



LEANDRO LONDERO DA SILVA

**“O FUNCIONAMENTO DE IMAGENS E A
PRODUÇÃO DE SENTIDOS NA LEITURA DA
RELATIVIDADE RESTRITA”**

**CAMPINAS
2013**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

LEANDRO LONDERO DA SILVA

**“O FUNCIONAMENTO DE IMAGENS E A
PRODUÇÃO DE SENTIDOS NA LEITURA
DA RELATIVIDADE RESTRITA”**

Orientador(a): Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Educação.

Na área de concentração:

Ensino e Práticas Culturais

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELO ALUNO LEANDRO LONDERO DA SILVA
E ORIENTADO PELA PROFA. DRA. MARIA JOSÉ PEREIRA MONTEIRO DE ALMEIDA

Assinatura do Orientador

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the supervisor, Prof. Dr. Maria José Pereira Monteiro de Almeida.

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Prof. Dr. Dario Fiorantini.

Prof. Dr. Dario Fiorantini
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
Faculdade de Educação - Unicamp
Matrícula: 21582-8

CAMPINAS
2013

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA
DA FACULDADE DE EDUCAÇÃO/UNICAMP**

ROSEMARY PASSOS – CRB-8ª/5751

Si38f Silva, Leandro Londero da, 1978-
O funcionamento de imagens e a produção de sentidos na
leitura da relatividade restrita / Leandro Londero da Silva
Lima. – Campinas, SP: [s.n.], 2013.

Orientador: Maria José Monteiro de Almeida.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Educação.

1. Imagens. 2. Relatividade (Física). 3. Análise do
discurso. 4. Física – Ensino. I. Almeida, Maria José P. M. de
(Maria José Pereira Monteiro de), 1944- II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

13-012/BFE

Informações para a Biblioteca Digital

Título em inglês The pictures' functioning and the meanings production in the
reading on Restrict Relativity

Palavras-chave em inglês:

Picture

Relativity (Physic)

Discourse analysis

Physics education

Área de concentração: Ensino e Práticas Culturais

Titulação: Doutor em Educação

Banca examinadora:

Maria José Pereira Monteiro de Almeida (Orientador)

Guaracira Gouvêa de Sousa

José Luis Michinel

Fernando Jorge da Paixão Filho

Jorge Megid Neto

Data da defesa: 06/02/2013

Programa de pós-graduação: Educação

e-mail: leandrolondero@gmail.com

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

TESE DE DOUTORADO

**O FUNCIONAMENTO DE IMAGENS E A PRODUÇÃO DE SENTIDOS
NA LEITURA DA RELATIVIDADE RESTRITA**

Autor : Leandro Londero da Silva

Orientadora: Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Este exemplar corresponde à redação final da Tese defendida por **Leandro Londero da Silva** e aprovada pela Comissão Julgadora.

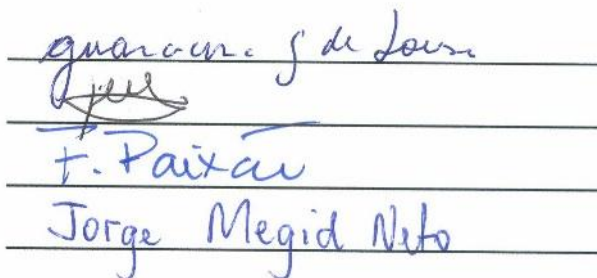
Data: 06/02/2013

Assinatura:



Orientadora

COMISSÃO JULGADORA:



2013

“Antes de julgar a minha vida ou o meu caráter...
calce os meus sapatos e percorra o caminho que eu percorri, viva as
minhas tristezas, as minhas dúvidas e as minhas alegrias. Percorra os
anos que eu percorri, tropece onde eu tropecei e levante-se assim como
eu fiz. Não compare a sua vida com a de outros. Você não sabe como
foi o caminho que eles tiveram que trilhar na vida”
(Clarice Lispector)

Dedico este trabalho aos meus pais Ari e Odila, por me proporcionarem ótima base familiar e educação. Em especial, à minha mãe, a qual em virtude da distância, não foi possível cuidar.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dr. Maria José Pereira Monteiro de Almeida pela oportunidade que me foi concedida. Obrigado por me aceitar no gepCE e realizar o sonho de estudar na UNICAMP. Obrigado pelos ensinamentos, orientações, discussões e por “entender” a ansiedade em prestar concursos e a ausência nos últimos dois anos.

