sendo classificados como CA e um aluno classificado como CI, ou seja, 17%.

Aluno 01:

QUESTÃO 4

Isaac Newton, um dos maiores físicos de todos os tempos, escreveu:

“O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si só e por sua própria natureza, flui uniformemente, sem relação com nenhuma coisa externa, e é também chamado de duração”.

4.1 Qual a sua opinião sobre esta idéia de tempo? Explique.

Isaac Newton está totalmente errado, pois o tempo é totalmente relativo.

4.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:

Passado () Presente () Futuro

Por quê?

porque ela não chega instantaneamente, pois ela demora alguns tempo para chegar para nos, pois a luz é finita.

4.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

Não, porque podemos estar em lugares diferentes e o tempo pode estar diferente também.

Aluno 02:

4.1 Qual a sua opinião sobre esta idéia de tempo? Explique.

De acordo com a ideia de tempo é relativo e flui de acordo com a percepção do local de onde o observador observa.

4.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:

Passado () Presente () Futuro

Por quê?

Porque a velocidade da luz é finita, ou seja, demora um tempo para chegar ao observador.

4.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

Não pois dependendo da distância que o observador está da estrela pode demorar menos para a luz chegar.

Aluno 03:

4.1 Qual a sua opinião sobre esta ideia de tempo? Explique.

não. Porque o tempo é relativo e varia dependendo do observador

4.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:

() Passado () Presente () Futuro

Por quê? Presente. Porque eu estou ali onde isso está nesse momento

4.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

não. Porque depende de onde o observador está: se for mais perto ou mais longe

Aluno 04:

4.1 Qual a sua opinião sobre esta idéia de tempo? Explique.
Concordo.

4.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:
 Passado Presente Futuro

Por quê?
Não, não podemos ver aquilo que está acontecendo no exato momento.

4.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.
Não. Porque há uma diferença de horário do Brasil para outros países.

Aluno 05:

4.1 Qual a sua opinião sobre esta idéia de tempo? Explique.
A minha ideia é que isso está errado que o tempo não é uniforme ele é relativo.

4.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:
 Passado Presente Futuro

Por quê?
Por que a luz demora a chegar a velocidade da luz não é infinita ela é finita ela tem uma certa velocidade.

4.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.
Não. Por que eles estão em lugares diferentes e a luz demora para chegar num lugar e no outro chegar um pouquinho mais rápido.

Aluno 06:

4.1 Qual a sua opinião sobre esta idéia de tempo? Explique.
fazio sentido, mas Einstein dermentiu isso com a teoria da relatividade

4.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:
 Passado () Presente () Futuro

Por quê? Ser que a grande maioria das estrelas estão mortas

4.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta. não, por causa da velocidade da luz, mas isso não diminui o mesmo tempo

A quinta questão tem o objetivo de reconhecer a relatividade da medida de tempo devido à invariância da velocidade da luz. Para esta questão foi utilizado o “paradoxo dos gêmeos”. Cinco alunos, 83%, conseguiram justificar corretamente o fato de um irmão estar mais novo do que o outro, embora sendo gêmeos. Classificamos então esses alunos como CS. Descrevemos uma das respostas dadas: “É que o Brad viaja em altíssimas velocidades e com isso o tempo passa mais lento para ele”. Não houve classificação como CI e apenas um aluno, 17% foi classificado como CA.

Aluno 01:

QUESTÃO 5

Os dois irmãos da foto abaixo, Brad à esquerda, e Pitt, à direita, são entrevistados por um repórter: - Vocês são irmãos gêmeos? Eles prontamente respondem: - Sim! O repórter, com certa desconfiança, indaga: - Mas, sinceramente, não parece. Diga pra nós Brad, qual é o seu segredo? E ele responde:

Exercícios diários, alimentação saudável e viagens em altíssima velocidade!



Comente a justificativa de Brad.

Pois o tempo foi diferente para Brad, o tempo para Brad passou lentamente, para Pitt o tempo foi passado rápido.

Aluno 02:

Comente a justificativa de Brad.

De acordo com a teoria das gêmeas, o tempo passou mais lentamente para Brad pois ele viajou em velocidades mais altas.

Aluno 03:

Comente a justificativa de Brad.

É que o Brad viaja em altíssimas velocidades e com isso o tempo para ele

Aluno 04:

Comente a justificativa de Brad.

Para quem viaja o tempo passa mais devagar.

Aluno 05:

Comente a justificativa de Brad.

O viajante é que ele viaja bastante em alta velocidade e o irmão dele já quase não faz nada, aí Brad que está o tempo passa mais devagar para ele.

Aluno 06:

Comente a justificativa de Brad.

Por que quem viaja em velocidades do luz, o tempo passa mais devagar, em relação a quem está na Terra.

A sexta questão é aberta e faz uma reflexão sobre as discussões sobre tempo, portanto não farei a classificação em conceitos conforme as questões analisadas anteriormente. Destaco algumas respostas com a finalidade de enriquecer a análise. Ao perguntar se o tempo passa da mesma forma para todos, segue algumas respostas: “Não, porque é relativo”; “Não, para aqueles que viajam o tempo passa devagar, diferente daqueles que ficam na Terra”. Ao pedir a opinião se as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a ideia de tempo que eles tinham anteriormente, 83% dos alunos disseram que sim.

Aluno 01:

QUESTÃO 6

Durante o projeto, dedicamos bastante tempo para discutir sobre o que é tempo. Refletindo sobre estas discussões, responda, justificando cada item:

6.1 Se todos os relógios do mundo quebrassem e não houvesse dias e noites, ainda haveria tempo?
Sim

6.2 O tempo passa da mesma forma para todos?
não

6.3. Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente?
Sim

Aluno 02:

6.1 Se todos os relógios do mundo quebrassem e não houvesse dias e noites, ainda haveria tempo? *Sim,*

6.2 O tempo passa da mesma forma para todos?
não,

6.3. Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente?
Sim

Aluno 03:

6.1 Se todos os relógios do mundo quebrassem e não houvesse dias e noites, ainda haveria tempo? *Sim*

6.2 O tempo passa da mesma forma para todos?
não

6.3. Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? *Sim*

Aluno 04:

6.1 Se todos os relógios do mundo quebrassem e não houvesse dias e noites, ainda haveria tempo? *Sim, pois tempo também são acontecimentos.*

6.2 O tempo passa da mesma forma para todos? *não, para aqueles que viajam o tempo passa de forma diferente daqueles que ficam na terra.*

Aluno 05:

6.1 Se todos os relógios do mundo quebrassem e não houvesse dias e noites, ainda haveria tempo? *Sim.*

6.2 O tempo passa da mesma forma para todos? *não.*

6.3. Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? *Sim.*

Aluno 06:

6.1 Se todos os relógios do mundo quebrassem e não houvesse dias e noites, ainda haveria tempo? *Sim, pois o tempo é a percepção de espaço.*

6.2 O tempo passa da mesma forma para todos? *não, pois é relativo.*

6.3. Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a idéia de tempo que você tinha anteriormente? *Sim, pois eu tenho uma ideia diferente do tempo.*

A sétima e última questão tem o objetivo de reconhecer a equivalência entre massa e energia. Foi perguntado aos alunos se eles conheciam o significado da equação $E = mc^2$ e em caso positivo que explicassem. Todos os seis alunos, 100% disseram que sim e explicaram corretamente o seu significado, ou seja, todos classificados como CS. Segue a resposta de um

aluno que sintetiza todas as outras respostas: “Sim. Esta equação significa que é possível transformar massa em energia e vice-versa”.

Aluno 01:

QUESTÃO 7

Você conhece o significado desta equação $E = mc^2$? Em caso positivo, explique.

Energia transformar massa e massa transformar energia

Aluno 02:

Sim. Esta equação significa que é possível transformar massa em energia e vice-versa.

Aluno 03:

Professor me ajude. Energia pode ser transformado em massa ou vice versa

Aluno 04:

Sim. É uma equação para transformar massa de um objeto em energia e vice-versa.

Aluno 05:

Sim. Energia pode se transformar em massa e massa pode se transformar em energia.

Aluno 06:

Sim, há a energia que se transforma em massa

Na seção seguinte, analisaremos os resultados obtidos.

5.4.1 Interpretação dos resultados

Nesta seção, são interpretados os resultados obtidos na análise dos dados do teste final, contrapondo, se necessário, com os resultados obtidos no pré-teste. Assim, para facilitar a discussão, é apresentado, na Tabela 6, um resumo da classificação das respostas às questões da avaliação final.

Tabela 6 – Resumo da avaliação final

	Questão 1	Questão 2 A	Questão 2 B	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7
CS	-	83%	50%	67%	50%	83%	-	100%
CA	-	17%	17%	33%	33%	17%	-	0%
CI	-	0%	33%	0%	17%	0%	-	0%

CS: Conceito Satisfatório
CA: Conceito Ausente
CI: Conceito Insuficiente

Fonte: Dados retirados da análise da avaliação final.

Com base na entrevista aos alunos referente ao filme Interestelar, fica evidenciado que as seguintes competências foram alcançadas com 60% dos alunos sendo classificados com CS (conceito satisfatório), reconhecendo a velocidade da luz como uma constante fundamental da natureza e conseqüentemente fenômenos comprovadores da relatividade de espaço e tempo; 20% dos alunos apresentaram CI (conceito insuficiente), ou seja, apresentam parcialmente essas duas habilidades e outros 20% apresentaram CA (conceito ausente) em relação às habilidades propostas.

Analisando as respostas do pós-teste e as habilidades propostas, obtivemos os seguintes resultados:

- Reconhecer a equivalência entre massa e energia, descrevendo processos de conversão de massa em energia;
- Relacionar energia e massa reconhecendo a equação $E = mc^2$.

A sétima questão tinha o objetivo de reconhecer essas habilidades. Foi perguntado aos alunos de eles conheciam o significado da equação $E = mc^2$ e em caso positivo que explicassem.

Todos os seis alunos, 100% disseram que sim e explicaram corretamente o seu significado, ou seja, todos classificados como CS.

- Reconhecer a velocidade da luz como uma constante fundamental da natureza.

As questões 2, 3, 4 e 5 visavam verificar essas habilidades e os resultados evidenciam que os objetivos foram alcançados, com CS variando de 50% dos alunos nas questões 2B e 4 até 83% de CS nas questões 2A e 5. Com relação à questão 3, o CS ficou em 50%. Os CA variaram de 17% a 33% dos alunos, com maiores percentuais nas questões 3 e 4. Os CI variaram de 0% a 33%, com maiores percentuais nas questões 2B e 4 e 0% nas demais questões, ou seja, 2A, 3 e 5.

- Reconhecer a relatividade de medidas de espaço e tempo devido à invariância da velocidade da luz.

Essas habilidades foram verificadas nas questões 2 e 5, e os resultados refletem que as atividades propostas obtiveram resultados, destacando o percentual de CS de 83% dos alunos nas questões 2A e 5. A questão 2B teve uma classificação de CS para 50% dos alunos. Os CA ficaram em 17% nas três questões e os CI ficaram em 33% na questão 2B e 0% nas demais questões, ou seja, 2A e 5.

- Reconhecer fenômenos da natureza comprovadores da relatividade de espaço e tempo.

Essa habilidade é verificada na questão de número três, onde obtivemos um percentual de 67% para CS, 33% para CA e 0% para CI.

Analisando os resultados da Tabela 6, observa-se claramente que em todas as questões propostas a maioria dos alunos apresenta resultados com Conceito Satisfatório. Apenas nas questões dois B e quatro é que aparece uma maior divisão entre os Conceitos Ausentes e/ou Conceitos Insuficientes que somados representam 50%. As questões dois A e cinco apresentam 83% de conceitos satisfatórios e a questão sete com um resultado satisfatório de 100%.

Fazendo uma comparação com o pré-teste, onde foi feito uma análise sobre subsunçores presentes, ausentes ou mal definidos, ficou constatado que a grande maioria não apresentava subsunçores presentes. Apenas na questão cinco do pré-teste essa realidade não se confirmava, conforme conclusão apresentada na seção correspondente. O pós-teste mostra uma evolução significativa com relação às estratégias utilizadas para abordar o tema Relatividade.

De uma maneira geral, conclui-se que, durante a aplicação da sequência de atividades, foram observados interesse dos alunos, com conseqüente envolvimento nas atividades propostas. Esse interesse e envolvimento foram conseqüências do modelo de aprendizagem propostos neste trabalho, onde a arte foi o elemento facilitador da aprendizagem da Relatividade. O uso do esquete teatral como uma das estratégias merece um destaque, embora não tenha sido feito uma avaliação individual da mesma, vale destacar o empenho dos alunos protagonistas e o aprendizado que eles obtiveram relacionados à relatividade. Durante as aulas eles demonstraram dominar o conteúdo com muito mais facilidade do que se comparado com o desempenho em bimestres anteriores. Quanto aos demais alunos, o resultado do pós-teste também evidencia uma grande evolução.

É importante destacar que durante a realização das atividades da sequência didática fundamentada na Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS), em que recursos didáticos foram utilizados, houve considerável interesse e curiosidade por parte dos alunos nos conceitos da Teoria da Relatividade e suas conseqüências para o entendimento de fenômenos físicos. Já nas aulas realizadas em paralelo, em que os conteúdos do livro didático foram apresentados, o interesse dos alunos foi visivelmente menor.

Complementando com as observações das atividades em sala de aula, em particular o uso do filme Interestelar e do esquete teatral pode-se avaliar que as estratégias contribuíram de forma positiva para o interesse e aprendizado dos estudantes.

Capítulo 6

Considerações finais

A utilização de estratégias de ensino diversificadas, como no nosso caso o uso do filme de ficção científica *Interestelar* e a montagem do esquete teatral: *Diálogo entre Galileu e Einstein*, trouxe à discussão alguns aspectos do processo de ensino aprendizagem. Esse trabalho buscou evidenciar a adequação do uso das estratégias apontadas para o ensino da Teoria da Relatividade, como proposta por Einstein.

A sequência didática organizada foi pautada pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980), acrescida das contribuições de Moreira (1999). Durante o desenvolvimento da sequência didática, composta por cinco etapas: pré e pós-testes, organizadores prévios, a arte como elemento facilitador e por organizadores explicativos (CARDOSO, 2012), buscou-se explorar os conhecimentos prévios dos alunos e gradativamente apresentar novos conceitos, possibilitando a reorganização do conhecimento na estrutura cognitiva dos alunos.

O pré-teste composto por questões objetivas e discursivas, adaptado de Karan (2005), permitiu identificar alguns conhecimentos prévios dos alunos e fazer as adequações nas estratégias propostas.

Outro objetivo das questões do pré-teste (questões 07 e 08) foi a identificação de características de uma aprendizagem mecânica ou significativa (AUSUBEL, 1980) por parte dos alunos. Verificou-se que 50% da amostra tem característica para aprendizagem mecânica e 50% para a outra característica, ou seja, significativa.

Os organizadores prévios, carta de Einstein ao presidente dos Estados Unidos e uma apresentação no formato PowerPoint, elaborados de maneira a fazer uma abordagem do contexto histórico de Einstein, serviram de ponte entre o que os alunos já sabiam e o que eles deveriam saber. Esses organizadores foram úteis, pois facilitaram a aprendizagem na medida em que funcionaram como “pontes cognitivas”. De acordo com Machado (2011), a opção em adotar episódios da história da ciência permitem que os alunos percebam as controvérsias, as dúvidas e os debates durante o processo de elaboração de teorias e leis. Podemos citar como controvérsias, a ideia que Einstein participou do projeto de construção da bomba atômica pelos Estados Unidos.

A escolha da arte como elemento facilitador da aprendizagem da relatividade foi composta por dois momentos: Exibição do Filme *Interestelar* de Christopher Nolan e encenação de um diálogo hipotético entre Einstein e Galileu. A entrevista sobre o filme com

uma amostra de cinco alunos da turma nos permitiu analisar o que os alunos conseguiram entender sobre elementos da teoria da Relatividade presentes no filme de ficção científica *Interestelar*. Dessa amostra, 60% dos alunos foram classificados com CS (conceito satisfatório), reconhecendo a velocidade da luz como uma constante fundamental da natureza e conseqüentemente fenômenos comprovadores da relatividade de espaço e tempo. Segundo Duarte (2002), os filmes constituem uma fonte riquíssima de conhecimento. Filmes de ação e ficção científica estão repletos de aspectos físicos a serem explorados. Aliás, não precisamos ficar apenas nestes dois gêneros filmicos, pois a Física encontra-se presente nos mais simples atos do dia-a-dia.

Os resultados do esquete teatral não foram avaliados isoladamente, porém, através da observação do professor/pesquisador, destacamos o empenho dos alunos protagonistas e o aprendizado que eles obtiveram relacionados à relatividade, demonstrando domínio do conteúdo com segurança, contrastando com os seus desempenhos em aula de Física em bimestres anteriores. Quanto aos demais alunos, os resultados do pós-teste, se comparados ao pré-teste, também evidenciaram uma grande evolução. Outros estudos relacionando Física e Arte apontaram resultados positivos. Duas dessas publicações são *Ciência e arte: relações improváveis?* De Guerra (2006) e *Física e arte: uma proposta para compreensão cultural da ciência* (2009).

Os mapas conceituais utilizados na quarta etapa, Organizador Explicativo, visavam enfatizar as relações hierárquicas entre os conceitos ensinados nas aulas (MOREIRA & MASINI, 2001), que neste trabalho versaram sobre a Teoria da Relatividade. Os mapas destacaram os conceitos de relatividade dos movimentos sob o olhar da Mecânica Clássica e da Teoria de Einstein.

Os conteúdos da Teoria da Relatividade foram abordados de diferentes formas, utilizando-se estratégias diversificadas. Os conteúdos e exercícios do livro didático adotado na escola e utilizado em sala de aula, também contribuíram para a organização dos novos conceitos na estrutura cognitiva dos alunos, favorecendo a aprendizagem efetiva dos estudantes.

O pós-teste composto por questões objetivas e discursivas, adaptado de Karan (2005), visava identificar se houve aprendizagem ou relações entre os conceitos prévios e os novos conceitos. Comparando o pré-teste com o pós-teste, evidencia-se a evolução do grupo em relação à presença de subsunçores satisfatórios no pós-teste. Em todas as questões propostas no teste final, no mínimo 50% dos alunos obtiveram conceitos suficientes.

Após todas essas colocações, voltamos a seguinte questão: Em que medida, a adoção de estratégias que utilizam formas de arte em sala de aula para o ensino de Física poderia favorecer a Aprendizagem Significativa de conceitos básicos da Teoria da Relatividade?

Pelo curto espaço de tempo, é muito difícil julgar se este trabalho realmente trouxe uma aprendizagem significativa. Entretanto, a partir dos resultados do pré-teste e pós-teste, das observações e das atividades em sala de aula, há indícios de que houve uma evolução qualitativa nos conhecimentos dos alunos sobre o tema estudado e das habilidades propostas no Currículo Mínimo. Pode-se concluir que a utilização das estratégias facilitadoras da aprendizagem, filme e esquete teatral, contribuiu para alcançar um resultado satisfatório.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, H. R.; GUERRA, A. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, p. 378-406, 2015.

AUSUBEL, D.P. **Education Psychology: a cognitive view**. (1ª Ed) Nova York, Holt. Rinehart and Winton, 1968.

AUSUBEL, D.P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002b.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002a.

BRASIL. **PCN+: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2002.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: Uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 891-934, 2012.

COSTA, L. P. **Episódios históricos em aulas de química: a conservação dos alimentos**, Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) UENF, 2014.

GASPAR, A. **Física Volume Único**. São Paulo: Editora Ática, 2007.

JOAQUIM, W. M. **Ensinando a Teoria da Relatividade por meio de um sistema hiperfóton**, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) PUC MG, 2013.

KANTOR, C. A. et al. **Coleção Quanta Física**. São Paulo: Editora PD, 2010.

KARAN, R. A. S. **Relatividade Restrita no início do Ensino Médio: Elaboração e análise de uma proposta**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) UFSC. 2005.

- MACHADO, C. B. H. **Uso de episódios da história da ciência em aulas de física no PROEJA**. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) UENF. 2011.
- MARTINS, R. A. **A Origem histórica da relatividade especial**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.
- MATTHEWS, M. R. História e Filosofia da Ciência: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164 - 214, dez. 1995
- MEDINA, M.; BRAGA, M. O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, p. 313-333, 2010.
- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Editora do autor. 2006.
- MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**. Porto Alegre. 2009.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 1999.
- PIETROCOLA, M. A História e a epistemologia no ensino de ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica. In: Andrade, A. M. R. (Org.) **Ciência em Perspectiva**. Estudos, Ensaios e Debates. Rio de Janeiro: MAST/SBHC, p. 133-149, 2003.
- QUINTAL, J.R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo ensino aprendizagem, **Revista Física na Escola**, v. 10, n. 1, 2009.
- REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. **Einstein e o universo relativístico**. São Paulo: Editora Atual. 2000.
- REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. **Ciência e arte: relações improváveis?** História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 13, (suplemento), p. 71-87, Outubro 2006.
- RIO DE JANEIRO. **Currículo Mínimo de Física do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br>>. Acesso em 04 julho de 2015.
- RIO DE JANEIRO. **Matriz de Referência do SAERJINHO**. Disponível em: <<http://www.saerj.caedufjf.net>>. Acesso em julho de 2015.
- SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S.. **Física Sampaio & Calçada**. São Paulo: Editora Atual, 2005.

SÃO PAULO. **A Teoria da Relatividade Especial**. Disponível em: http://efisica.if.usp.br/moderna/relatividade/dilatacao_tempo/. Acesso em: 03 de novembro de 2016.

TERRAZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez.1992.

XAVIER, C.H.; PASSOS, C.M.; FREIRE, P.T.; COELHO, A. O uso do cinema para o ensino de Física no Ensino Médio, **Revista Física na Escola**, v. 5, n. 2, p. 93-106, 2010.

Apêndice A

PRÉ-TESTE

QUESTÃO 1

Santo Agostinho, famoso teólogo que viveu no século V, disse certa vez: “Sei muito bem o que é o tempo - até que alguém me pergunte”.

1.1 Longe de buscarmos uma definição precisa sobre o conceito de tempo, e apesar de utilizarmos a palavra tempo em nosso dia-a-dia, pedimos que você leia atentamente as frases que seguem e marque com um X a(s) que mais se aproxima(m) da ideia de tempo que você tem.

- () “Nossa, que aula chata! Parece que o tempo não passa”.
- () “Sabe quanto tempo eu levei para voltar da praia no domingo? Duas horas!”
- () “Desculpe-me, mas hoje estou sem tempo”.
- () “O tempo passa, não temos como impedir”.
- () “Qual é a previsão do tempo para o final de semana?”
- () “O fim dos tempos está próximo”.
- () “É tempo de paz entre os povos”.
- () “Tempo é dinheiro”.
- () “Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo”.

1.2 Explique por que você escolheu esta(s) frase(s).

QUESTÃO 2

Quando você olha para o espelho pela manhã, para fazer a barba ou a maquiagem, sente que o tempo está passando. Você pode pensar um pouco no assunto olhando para sua própria imagem, mas logo outros pensamentos vão distrair sua atenção. O mundo lá fora te chama. O despertador toca. Acabou o tempo, você deve sair logo senão chegará atrasado na escola. Cazuza já dizia que “o tempo não pára”. Quem ainda poderia duvidar disso?

2.1 Sendo assim, se a passagem do tempo é uma característica da percepção humana, pois sentimos que o tempo flui, podemos comparar esse mesmo fluxo ao vô de uma flecha ou ao movimento eterno das águas de um rio. Essa comparação é válida? Podemos afirmar que o tempo flui do passado para o futuro? Qual a sua opinião sobre isto?

2.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:

- () Passado () Presente () Futuro

Por quê?

2.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

QUESTÃO 3

3.1 Numa tempestade ouvimos o som do trovão só algum tempo depois de vermos o relâmpago. Como você pode explicar essa afirmação?