Aos professores Dr. Fernando Jorge da Paixão Filho, Dr. Jorge Megid Neto e Dr. José Luis Michinel Machado, bem como à Profa. Dr. Guaracira Gouvêa de Sousa pelas críticas e sugestões na avaliação final do trabalho.

Ao professor Dr. Eduardo Galembek por aceitar o convite de participação de banca de qualificação.

Aos estudantes da disciplina de Conhecimento em Física Escolar II, que foram meus alunos, por realizarem as tarefas solicitadas, as quais serviram de material para as análises deste estudo.

Aos colegas de gepCE, em especial a Thirza pela amizade e auxílios solicitados. Aos colegas da sala ao lado, que batiam constantemente na parede pedindo para eu falar mais baixo. Em particular, à Lilian. Agradeço também aos colegas que tiveram que se retirar desta mesma sala e, por horas, ficaram perambulando pelos corredores. Meu forte abraço ao Lindomar e a Alday.

Ao meu irmão Welerson e minha irmã Michele, pelo carinho.

Ao Paulo Marquette pelo apoio constante.

Aos meus primeiros orientandos, seja eles do PIBID, da IC e de TCC, por acreditarem no ensino. Em especial, Jaqueline, Ezequiel, Helena e Silvia.

Aos contribuintes de impostos do Estado de São Paulo pelos 19 meses de auxílio parcial, por meio de bolsa e reserva técnica concedida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 08/57038-1.

RESUMO

Partimos do pressuposto que, quando imagens são incluídas em textos, na leitura desses a produção de sentidos está associada ao funcionamento das imagens que os constituem. A partir da constatação básica de que imagens têm estado presentes e são relevantes em textos escritos, esta pesquisa objetivou: analisar como imagens participam das interpretações de licenciandos em física quando esses leem textos de divulgação científica sobre relatividade restrita; compreender como estudantes de licenciatura em física interpretam a teoria da relatividade restrita em textos de divulgação científica de autores cientistas. Para tanto, desenvolvemos uma pesquisa numa disciplina da Licenciatura em Física. Promovemos, sob determinadas condições de produção, a leitura por um conjunto de alunos em formação inicial de textos relacionados aos objetivos da pesquisa. O principal apoio teórico foi a análise do discurso iniciada na França por Michel Pêcheux. Como instrumentos para a coleta e registro das informações utilizamos: questionário; entrevista semiestruturada; respostas a questões formuladas durante as aulas; produções textuais dos estudantes e a vídeo gravação das aulas. Em nosso estudo, as imagens desempenharam um papel fundamental na produção de sentidos. Elas não foram vistas, em geral, como simples ilustrações, ou seja, não foram ocorrências sem importância, mostradas acidentalmente e utilizadas para atrair e agradar o leitor. Os resultados que obtivemos permitem afirmar que, os sentidos produzidos para imagens comumente utilizadas nas produções textuais sobre a relatividade restrita são distintos para diferentes leitores/observadores. Elas envolvem relações históricas, sociais e pedagógicas também distintas entre produtores e leitores/observadores, e possivelmente os autores, ao priorizarem determinadas imagens, consideram que os leitores estão familiarizados com elas. Admitem que sua presença nos textos de relatividade é motivo de ligação entre o mundo em que o leitor vive e o contexto histórico no qual a relatividade surgiu e que estão tentando apresentar. Por outro lado, a crença na transparência das imagens, por parte dos estudantes, faz com que elas sejam facilmente manipuladas e acabem sendo consumidas na leitura e na sala de aula. As relações que eles estabeleceram entre as imagens e os sentidos produzidos podem ser organizadas nos seguintes modos de funcionamento: a) as imagens motivam a aprendizagem; b) a imagem é um ponto de partida para a discussão de um determinado conceito/assunto; c) a imagem cumpre a função explicativa, ela dá suporte para as explicações textuais; d) as imagens funcionam como apoio nas atividades de ensino; e) as imagens auxiliam na construção de modelos mentais dos leitores, e por vezes ajudam a evitar ou reduzir más interpretações. Em geral, os estudantes estavam familiarizados com algumas delas. Por outro lado, acostumados a observá-las sem reflexão, eles acabavam esquecendo que por trás dessas imagens estava um produtor/autor e um contexto histórico. Consideramos que a recorrência constante de imagens como as de trens, réguas, relógios, plataformas e gêmeos, em textos de relatividade restrita, alerta para a necessidade de aprendermos a decodificar essas imagens.