3.2 Em uma festa de comemoração do ano novo, dois amigos, Rafael e Fábio, observam um maravilhoso espetáculo de fogos de artifício. Os dois notam que a luz emitida pela explosão é percebida antes do som produzido pela mesma. Será que a luz é transmitida imediatamente do ponto onde ocorreu a explosão aos nossos olhos? Os dois têm opiniões distintas para esta questão. Observe o diálogo entre os amigos:

Rafael: Qual será o valor da velocidade da luz? Será finita ou infinita? Será que podemos fazer uma experiência para medir a velocidade da luz?

Fábio: Pô Rafa, que história é essa? É fácil perceber que a propagação da luz é instantânea. Quando vemos, à distância, a explosão do foguete, a claridade chega aos nossos olhos imediatamente, o que não ocorre com o som, que chega aos nossos ouvidos um pouco depois.

Rafael: Calma lá Fábio! Isso só prova que o som chega aos nossos ouvidos num tempo maior que aquele gasto pela luz. Porém, não garante que o movimento da luz seja instantâneo. Assim, penso que a luz gasta também um certo tempo para chegar aos nossos olhos, mas é tão pequeno que não conseguimos perceber.

No desenrolar da conversa, os amigos apresentaram opiniões diferentes sobre a velocidade da luz. Qual a sua opinião a esse respeito? Você concorda com algum dos amigos? Justifique.

QUESTÃO 4

Imagine agora a seguinte situação: Rafael está parado em relação ao solo e observa um ônibus que se desloca em movimento retilíneo e uniforme em relação a ele. No interior desse ônibus, sentado em uma poltrona, se encontra Fábio. Suponha que o ônibus seja totalmente transparente, de tal forma que Rafael consiga ver tudo o que acontece em seu interior.

4.1 Os dois amigos observam uma determinada poltrona do ônibus. Para Rafael esta poltrona está em movimento ou em repouso? E para Fábio? Justifique sua resposta.

4.2 Uma lâmpada se desprende do teto do ônibus em direção ao chão. Qual é a forma da trajetória descrita pela lâmpada durante a sua queda vista por Fábio? E por Rafael? Justifique sua resposta fazendo um desenho que representa a trajetória da lâmpada vista por Fábio e por Rafael. Considere desprezível a resistência do ar.

QUESTÃO 5

Recentemente os jornais têm noticiado sobre a Sonda New Horizons. Veja a reportagem extraída do portal G1, dia 16/07/2015.

“Sonda New Horizons, da Nasa, fez mais de 1.200 fotos de Plutão. Primeiras fotos de alta resolução foram divulgadas nesta quarta-feira. Agência diz que equipamento analisa região ao redor de planeta anão.”

Durante várias reportagem foi dito que as fotos levavam cerca de 4h, viajando a velocidade da luz, para chegar a Terra. Como você explica este fato?

QUESTÃO 6

Você conhece esta equação $E = mc^2$, chamada de equação de Einstein? Em caso afirmativo, onde? () sim () não

- () Estampada em camisetas
- () Em cartazes
- () jornais
- () revista
- () TV
- () internet
- () outros

Qual a interpretação que você faz dela?

QUESTÃO 7

A física faz parte das ciências naturais, juntamente com a química e a biologia. Nos estudos anteriores às provas destas disciplinas, qual a forma de estudo que você usa para se sair bem?

QUESTÃO 8

Suponha que você esteja fazendo uma avaliação teórica de física, sozinho(a), isto por que perdeu a última prova. Uma das questões da avaliação você nunca tinha resolvido em sala com seu professor, e você somente pode recorrer aos seus pensamentos. Marque a opção que ilustra a sua provável atitude diante da resposta a essa questão:

- a) Deixaria a questão em branco, por que, tenho dificuldade em física;
- b) Escreveria algumas frases tentando acertar no chute;
- c) Escreveria sobre o primeiro raciocínio que tive, sem pensar muito;
- d) Tentaria escrever uma resposta coerente com algum fenômeno ou situação que já vivenciei;
- e) Buscaria responder usando as questões que já estudei em sala de aula, da mesma forma que o professor passou no quadro.

Caso tenha outra atitude, escreva abaixo.

Apêndice B

PÓS-TESTE

QUESTÃO 1

1.1 Longe de buscarmos uma definição precisa sobre o conceito de tempo, e apesar de utilizarmos a palavra tempo em nosso dia-a-dia, pedimos que você leia atentamente as frases que seguem e marque com um X a(s) que mais se aproxima(m) da ideia de tempo que você tem.

- a. () O tempo não passa na aula do professor Chatonildo!
- b. () O atleta completou a prova em um tempo de 1 hora 45 minutos e 37 segundos.
- c. () O tempo passa, não temos como impedir.
- d. () O tempo dirá e não há o que você possa fazer para mudar.
- e. () Se eu for duas vezes mais rápido, levarei a metade do tempo para chegar em casa.
- f. () Todas as luzes da praça acenderam ao mesmo tempo.
- g. () Não temos todo o tempo do mundo, o amanhã pode nem chegar!
- h. () O tempo passa mais devagar nos relógios em movimento.
- i. () O tempo se revela como um filme, quadro a quadro.

1.2 Explique, para cada uma das frases que assinalou, qual é o significado da palavra tempo que você tem em mente.

1.3 Escreva com suas próprias palavras: o que é tempo para você?

QUESTÃO 2

O tempo é medido pelo relógio através de processos físicos que envolvem a repetição. A própria sucessão de dias e noites já nos dá uma forma de medirmos o tempo. A precisão na medida do tempo foi aumentando de acordo com as necessidades sociais. Os egípcios criaram os primeiros calendários para prever a duração das estações e, conseqüentemente, as cheias do Rio Nilo, que afetavam diretamente sua agricultura. Os relógios foram sendo aprimorados: de relógios solares, ampulhetas e relógios de água, passando por relógios que envolvem processos mecânicos, como os de pêndulo, até os atuais e superprecisos relógios atômicos.

2.1 Dois relógios idênticos são utilizados para medir o tempo gasto por Rubens Barrichello para completar uma volta do Grande Prêmio do Brasil em Interlagos. Um dos relógios está com uma pessoa que está parada na linha de chegada e o outro está no interior do carro de Rubinho. Você acha que estes dois relógios marcarão o mesmo tempo para a volta? Justifique.

2.2 Imagine que você esteja assistindo, em sua casa, à final do campeonato estadual de futebol. Um jogador de seu time cobra uma falta com extrema precisão e coloca a bola “no ângulo”, fazendo um gol. Podemos dizer que você começa a comemorar o gol no mesmo instante que a torcida que está presente no estádio? Justifique.

QUESTÃO 3

3. Utilizando relógios atômicos idênticos e inicialmente sincronizados, dois observadores medem a duração de um mesmo evento e encontram 5 minutos e 7 minutos respectivamente.

3.1 Dê uma possível explicação para este fato.

3.2 Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a ideia de tempo que você tinha anteriormente? Se sim, quais foram as principais mudanças e como as atividades contribuíram para que elas ocorressem? Se não, o que você sugere que pode ser melhorado?

QUESTÃO 4

Isaac Newton, um dos maiores físicos de todos os tempos, escreveu:

“O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si só e por sua própria natureza, flui uniformemente, sem relação com nenhuma coisa externa, e é também chamado de duração”.

4.1 Qual a sua opinião sobre esta ideia de tempo? Explique.

4.2 Quando olhamos para o céu, durante uma noite estrelada, estamos observando o:

() Passado () Presente () Futuro

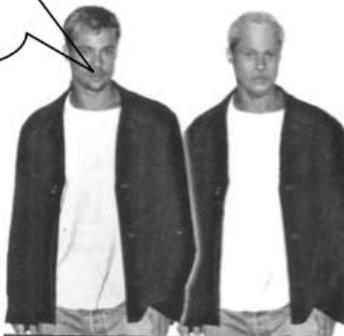
Por quê?

4.3 Observando essa mesma bela noite estrelada, você percebe que duas estrelas se apagam ao mesmo tempo. Podemos afirmar que todos os observadores, em qualquer lugar do universo, verão essas mesmas duas estrelas se apagando ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

QUESTÃO 5

Os dois irmãos da foto abaixo, Brad à esquerda, e Pitt, à direita, são entrevistados por um repórter: - Vocês são irmãos gêmeos? Eles prontamente respondem: - Sim! O repórter, com certa desconfiança, indaga: - Mas, sinceramente, não parece. Diga pra nós Brad, qual é o seu segredo? E ele responde:

Exercícios diários,
alimentação saudável
e viagens em altíssima
velocidade!



Comente a justificativa de Brad.

QUESTÃO 6

Durante o projeto, dedicamos bastante tempo para discutir sobre o que é tempo. Refletindo sobre estas discussões, responda, justificando cada item:

6.1 Se todos os relógios do mundo quebrassem e não houvesse dias e noites, ainda haveria tempo?

6.2 O tempo passa da mesma forma para todos?

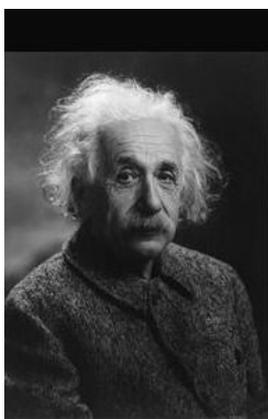
6.3. Em sua opinião, as atividades realizadas contribuíram de alguma forma para mudar a ideia de tempo que você tinha anteriormente?

QUESTÃO 7

Você conhece o significado desta equação $E = mc^2$? Em caso positivo explique.

Apêndice C - A Sequência Didática

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ESTUDO DA



Se a minha teoria da relatividade estiver correta, a Alemanha dirá que sou alemão, e a França, que sou cidadão do mundo. Mas se eu estiver errado, a França sustentará que sou alemão, e a Alemanha garantirá que sou judeu.

(Albert Einstein)

TEORIA DA RELATIVIDADE

CADERNO DO PROFESSOR

José Alexandre Maron Pettersen

APRESENTAÇÃO

Essa Sequência Didática aborda temas relacionados à Teoria da Relatividade de Einstein e foi desenvolvida observando a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980) e as contribuições do Professor Marco Antônio Moreira (1999).

A Sequência Didática aqui apresentada é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF), onde sou aluno no Polo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF)

Foi realizada uma intervenção em sala de aula, onde o principal objetivo foi verificar se uma nova proposta para facilitar a aprendizagem do tema Relatividade teria resultados positivos do ponto de vista qualitativo. A proposta foi de usar as artes (filme e Esquete teatral) como principais estratégias de ensino.

Apresento na sequência um resumo da sequência proposta:

Pré-teste

Esta etapa foi composta por um questionário com questões objetivas e subjetivas visando identificar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno, assim como identificar as características de um comportamento que leva a uma aprendizagem mecânica ou a uma aprendizagem significativa. Foi aplicado a uma amostra de 30% dos alunos da classe.

Organizador Prévio

Após o pré-teste foi apresentado os organizadores prévios com objetivo de realçar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno. Foi realizada a leitura da carta de Einstein ao presidente dos Estados Unidos alertando sobre uma possível construção da bomba nuclear pelos nazistas. Na sequência foi apresentado no formato PowerPoint uma abordagem histórica sobre o contexto no qual Einstein viveu e as influencias da relatividade sobre a arte e a literatura naquele período da história.

A arte como elemento facilitador da aprendizagem

Esta terceira etapa ocorreu após a apresentação das aulas tradicionais a serem ministrada pelo professor seguindo o livro didático, atividades autorreguladas disponíveis no Sistema Conexão da SEEDU-RJ, entre outras.

No caso específico foi escolhida a arte, como elemento facilitador da aprendizagem da relatividade, em especial a restrita. Esta etapa foi composta por dois momentos:

- Exibição do Filme Interestelar de Christopher Nolan; Para a exibição do filme, foi utilizada uma sala de aula do CE Oscar Batista.
- Encenação de um diálogo hipotético entre Einstein e Galileu com uma adaptação extraída do livro Einstein e o universo relativístico, do autor José Cláudio Reis.

Organizador Explicativo

Nesta etapa foi apresentado ao aluno o organizador explicativo usando para tal o mapa conceitual, ou seja, diagramas de conceitos explicitando suas inter-relações e hierarquias contextuais (Moreira, 2006). Foram montados no quadro dois mapas conceituais: um abordando a relatividade na física clássica e outro a relatividade de Einstein.

Pós-teste

Esta etapa constituiu a etapa final do trabalho de intervenção. Foi aplicado um teste aos mesmos alunos do pré-teste, composto também com questões objetivas e subjetivas só que em um novo contexto. O objetivo desta fase foi identificar se houve aprendizagem ou relações entre os conceitos prévios e os novos conceitos.

Ao final do processo, os dados coletados no pré-teste e no pós-teste foram analisados e comparados, observando-se também o Referencial Teórico. Os resultados apresentados mostraram indícios de que houve uma aprendizagem significativa para o uso da sequência didática proposta.

Sugestões e críticas serão muito bem-vindas
José Alexandre Maron Pettersen
jpettersen@prof.educacao.rj.gov.br

SUMÁRIO

Aula 1	94
Aula 2	99
Aula 3	101
Aula 4	112
Aula 5	113
Aula 6	115
Aula 7	119
Referencias Bibliográficas	124

Teoria da Relatividade

Aula 1

Objetivo: realçar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno

ORGANIZADOR PRÉVIO

Carta Einstein ao Presidente dos Estados Unidos

Senhor Presidente:

2 de agosto de 1939.

Alguns trabalhos recentes de E. Fermi e L. Szilard, que me foram entregues em manuscritos, levam-me a crer que, em futuro imediato, o elemento urânio pode vir a ser uma nova e importante fonte de energia. Alguns aspectos da situação que se criou parecem exigir atenção e, se necessário, ação rápida por parte da administração. Por conseguinte, acredito ser meu dever conduzir sua atenção par os seguintes fatos e recomendações: Durante os últimos quatro meses, através dos trabalhos de Joliot na França e Fermi e Szilard na América, tornou-se provável a viabilidade de efetuar uma reação nuclear em cadeia numa grande massa de urânio, em consequência da qual seriam gerados uma vasta quantidade de potência e um grande número de elementos, o radium por exemplo. Parece quase certo que isso será conseguido em futuro bem próximo. Este novo fenômeno levaria também à fabricação de bombas e é concebível - embora menos certo - que possam ser fabricadas bombas extremamente poderosas de um novo tipo. Uma única dessas bombas, levada por um barco e explodida num porto, poderá perfeitamente destruir o porto inteiro e mais algum

território ao redor. Entretanto, tais bombas podem revelar-se demasiadamente pesadas para serem transportadas pelo ar. "Os Estados Unidos possuem jazidas muito pobres em urânio e em quantidades moderadas. Há algumas jazidas boas no Canadá e na Tchecoslováquia e a mais importante fonte de urânio é o Congo Belga". A vista dessa situação, o Senhor pode pensar que é desejável manter algum contato permanente entre a Administração e o grupo de físicos que trabalham em reações em cadeia na América. Talvez uma maneira possível de se conseguir isto seria o Senhor atribuir esta tarefa a uma pessoa de sua confiança e que pudesse trabalhar de maneira não oficial. Essa tarefa poderia compreender o seguinte:

a) acercar-se dos departamentos governamentais, mantê-los informados sobre os desenvolvimentos e estabelecer recomendações para a ação do Governo, dando atenção particular ao problema para assegurar-se do suprimento de minério de urânio para os Estados Unidos;

b) acelerar o trabalho experimental que está sendo realizado no momento dentro dos limites dos recursos de laboratórios de Universidades, fornecer fundos se forem necessários, através de contatos com pessoas desejosas de contribuir para essa causa e, talvez, também obter a cooperação de laboratórios industriais que tenham o equipamento necessário.

Quero crer que a Alemanha tenha realmente cessado a venda de urânio das minas da Tchecoslováquia das quais se apossou. Talvez possa ser compreendido que ela tivesse tomado esta ação prematura, tendo em vista que o filho do subsecretário de Estado alemão, Von Weizsacker, tem ligações com o Instituto Kaiser-Wilhelm em Berlim, onde alguns dos trabalhos americanos sobre urânio estão sendo divulgados.

*Muito sinceramente,
Seu Albert Einstein*

Teoria da Relatividade

Aula 2

Objetivo: realçar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno.

Disponível em:
<https://www.slideshare.net/secret/1Qe5oHKhTvfJli>

ORGANIZADOR PRÉVIO

Contexto histórico

Desafiando, Isaac Newton, defensor de que o tempo era absoluto, Albert Einstein provou para o mundo que o tempo é relativo para cada observador.



Imagem de Albert Einstein enquanto estudava (reprodução da internet)

A concepção do tempo que dominou o pensamento científico até o final do século XIX foi a do físico inglês Isaac Newton, para quem o tempo era absoluto. Mas o físico alemão Albert Einstein virou esse conceito de cabeça para baixo. Einstein mostrou que o espaço pode ser deformado e o tempo, dilatado.

O gênio, conhecido mundialmente pela sua Teoria da Relatividade, nasceu na cidade de Ulm, no Sul da Alemanha em 1879. Seu pai foi um comerciante que nunca teve muito sucesso nos negócios. Sua mãe, dona de casa, se dedicou à educação dos filhos. A família judia não seguia a religião. Einstein demorou a falar; seu passatempo preferido era observar insetos e plantas no jardim da casa onde morava e fazer castelos de cartas de vários andares.

Depois de um Ensino Médio atribulado, Albert conseguiu entrar na Escola Politécnica de Zurique, na Suíça. Aos 17 anos, com a autorização de seu pai, renunciou à cidadania alemã e se livrou do serviço militar obrigatório. Na Escola Politécnica, conheceu sua primeira mulher, Mileva Maric com a qual teve dois filhos, Hans Albert e Eduard.

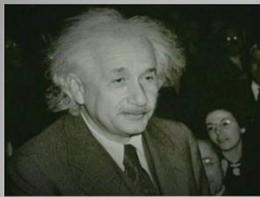


Imagem de Albert Einstein com mais idade (reprodução da internet)

Formado em 1900 como professor de matemática e física, Einstein não conseguiu se empregar de imediato. Dedicou-se então à pesquisa. Dois anos depois, já com a cidadania do país, conseguiu uma vaga no Escritório Suíço de Patentes. Embora o trabalho fosse burocrático e tedioso, Einstein nunca reclamou dele, porque lhe permitia ter bastante tempo livre para desenvolver suas ideias científicas.

Em 1905, ele concebeu a Teoria da Relatividade Especial, que revolucionou o entendimento dos fenômenos fundamentais que envolvem a matéria, a energia e o tempo. Sua teoria baseia-se em dois princípios: o da relatividade, segundo o qual as leis físicas são as mesmas para todo observador inercial – aquele que esteja em repouso ou com movimento uniforme, sem aceleração – e o de que a velocidade da luz é constante, ou seja, sempre tem o mesmo valor para todo observador inercial.

Para Newton, o tempo era absoluto, verdadeiro e matemático, por sua própria natureza, sem relação a nada externo e permanecia sempre semelhante e imutável. Se o universo desaparecesse, o tempo continuaria. Em um de seus artigos publicados em 1905, no qual ele introduziu sua Teoria da Relatividade Restrita, Einstein foi forçado a rever o conceito newtoniano de tempo ao assumir como verdadeiros dois princípios: o de que as leis da física são iguais em todos os referenciais inerciais; e que a velocidade da luz é uma constante da natureza.

O segundo princípio adotado como verdadeiro por Einstein, trouxe consequências impensáveis e revolucionárias. A velocidade da luz no vácuo, de 300.000 km/s, é uma constante da natureza. Einstein percebeu, por meio de experimentos feitos mentalmente, que o tempo não poderia ser o mesmo para duas pessoas observando o mesmo fenômeno. Outra consequência dos experimentos de Albert é que a descoberta de que quanto maior a velocidade de um corpo, mais devagar o tempo passa em relação a ele.

Depois que Einstein publicou essas ideias, o físico francês Paul [Langevin](#) percebeu que isso levaria a um paradoxo, o chamado Paradoxo dos Gêmeos. Um dos gêmeos é colocado em uma nave espacial que atinge velocidades próximas à da luz e vai e volta de uma estrela distante. O tempo para aquela criança passará mais devagar quando comparado ao tempo na Terra. Assim, quando aquele viajante espacial voltar, ele poderá ser, dependendo da velocidade de sua nave e da distância percorrida, alguns anos mais jovem que seu irmão! É como se o gêmeo viajante fizesse uma viagem ao próprio futuro.

Uma das consequências de o tempo passar de forma diferente para cada uma das pessoas é que dois fenômenos podem parecer simultâneos para uma pessoa, mas não para outra. Como assim? Dois observadores vêem a mesma coisa acontecendo em instantes diferentes? Sim! O tempo depende de cada observador, ou seja, cada referencial inercial tem seu próprio "relógio". Portanto, contrariando Newton, não há tempo absoluto. Obviamente, não notamos isso no cotidiano, porque estamos acostumados a relacionar como simultâneos eventos que ocorrem no mesmo lugar e cujas distâncias são desprezíveis em relação à quanto a velocidade da luz percorre.

Mas, caso pudéssemos observar eventos muito, muito distantes, a noção de simultaneidade deixaria de ser válida. O tempo é relativo a cada observador. Mesmo os físicos da época levaram algum tempo para digerir a ideia de que o tempo é relativo. E alguns morreram achando que Einstein estava equivocado, tamanha era a audácia do que aquele jovem e desconhecido físico alemão havia proposto.

Dez anos mais tarde, Einstein generalizou sua teoria da relatividade, incluindo um novo conceito: o de que o espaço e o tempo estão fundidos, como parte de um uno indissociável, o chamado espaço-tempo, no qual as três dimensões espaciais (altura, largura e comprimento) estão ligadas à quarta dimensão, o tempo. Essa nova teoria foi chamada Teoria da Relatividade Geral – geral porque passou a incluir a gravidade.

No fundo, a Teoria da Relatividade Geral é uma nova Teoria da Gravitação. Além disso, explica fenômenos que a teoria de Newton não podia explicar, como corpos que envolvem massas muito grandes, como as das estrelas e das galáxias, e as velocidades muito altas, próximas à velocidade da luz.

A influência da teoria de Einstein na arte e na literatura



'Le demoiselles d'Avignon', de Pablo Picasso (reprodução da internet)

Os primeiros anos do século XX na Europa foram sacudidos por um tsunami intelectual e artístico que questionou as visões clássicas da natureza e da estética. Parece mais do que mera coincidência que o período de mais intensa criatividade de Einstein seja o mesmo em que o pintor espanhol Pablo Picasso produziu suas obras mais revolucionárias. Não é à toa que 1905 foi considerado o Ano Miraculoso da Física, quando Einstein publicou cinco importantes trabalhos, entre eles dois em que esboçou sua relatividade restrita. Por outro lado, em 1907, Picasso pintou "Les demoiselles d'Avignon", um quadro de causaria uma ruptura na estética da época.

Segundo o filósofo da ciência norte-americano Arthur Miller, é possível estabelecer paralelos nas trajetórias desses dois personagens brilhantes. Ambos os trabalhos de Einstein e Picasso trataram do mesmo problema: a natureza do espaço e do tempo, e, particularmente, a representação da simultaneidade – temporal, para o primeiro, e espacial, para o segundo.

A influência da teoria de Einstein na arte e na literatura

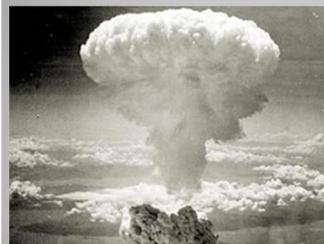


Quadro do cubismo (reprodução da internet)

As idéias sobre espaço, tempo e gravitação contidas na Teoria da Relatividade também tiveram impacto em outros artistas. Pintores e escultores como Vassili Kandinsky, Paul Klee, Piet Mondrian, Marc Chagall e Alexander Calder incluíram idéias da relatividade em suas obras. O abstracionismo de Kandinsky e Klee representou uma ruptura radical em relação à arte figurativa tradicional.

Também na literatura pode ser percebido o impacto da relatividade. O romance "O Som e a Fúria", do poeta e romancista norte-americano William Faulkner, é um exemplo disso. A influência pode ser sentida na métrica das poesias e em deformações temporais nos romances. O escritor tcheco Franz Kafka, autor de vários clássicos, entre eles "Metamorfose", participou de reuniões de discussões com Einstein na, então, Tchecoslováquia (hoje, República Tcheca). Nelas, um grupo de judeus de Praga conversava sobre literatura, filosofia e ciência por volta de 1910.

Fórmula de Einstein possibilitou a construção de bombas atômicas



Cogumelo após bomba em Hiroshima, detonada em 6 de agosto de 1945 (reprodução da internet)

Em 1939, o físico alemão Albert Einstein escreveu uma carta ao então presidente dos Estados Unidos Franklin Roosevelt destacando em seu conteúdo a possibilidade da criação de uma bomba de grande poder de destruição. Tal capacidade destrutiva seria proveniente da reação nuclear em cadeia desencadeada a partir de uma grande massa de urânio. A carta serviria para chamar a atenção sobre o fato de a Alemanha deter o conhecimento para desenvolver esse tipo de tecnologia, uma ameaça real no contexto da Segunda Guerra Mundial.

Inicialmente, Einstein teve sua imagem associada à criação da bomba atômica graças ao seu conceito de massa inercial, representada pela fórmula $E = mc^2$, uma das mais famosas da física, na qual a energia (E) é igual a massa (m) vezes a velocidade da luz (c) ao quadrado.

O conhecimento adquirido com as teorias de Einstein permitiu o desenvolvimento da bomba atômica. Mas é preciso lembrar que Einstein foi, antes de tudo, um pacifista. A luta pela paz foi seu principal esforço depois de as duas bombas atômicas terem sido lançadas sobre o Japão pelos Estados Unidos em 1945.

O nome de Einstein estará para sempre associado à relatividade, seu trabalho mais famoso. No entanto, seu currículo intelectual inclui cerca de outros 300 trabalhos científicos e muitos tão importantes quanto aqueles de 1905, que o tornariam conhecido no mundo inteiro, inclusive aquele onde explicava o efeito fotoelétrico, que lhe rendeu reconhecimento e até um prêmio Nobel de Física em 1921.



Em 1925, Albert Einstein (quarto sentado da esquerda para a direita) visitou o Brasil. Na foto, o físico está com a equipe do Observatório Nacional, no Rio de Janeiro (Foto: Divulgação/Observatório Nacional)

O que aconteceu em 1905 ainda desafia os mais persistentes historiadores da ciência. Foram produzidos seis trabalhos de altíssimo nível – e qualquer físico de hoje teria o maior orgulho de ter apenas um deles em seu currículo. O título de gênio que recebeu ainda em vida Einstein encarava com certo desdém. Acreditava que suas melhores qualidades eram trabalhar muito e "ser teimoso como uma mula" – palavras dele. Acreditava mais no suor e na criatividade do que em uma suposta genialidade.

1955 - Morre Einstein.

FIM

Bibliografia

GUERRA, Andréia, REIS, José Claudio, MARCO, Einstein e o universo relativístico – Editora Atual

<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/einstein-vida-e-obra-do-fisico-alemao.html>

<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/formula-de-einstein-possibilitou-construcao-de-bombas-atomicas.html>

Teoria da Relatividade

Aula 3

Objetivo: Fazer com que o aluno faça parte do fenômeno.

Disponível em: <https://youtu.be/YJtiyiN1rQM>

ARTE COMO ELEMENTO FACILITADOR

- 1) Exibição do filme Interestelar de Christopher Nolan;
- 2) Encenação e apresentação do diálogo hipotético entre Einstein e Galileu:
DIALOGANDO SOBRE A NATUREZA

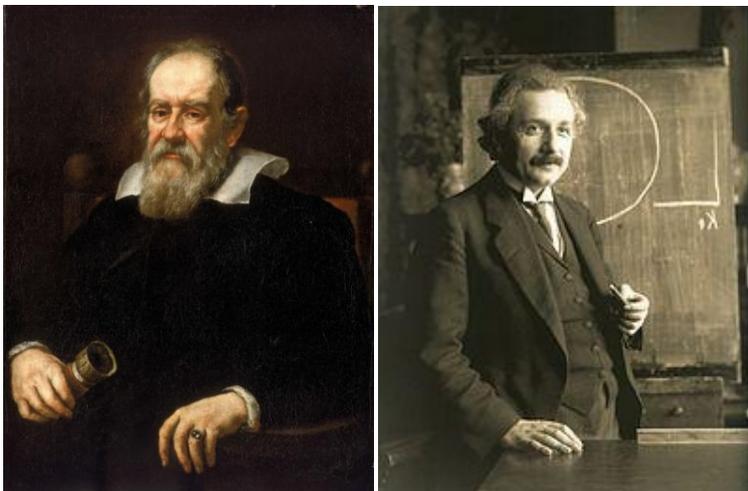
Texto do diálogo:

A Teoria da Relatividade de Einstein foi apresentada em dois artigos publicados com um intervalo de aproximadamente dez anos. O primeiro de 1905, apresenta a teoria que ficou conhecida como Teoria da Relatividade Especial ou Restrita. O segundo, de 1916, introduz a Teoria Geral da Relatividade.

Para apresentarmos a Teoria da Relatividade, criamos um hipotético diálogo entre Galileu e Einstein. Recurso similar foi usado pelo próprio Galileu. Ele escreveu suas obras na forma de diálogo entre três personagens: Salviati, que defendia suas ideias; Simplicio, que defendia as ideias do filósofo grego Aristóteles; e um leigo curioso chamado Sagredo, que servia de juiz.

O diálogo apresentado a seguir é imaginário: Galileu e Einstein viveram em épocas muito diferentes. Além disso, o “nosso” Galileu tem conhecimentos de física que o verdadeiro não possuía.

O diálogo apresentado a seguir é imaginário: Galileu e Einstein viveram em épocas muito diferentes. Além disso, o “nosso” Galileu tem conhecimentos de física que o verdadeiro não possuía.



Fonte: imagem da internet

Vamos supor que, viajando no tempo, os dois cientistas se encontrem num congresso no Brasil, para discutir suas idéias. Em nossa imaginação, vamos encontrá-los caminhando lado a lado, pelo centro da cidade do Rio de Janeiro, conversando animadamente, em meio a ruídos típicos das grandes cidades.



Fonte: imagem da internet

Algumas questões sobre a Propagação da luz

Galileu: Meu caro Einstein, as cidades hoje em dia estão muito barulhentas, mal consigo ouvir a minha voz. Pisa, a cidade onde nasci, no século XVI, era muito silenciosa. Não sei como as pessoas conseguem aguentar tanto barulho.

Einstein: É verdade. Berna, onde morava quando elaborei a Teoria da Relatividade Restrita, no início do século XX, também era muito tranquila se comparada às cidades de hoje em dia. Como poderíamos evitar ouvir tanto barulho?

Galileu: Como? Não ouvi o que disse.

Einstein: Você pode correr atrás do som que eu emiti e ouvir minhas palavras.

Galileu: Não é mais fácil você repetir o que disse?

Einstein: Certamente, mas vamos pensar um pouco nessa ideia de correr atrás do som. Poderíamos viajar a uma velocidade superior à do som, que é de aproximadamente 340 m/s no ar. Assim, ultrapassaríamos o som que emiti e poderíamos ouvi-lo mais adiante.

Galileu: Apesar de estranho, é perfeitamente possível imaginarmos essa situação.

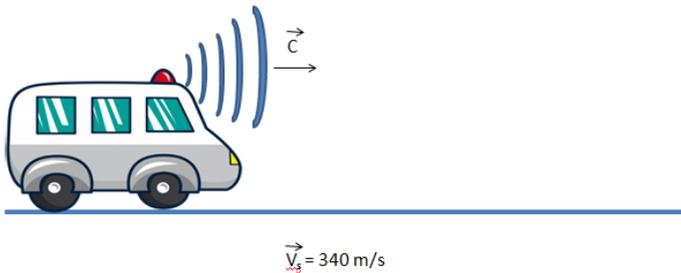
(uma ambulância passa pela rua com a sirene ligada)

Einstein: Apesar de incomuns, essas situações não são absurdas do ponto de vista da física. Quando queremos explicar a natureza, não podemos ficar apenas nas aparências imediatas. Observando o ruído da sirene daquela ambulância, surgiram-me algumas ideias.

Galileu: Que ideias?

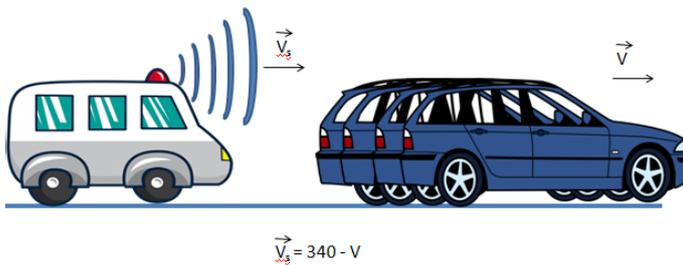
Einstein: Não são originais. São ideias baseadas nas transformações de velocidade que você discutiu há muito tempo, no século XVII. Imagine que pudéssemos medir a velocidade do som da sirene da ambulância de dentro do próprio carro quando ele estivesse parado num sinal. Que valor encontraríamos?

Galileu: Mediríamos aproximadamente 340 m/s, pois é a velocidade do som no ar quando o ar está em repouso.



Fonte: criação própria

Einstein: E o motorista de um automóvel que se afasta da ambulância, com uma velocidade V em relação à rua? Qual o valor da velocidade do som da sirene medida por ele?

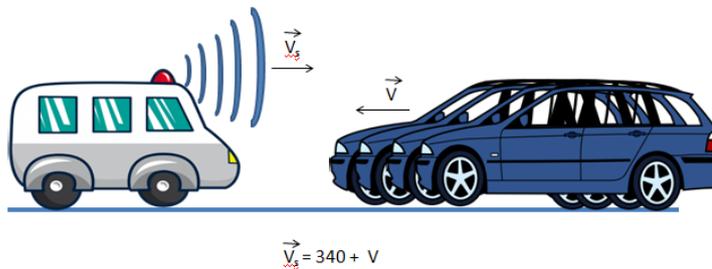


Fonte: criação própria

Galileu: Nesse caso a velocidade do som (V_s) para ele será igual à velocidade do som em relação ao ar (340 m/s) menos a velocidade do carro em relação à rua (V). Dizendo isso em linguagem matemática: $V_s = 340 - V$.

Einstein: Imagina agora um observador num automóvel com velocidade V em relação à rua aproximando-se da ambulância. Qual a velocidade do som (V_s) para ele?

Galileu: Novamente podemos usar o mesmo raciocínio. O observador obterá um valor igual ao da velocidade do som em relação ao ar adicionado ao da velocidade do seu automóvel em relação à rua, ou seja: $V_s = 340 + V$.



Fonte: criação própria

Einstein: Realmente serão esses os valores da velocidade do som para os três referenciais diferentes. Como cada caso caracteriza um referencial diferente, cada observador medirá uma velocidade diferente para o som. As suas transformações já previam isso, e a experiência comprova as previsões teóricas.

(Galileu, percebendo que está escurecendo, pergunta a Einstein as horas, pois tem um compromisso à noite)

Einstein: Em que referencial você quer saber as horas?

(Galileu não entende muito bem a pergunta)

Galileu: Ora, meu caro Einstein! O tempo não varia em relação às mudanças de referencial. Sua pergunta não faz sentido.

(Einstein vai contra-argumentar, mas também está com pressa. À noite vai a um concerto)

Einstein: Deixemos isso para depois. São 19h, também devo ir. Já estou atrasado.

Galileu: Amanhã nos vemos em Copacabana, quero ir à praia. Vamos nos encontrar na recepção do meu hotel, tchau.

Einstein: Galileu, espere! Você se esqueceu de dar a quarta dimensão. A que horas?

(Novamente Galileu não entende muito bem o que Einstein quis dizer, mas responde rapidamente, devido à pressa.)

Galileu: Às 8h.

Viajando no tempo

(Outro dia.)

Galileu: Einstein, não entendi algumas de suas perguntas quando nos despedimos ontem. Você falou da quarta dimensão. O que quis dizer com isso?

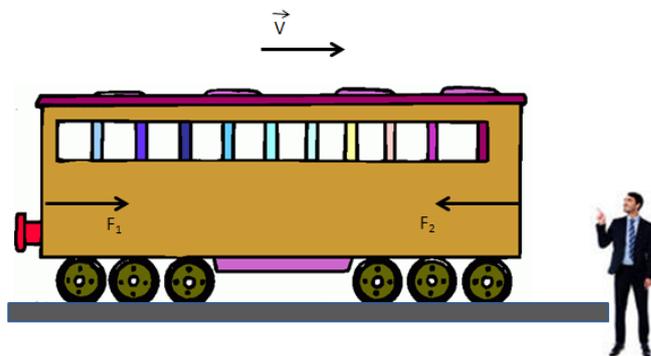
Einstein: Eu estava querendo provocá-lo, pois gostaria que retomássemos nossas reflexões a respeito das suas transformações de velocidade. Ontem falamos do som, uma onda mecânica. E suas transformações para a propagação da luz, ou seja, de uma onda eletromagnética? Como ficam?

Galileu: Mas qual será a diferença?

Einstein: No seu princípio da relatividade, que trata da relatividade das velocidades, você afirma que as leis da mecânica se aplicam para todos os referenciais inerciais, ou seja, em repouso ou em movimento retilíneo com velocidade constante uns em relação aos outros. Será que isso também vale para fenômenos não mecânicos, como a propagação da luz?

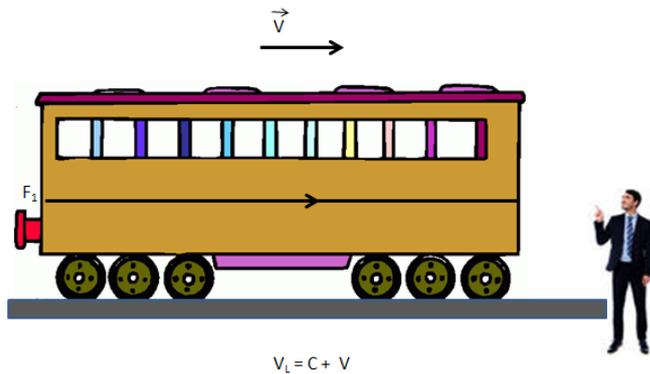
Galileu: Não vejo por que ser diferente para a luz.

Einstein: Então, vamos imaginar um trem em movimento retilíneo com velocidade constante V em relação aos trilhos. Admita que existam duas fontes luminosas, F_1 e F_2 , colocadas nas extremidades opostas do vagão. Que valores você encontraria para a velocidade da luz proveniente de cada extremo, supondo que você estivesse parado em uma estação vendo o trem se movimentar?



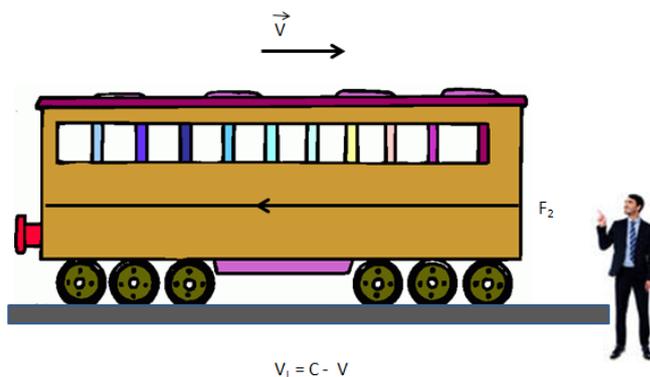
Fonte: criação própria

Galileu: Podemos proceder da mesma forma que em relação ao som, ou seja, teremos dois valores diferentes. Suponha que a luz da fonte F_1 seja enviada no mesmo sentido do movimento do trem. Nesse caso, encontraremos um valor para a velocidade da luz em relação à estação (V_L) igual à adição da velocidade da luz em relação ao éter (C) com a velocidade do trem em relação à estação (V). Em linguagem matemática: $V_L = C + V$.



Fonte: criação própria

Galileu: Em relação ao segundo caso, vamos supor que a luz da fonte F_2 fosse emitida no sentido oposto ao do movimento do trem. Assim, o valor encontrado para a velocidade da luz em relação à estação (V_L) seria igual ao valor da velocidade da luz em relação ao éter (C) menos a velocidade do trem em relação à estação (V). Em linguagem matemática: $V_L = C - V$.



Fonte: criação própria

Einstein: Se isso é possível podemos pensar em voltar no tempo, certo?

Galileu: Meu caro Einstein, você poderia se explicar melhor? Sua conclusão não é óbvia. Não estou entendendo o que você está querendo dizer.

Einstein: Considere o 1º caso. Sabemos que a visão é a impressão que a luz produz na retina, em nossos olhos. Como você mesmo concluiu, a velocidade da luz em relação à estação é maior do que a velocidade da luz em relação ao éter, ou seja, superior a 300000 km/s. Se isso é possível, podemos supor também que um corpo pode ter velocidade superior à da luz. Sendo assim, como no caso do som, a luz emitida por uma fonte poderia se alcançada por algum corpo que viajasse a uma velocidade superior à da luz.

Galileu: Não vejo nada de estranho nessa possibilidade.

Einstein: Vamos analisar suas consequências com mais detalhes. Que fenômenos poderíamos observar se viajássemos a uma velocidade superior à da luz?

Galileu: Os mesmos que observamos normalmente.

Einstein: Tenho certeza de que isso não ocorreria. Se uma pessoa viajasse com tal velocidade, superior à da luz, ela veria os acontecimentos do mundo como se estivesse assistindo a um filme rodando ao contrário, ou seja, de trás para frente. Isso porque ela alcançaria a última imagem emitida antes da penúltima e assim sucessivamente; veria primeiro o final do filme para depois ver o começo.

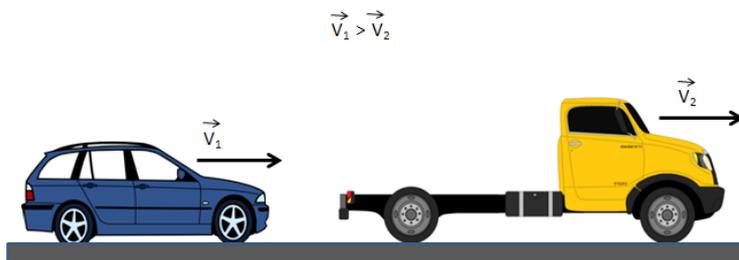
Galileu: Como assim?

Einstein: Vamos fazer uma analogia. Pense em um carro e um caminhão em uma estrada. O carro está atrás do caminhão, mas com velocidade superior. Nessas condições, o carro alcança o caminhão, certo?

Galileu: Certo

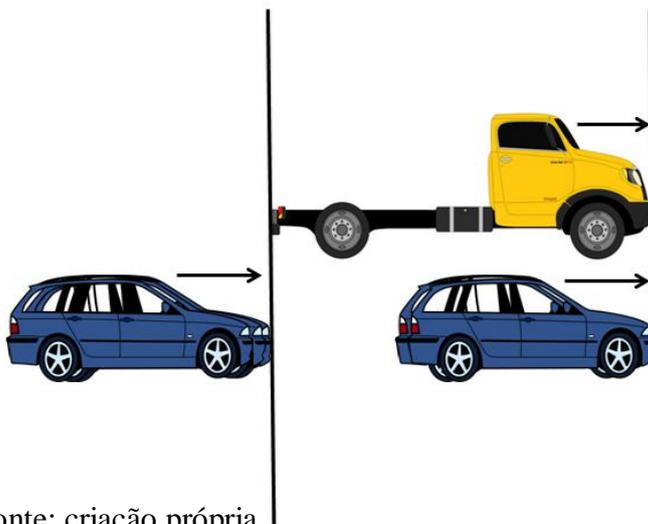
Einstein: O carro primeiro alcança a traseira do caminhão para depois chegar à dianteira, correto?

Galileu: Exatamente.



Fonte: criação própria

Einstein: Com a luz aconteceria algo parecido, como havíamos dito antes: ao viajarmos a uma velocidade superior à da luz, alcançariamos a última imagem, depois a penúltima e assim sucessivamente.



Fonte: criação própria

Galileu: Mas isso é um absurdo! Assim, eu me veria nesta sequência: velho, jovem e depois no útero de minha mãe.

Einstein: Claro. Isso é um absurdo. Por isso temos de admitir que a velocidade da luz tem sempre o mesmo valor, independente da velocidade da fonte que a emitiu. Ou seja, ela é invariável para qualquer observador, não dependendo do seu estado de movimento.

Galileu: Mas, se isso é verdadeiro, então minhas transformações estão erradas.

Einstein: Não é bem assim. Na verdade elas precisam ser reescritas para explicar o fato de haver um limite superior para a velocidade de propagação de qualquer coisa. E não se preocupe, pois todos os físicos, até 1905, pensavam que esse limite para as velocidades não existia.

Galileu: Mas eu também não estou convencido dos seus argumentos. Se a velocidade da luz não pode ser superada, é um limite para a velocidade de qualquer coisa. Então, não podemos encontrar valores diferentes para a velocidade da luz. Ela será constante para qualquer referencial de observação.

Einstein: Sim.

Galileu: Então precisaremos alterar conceitos básicos da física, como o de espaço e tempo. Isso para ficar só com dois. Entretanto, a base desses conceitos é minha percepção da realidade. Como posso pensar em espaço e tempo de outra forma?

Einstein: Meu caro Galileu, realmente você tem razão no que diz respeito à necessidade de mudarmos os conceitos de espaço e tempo como consequência da constância da velocidade da luz. Entretanto sou obrigado a discordar de você quanto à ideia de que nossas percepções imediatas da realidade que devem servir de parâmetro para a compreensão do mundo físico.

Galileu: Se não for assim, como será?

Einstein: Se ficarmos apenas com nossas percepções, não poderemos construir explicações satisfatórias para os fenômenos da natureza. Afinal, vemos os corpos mais pesados caírem primeiro. Mas foi você mesmo que nos ensinou: isso só é verdadeiro quando não podemos eliminar a resistência do ar. E, para isso, você contrariou o senso comum.

Galileu: De fato me opus às explicações de Aristóteles. Eram teorias brilhantes, resultado da época em que ele viveu. As formas de pensar estão fortemente relacionadas à visão de mundo de determinada época. Nesse sentido, o mundo moderno trouxe para a ciência suas principais características: a prática da experimentação e da expressão matemática das leis da natureza. Tais práticas, e muitas outras, mudaram a nossa forma de compreender o mundo e a natureza. Entretanto, não vejo como alterar conceitos que estão de acordo não apenas com nossas percepções, mas também com as experiências. Ou seja, não estou prendendo-me apenas à pura percepção da natureza.

Einstein: Isso só ocorre porque nossas experiências são feitas com velocidades muito baixas se comparadas com a velocidade da luz. Poucos são os artefatos construídos pelo homem que

desenvolvem uma velocidade superior à do som. A própria Terra tem uma velocidade de translação em torno do Sol de aproximadamente 30 km/s. esse valor é muito baixo se comparado com a velocidade de luz no vácuo: 300000 km/s.

Galileu: Teríamos algumas mudanças se as velocidades a que estamos acostumados fossem próximas da velocidade da luz?

Einstein: Certamente, as consequências da Teoria da Relatividade poderiam ser notadas.

Galileu: Mas afinal o que é a Teoria da Relatividade proposta por você em 1905?

Einstein: Podemos resumi-la em dois postulados:

1º) A velocidade da luz no vácuo é a mesma em que qualquer referencial de observação. Ela é invariável para mudança de referencial.

2º) Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os referenciais que se encontram em movimento retilíneo com velocidade constante uns em relação aos outros.

Galileu: Você pode explicar melhor esse segundo postulado?

Einstein: Ele é apenas uma ampliação para todas as leis da física do seu princípio de relatividade: as leis da mecânica são as mesmas para qualquer referencial em repouso ou em movimento retilíneo com velocidade constante.

Galileu: Engraçado, você não fala nada sobre o éter nesse seus postulados. Onde ele fica?

Einstein: Considerando que a velocidade da luz é constante para qualquer referencial, então ela não é arrastada pelo éter como o som é pelo ar. Logo, a luz não necessita se propagar através de um meio que possa produzir influências sobre ela. Então, não necessitamos mais do éter. Se não necessitamos mais do éter, por que supor que ele existe?

Galileu: Então a luz não é como o som, que faz o ar vibrar. E é por isso que o som é arrastado pelo ar, mudando de velocidade se o ar está em movimento ou não. Entendi!

Teoria da Relatividade

Aula 4

Objetivo: Fazer com que o aluno faça parte do fenômeno.

Disponível em: comprado em uma loja de departamentos.

Apresentação do Filme Interestelar

Interstellar, que em português significa Interestelar, é um filme anglo-americano de ficção científica dirigido por Christopher Nolan e estrelado por Matthew McConaughey, Anne Hathaway, Jessica Chastain, Bill Irwin, Mackenzie Foy, Matt Damon, John Lithgow e Michael Caine. Ele conta a história de uma equipe de astronautas que viajam através de um buraco de minhoca à procura de um novo lar para a humanidade. Os irmãos Christopher e Jonathan Nolan escreveram ao filme unindo ideias do primeiro com um roteiro que o segundo havia escrito em 2007. Nolan foi o produtor junto com sua esposa Emma Thomas e com Lynda Obst. O físico teórico Kip Thorne, cujo trabalho inspirou o filme, trabalhou como consultor científico e como produtor executivo. (Wikipédia, acessado em 02/11/2016)

Teoria da Relatividade

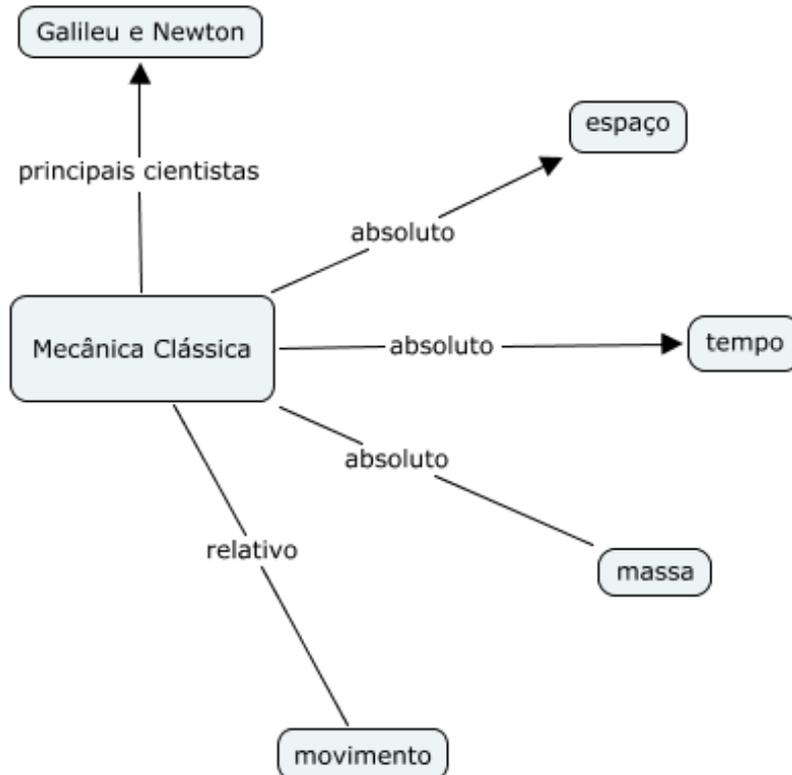
Aula 5

Objetivo: Estruturar o cognitivo

ORGANIZADOR EXPLICATIVO

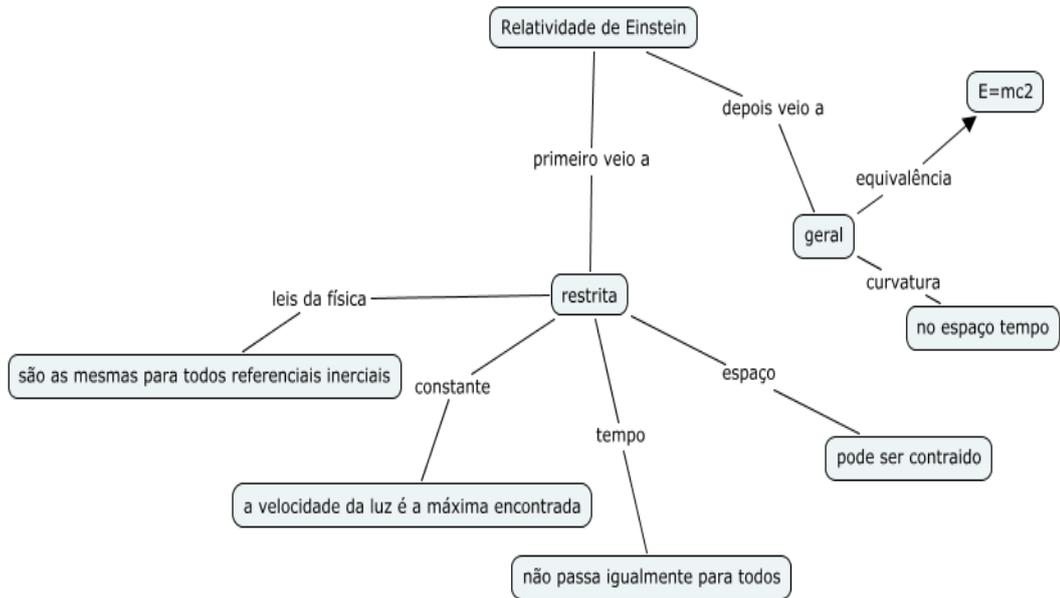
Foram construídos dois mapas conceituais: um abordando a relatividade na física clássica e outro a relatividade de Einstein.

Mapa Conceitual 1: Relatividade na Mecânica Clássica



Fonte: Dissertação de Wellington Mrad Joaquim – PUC MG – 2013

Mapa Conceitual 2: Relatividade de Einstein



Fonte: Dissertação de Wellington Mrad Joaquim – PUC MG – 2013

Teoria da Relatividade

Aula 6

Atividades Complementares (1ª parte)

Exercícios

1) A luz é uma forma de energia radiante, que pode se propagar em meio material e no vácuo. Ano-luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano. Ano-luz se refere a:

- A) aceleração.
- B) distância.
- C) energia.
- D) luminosidade.
- E) velocidade.

2) Os postulados da Teoria da Relatividade dizem que a velocidade da luz no vácuo é a mesma em todos os sistemas inerciais de referência e que as leis da Física são idênticas em relação a qualquer referencial inercial. A partir desses postulados, Einstein mostrou que o espaço:

- A) permanece constante e o tempo se dilata.
- B) se contrai e o tempo permanece constante.
- C) se contrai e o tempo se dilata.
- D) se dilata e o tempo se anula.
- E) se dilata e o tempo se contrai.

3) A velocidade da luz é diferente nos diversos meios em que se propaga. No vácuo, a velocidade da luz, representada pela letra c , é igual a $3 \cdot 10^8$ m/s. No meio material, a velocidade da luz, representada pela letra v , se comporta de forma diferente, pois interage com a matéria existente no meio. Comparando a velocidade da luz no vácuo e em qualquer meio material:

- A) v é igual a c .
- B) v é menor que c .
- C) v é o dobro de c .
- D) v é o quádruplo de c .
- E) v é o triplo de c .

4) Para comprovar a Teoria da Relatividade foi realizado um experimento mental que contou com a participação de irmãos gêmeos. Um dos irmãos, Flávio, foi enviado para uma viagem espacial à outra galáxia em uma nave que atingiu a velocidade da luz, enquanto o seu irmão, Fábio, permaneceu na Terra. De acordo com essa teoria, ao retornar de sua viagem, Flávio será mais:

- A) alto que Fábio.
- B) baixo que Fábio.
- C) magro que Fábio.
- D) novo que Fábio.
- E) velho que Fábio.

5) Uma famosa equação relativística de Einstein estabelece que ao fornecermos uma quantidade de energia a um corpo, estamos aumentando sua massa de repouso. Essa equação é:

- A) $E = \frac{kx^2}{2}$
- B) $E = mc^2$
- C) $E = \frac{mv^2}{2}$
- D) $E = mgh$
- E) $E = P\Delta t$

6) Leia o texto abaixo.

A 15 bilhões de anos - a Origem do Universo

[...] Há 15 bilhões de anos o Universo concentrava-se todo em um único ponto, com altíssima temperatura e densidade energética. Esse ponto explode –o instante zero – e começa a expansão do Universo, observada até hoje. As primeiras partículas, os fótons, são associadas à radiação eletromagnética. Prótons, elétrons e nêutrons formam-se nos três primeiros minutos dessa expansão, ainda vinculados à radiação. [...]

Disponível em: <<http://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/a-15-bilhoes-de-anos-a-origem-do-universo.html>>. Acesso em: 4 mar. 2013. Fragmento.

Esse texto refere-se ao modelo:

- A) do Big Bang.
- B) dos multiuniversos.
- C) ecpirótico.
- D) geocêntrico.
- E) heliocêntrico.

7) Diversos cientistas tentaram medir a velocidade da luz. Empédocles foi o primeiro a sugerir a medida e Galileu, por sua vez, foi o primeiro de fato a tentar medir a velocidade. O mais curioso é o fato de que todos os que obtiveram um valor para essa velocidade chegaram próximo a 300.000 km/s, como por exemplo o astrônomo dinamarquês Romer, o francês Fizeau e até Maxwell. O valor próximo da velocidade da luz, determinada por diferentes métodos, mostra que a:

- A) luz é uma onda de natureza mecânica.
- B) luz se comporta como partícula.
- C) sua velocidade depende do referencial.
- D) sua velocidade é uma constante universal.
- E) sua velocidade varia com o tempo.

8) A fissão nuclear é uma reação que ocorre no núcleo do átomo. Nesse processo, a cada colisão são liberados novos nêutrons. Os novos nêutrons irão colidir com novos núcleos, provocando a fissão sucessiva de outros núcleos e estabelecendo uma reação em cadeia. A fissão nuclear do urânio é a principal técnica empregada para a geração de eletricidade em usinas nucleares. De acordo com a equação de Einstein, o urânio, através de reações nucleares, transforma massa em:

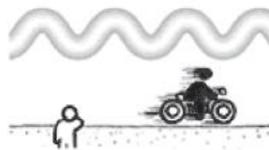
- A) aceleração.
- B) energia.
- C) impulso.
- D) trabalho.
- E) velocidade.

9) Observe o esquema abaixo.

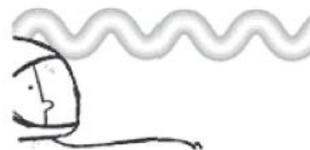
Situação

Tempo e espaço segundo a relatividade especial

Se o motoqueiro turbinar sua moto para correr a 200.000 km/s e apostar a corrida com um raio de luz, isso não acontece



O observador externo dirá que viu a luz se afastar do motoqueiro a 100.000 km/s (a diferença entre a velocidade da luz, 300.000km/s, e a da moto)



O motoqueiro, no entanto, independentemente da sua velocidade, sempre verá o raio de luz se afastando a 300.000 km/s

Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2005/alberteinstein/entenda_a_teorica_da_relatividade_especial.shtml>.

Acesso em: 5 mar. 2013. Adaptado.

De acordo com esse esquema, e com os postulados da Teoria da Relatividade Especial de Einstein, tanto para o observador quanto para o motoqueiro o espaço e o tempo é que variam, pois:

- A) a velocidade da luz é constante.
- B) a velocidade da luz é maior.
- C) o espaço se dilata.
- D) o tempo passa mais rápido.
- E) o tempo se anula.

10) Leia o texto abaixo.

As digitais de Einstein em nosso cotidiano

[...] Pelo desafio intelectual que a teoria impõe, ela tem atraído legiões de jovens físicos e matemáticos em todo mundo, mas também tem ajudado engenheiros a resolver um problema de nossos dias: a correção dos dados fornecidos pelos equipamentos de GPS (sistema de posicionamento global, na sigla em inglês). Os satélites que fornecem os dados orbitam a uma altura de 20 mil quilômetros. Os dados enviados para os aparelhos de GPS baseiam-se essencialmente em distâncias e tempos. Os relógios atômicos presentes nos satélites sofrem efeitos devidos ao campo gravitacional (o tempo passa mais rápido) e à velocidade do satélite (o tempo fica mais lento). Se não houvesse essa correção, [...], o GPS poderia apresentar um erro de aproximadamente 11 quilômetros por dia.

Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/do-laboratorio-para-a-fabrica/as-digitais-de-einstein-em-nosso-cotidiano>>. Acesso em: 5 fev. 2013. Fragmento.

De acordo com esse texto, a Teoria que possibilitou a construção do GPS é a Teoria:

- A) Corpuscular.
- B) da Relatividade.
- C) das Cordas.
- D) do Big Bang.
- E) Ondulatória.

Gabarito: 1) B 2) C 3) A 4) D 5) B 6) A 7) D 8) B 9) A 10) B

Teoria da Relatividade

Aula 7

Atividades Complementares (2ª parte)

Exercícios

1) Leia o texto abaixo.

Em Setembro de 1905, Einstein mostrou que uma consequência da sua Teoria da Relatividade Restrita, em conjunção com as equações de Maxwell, era que se um corpo emite uma certa quantidade de energia, então a sua massa deve decrescer de um valor proporcional.

Disponível em: <<http://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/fernandacardoso/Relatividade/Massa%20e%20Energia.htm>>.

Acesso em: 7 jan. 2015. Fragmento.

De acordo com esse texto, existe uma equivalência entre massa e:

- A) aceleração.
- B) energia.
- C) espaço.
- D) força.
- E) tempo.

2) Diante da atual crise hídrica que o planeta vem enfrentando, não só o Brasil, mas o mundo todo iniciou investimentos em outras formas de geração de energia elétrica, as chamadas energias alternativas. Uma dessas formas alternativas é a energia nuclear, que requer grandes investimentos em pesquisas, no intuito de possibilitar a utilização desse recurso com segurança. O Brasil, atualmente, conta com as usinas nucleares Angra 1 e Angra 2, localizadas em Angra dos Reis-RJ, com um potencial de geração de 2.000 MW. Nesse tipo de geração de energia, a energia elétrica é obtida a partir da energia:

- A) térmica, contida no interior de átomos estáveis.
- B) potencial, contida na eletrosfera de átomos radioativos.
- C) liberada no decaimento de elétrons de átomos radioativos.
- D) liberada na fusão de núcleos atômicos.
- E) liberada na fissão de núcleos atômicos.

3) Observe, no texto abaixo, como o tempo pode ser uma medida relativa, ou seja, que depende do referencial.

O tempo de Einstein e o Princípio da Relatividade

Paul Langevin imaginou uma situação com dois gêmeos: um ficava na Terra enquanto o outro fazia uma viagem de ida e volta durante, por exemplo, 10 anos do seu tempo (próprio), isto é, o tempo medido no referencial do viajante. Quando volta à Terra, verifica que o seu gêmeo está quase 58 anos mais velho se a velocidade relativa durante toda a viagem tiver sido $v = 0,985 c$, quase 99% da velocidade da luz no vácuo.

Disponível em: <http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=16&pag=2>. Acesso em: 8 jan. 2015. *Adaptado para fins didáticos. Fragmento.

A diferença entre as idades de cada irmão ocorre devido ao fato de:

- A) a luz possuir velocidade invariante.
- B) a luz se comportar como partícula.
- C) a luz ser uma onda eletromagnética.
- D) o espaço ser absoluto.
- E) o tempo ser absoluto.

4) Leia o texto abaixo.

Algumas partículas possuem um tempo de vida extremamente curto. É o caso de uma determinada partícula que se origina na parte superior da atmosfera, a partir dos raios cósmicos. Seu tempo de vida médio é de $2 \mu\text{s}$ (dois microssegundos). Nesse tempo de $2 \mu\text{s}$, essa partícula, viajando a $0,998c$, percorreria apenas 600 metros pela teoria newtoniana e, como as mesmas são criadas a milhares de quilômetros acima do nível do mar, a probabilidade de detectá-las ao nível do mar seria muito remota. Mas não é isso que acontece [...]. O tempo de vida dessas partículas, no referencial Terra é dado por $\tau = \gamma\tau_0$, ou seja, multiplica-se o tempo próprio $2 \mu\text{s}$ pelo fator de Lorentz, que, nesse caso, é igual a 15. Dessa forma, o tempo de vida passa a ser $30 \mu\text{s}$ e, nesse tempo, é capaz de percorrer uma distância de 9.000 metros.

Disponível em: <<http://fisicamariaines.com/re/muons.html>>. Acesso em 16 jan. 2014. *Adaptado para fins didáticos. Fragmento.

De acordo com esse texto, a detecção dessas partículas na superfície da Terra é um fenômeno natural que comprova a Teoria:

- A) Heliocêntrica de Copérnico.
- B) Geocêntrica de Ptolomeu.
- C) da Relatividade de Galileu.
- D) da Relatividade de Einstein.
- E) da Gravitação de Newton.

5) O que se pretende elucidar nesta subseção é o efeito de **dilatação do tempo**, que, segundo Brennan (2003), os ponteiros de um relógio em movimento avançarão mais lentamente que os de um relógio imóvel (relativo a um dado observador). As ideias de Einstein relacionadas ao tempo foram postas a prova somente em 1971, quando relógios de césio foram colocados em dois aviões a jato que dariam a volta a Terra rumando em sentidos diferentes aonde um iria para leste e o outro para oeste. Antes de os aviões decolarem os dois relógios embarcados foram ajustados a um relógio que ficaria na Terra, no fim do experimento os relógios não coincidiam mais quanto à hora do dia.

Disponível em: <<http://cienciasetecnologia.com/teoria-relatividade-einstein/>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

Com base nesse texto, o fato de os relógios, no fim desse experimento, apresentarem marcações diferentes de tempo ocorre, pois:

- A) a velocidade da luz é infinita.
- B) a velocidade da luz é invariante.
- C) a velocidade da luz é nula.
- D) o espaço é absoluto.
- E) o tempo é absoluto.

6) Leia o texto abaixo.

Einstein introduziu a Teoria da Relatividade em seu trabalho "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento", escrito em junho de 1905. Em setembro do mesmo ano, ele publicou mais um pequeno trabalho, complementando o anterior, intitulado "A inércia de um corpo depende de seu conteúdo de energia?". Nesse trabalho ele mostrou que a massa inercial de um corpo varia toda vez que esse corpo ganha ou perde energia, qualquer que seja o tipo de energia. Se um corpo receber uma quantidade de energia ΔE , sua massa inercial terá um aumento Δm dado por $\Delta E = (\Delta m) \cdot c^2$. Do mesmo modo, se o corpo perder energia, sua massa inercial irá diminuir. Assim, a massa de um tijolo quente é maior do que a de um tijolo frio; uma mola comprimida tem massa maior do que quando não estava comprimida, pois o acréscimo de energia potencial elástica ocasiona um aumento da massa inercial da mola. Quando um corpo tem sua velocidade aumentada, aumenta também sua energia cinética; é esse aumento de energia cinética que acarreta o aumento da massa inercial do corpo.

Disponível em: <http://atomico.no.sapo.pt/08_06.html>. Acesso em: 16 jan. 2014.

De acordo com esse texto, Einstein descobriu o Princípio da Equivalência entre:

- A) Massa e Energia.
- B) Massa e Força.
- C) Velocidade e Aceleração.
- D) Velocidade e Espaço.
- E) Velocidade e Força.

7) Leia o texto abaixo.

Desde Galileu e Newton que se sabia que medidas laboratoriais de processos mecânicos nunca podiam mostrar diferenças entre um equipamento em repouso e um outro que estivesse em movimento com velocidade constante em linha reta: era o chamado princípio da relatividade. Mas nem todas as leis da física eram consideradas universais e independentes do observador: de acordo com a teoria eletromagnética de Maxwell (refinada depois por Lorentz), a luz não devia obedecer a este princípio e devia mostrar o efeito do movimento. Michelson e Morley fizeram uma experiência, em 1887, em que tentaram detectar a diferença entre a velocidade da luz na direção do movimento da Terra (afetado pelo vento de éter resultante) com a velocidade da luz numa direção em ângulo reto com ela. Mas, para sua surpresa, não encontraram nenhuma diferença. O valor da velocidade da luz não se parecia alterar quando se alterava a velocidade do seu emissor – o que estava em desacordo com os modelos da Física Clássica.

Disponível em: <<http://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/fernandacardoso/Relatividade.htm>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

Com base nesse texto, o fato de a velocidade da luz ser a mesma, independente da velocidade do seu emissor, mostra que:

- A) a luz é uma onda mecânica.

- B) a luz se comporta como partícula.
- C) sua velocidade depende do referencial.
- D) sua velocidade é uma constante universal.
- E) sua velocidade varia com o passar do tempo.

8) Em uma aula de física, um aluno faz a seguinte afirmação:

Se um corpo atingir o dobro da velocidade da luz em relação a um referencial, o tempo parecerá tão lento que os relógios praticamente pararão, pois as massas dos ponteiros ficarão enormes.

Com base na teoria da relatividade restrita, podemos afirmar corretamente que:

- A) a afirmação é rigorosamente correta.
- B) a afirmação é parcialmente correta. As massas não ficarão enormes.
- C) a afirmação é parcialmente correta. As massas ficarão enormes, mas o tempo fluirá sem alteração.
- D) a afirmação é incorreta, pois, ao ultrapassar a velocidade da luz, o tempo inverterá o sentido.
- E) a afirmação é rigorosamente incorreta. Um corpo não pode ser acelerado até ultrapassar a velocidade da luz.

9) Com base na Teoria da Relatividade de Albert Einstein, publicada em 1905, analise as afirmações:

- I. O tempo dilata, isto é, um mesmo evento pode transcorrer em intervalos de tempo diferentes quando medido por dois observadores, um em repouso e o outro em movimento retilíneo uniforme em relação ao primeiro.
- II. O comprimento contrai, isto é, um mesmo corpo pode ter comprimentos diferentes quando medido por dois observadores, um em repouso e o outro em movimento retilíneo uniforme em relação ao primeiro.
- III. A velocidade da luz no vácuo tem seu valor aproximado de 300.000 km/s, independente do referencial.

Qual alternativa está correta?

- A) I e II
- B) I e III
- C) II e III
- D) todas
- E) nenhuma

10) Um dado que comprova a Teoria da Relatividade é o fato de a velocidade dos satélites em órbita atrasar seus cronômetros internos em alguns milionésimos de segundos por dia, tornando necessário fazer ajustes. Tais ajustes foram possíveis devido às equações da relatividade. Para qual dos equipamentos abaixo, muito útil atualmente no dia a dia das pessoas, é necessária a utilização das equações da relatividade para seu perfeito funcionamento?

- A) A balança.

- B) A bússola.
- C) O GPS.
- D) O mapa.
- E) O sextante.

Gabarito: 1) B 2) E 3) A 4) D 5) B 6) A 7) D 8) E 9) D 10) C

Referências Bibliográficas (apêndice C)

Globo Ciência. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/einstein-vida-e-obra-do-fisico-alemao.html>>. Acesso em julho de 2015.

Globo Ciência. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/formula-de-einstein-possibilitou-construcao-de-bombas-atomicas.html>>. Acesso em julho de 2015.

KANTOR, C. A. et al. **Coleção Quanta Física**. São Paulo: Editora PD, 2010.

KARAN, R. A. **Relatividade Restrita no início do Ensino Médio: Elaboração e análise de uma proposta**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) UFSC. 2005.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Editora do autor. 2006.

Paramount Pictures (filme). *Interestelar*, 2014. 2h49min.

REIS, J. C. **Einstein e o universo relativístico**. São Paulo: Editora Atual. 2000.

RIO DE JANEIRO. **SAERJINHO**. Disponível em: <<http://www.saerj.caedufjf.net>>. Acesso em julho de 2015.