Palavras-chave: Imagens, Relatividade Restrita, Análise de discurso, ensino de física.

ABSTRACT

We assume the idea that, when pictures are inserted into texts, the meaning production from the reading of these is associated to the function developed by the pictures that compose them. From the basic evidence that images have been present in written texts and are relevant to them, this research aimed: to analyze how pictures take part into Physics pre-teachers understanding when they read scientific dissemination texts on restrict relativity; to comprehend how Physics pre-teachers understand the restrict relativity theory in scientific dissemination texts written by scientists authors. For that, we carried out a research in a discipline from a teacher education course in Physics. We promoted, under certain production conditions, the reading by a group of students in education course of texts related to the purposes of this research. The main theoretical framework was the discourse analysis initiated in France by Michel Pêcheux. As instruments to collect and record information, we employed: questionnaire; semi-structured interviews; answers to questions formulated into the classes; text production from students; and the video recording of the classes. In our study, the pictures developed an essential role in the meanings production. They were not considered, in general, as simple illustrations, it means, they were not occurrences without importance, showed accidentally and utilized in order to attract and please the reader. The results obtained allow declaring that, the meanings produced from the pictures commonly used in text productions upon restrict relativity are distinct to different readers/observers. They involve historic, social and pedagogical relations also distinct between producers and readers/observes, and possibly the authors, when prioritize determined pictures, they consider that the readers are acquainted with them. They admit that pictures presence in texts on relativity is reason for the link between the reader world and the historical context in which the relativity arose and they are trying to provide. On one hand, the belief in pictures transparency, by the students, makes them easily be manipulated and employed in the reading and into the classroom. The relations they established between pictures and produced meanings can be organized into the following ways of functioning: a) the pictures motivate the learning; b) the picture is a starting point to discuss a determined concept/subject; c) the picture develops an explanatory function, it gives support to text explanations; d) the pictures functioning as a support in the teaching activities; e) the pictures help the readers to build cognitive models, and sometimes, help to avoid or minimize misunderstandings. In general, the students were acquainted with some of them. On the other hand, used to observe them without reflect, the student forgot that behind these pictures be a producer/author and a historical context. We considered that the constant recurrence of pictures as the train, rulers, clocks, platforms and twins, in texts on restrict relativity, raising the awareness of the need for learning to decode these pictures.

Key words: Picture, Relativity, discourse analysis, Physics education.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DO MÓDULO PROPOSTO POR VILLANI (1980).....	27
TABELA 2 - TESES E DISSERTAÇÕES DEFENDIDAS EM PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO REFERENTES AO USO DE IMAGENS NO ENSINO DE FÍSICA.....	45

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - EXEMPLO DE ALGUMAS IMAGENS SELECIONADAS PARA O ESTUDO JUNTO AOS LICENCIANDOS.....	77
QUADRO 2 - PRIMEIRO CONJUNTO DE IMAGENS SELECIONADAS E JUSTIFICATIVAS APRESENTADAS PELOS ESTUDANTES.....	92
QUADRO 3 - SEGUNDO CONJUNTO DE IMAGENS SELECIONADAS E JUSTIFICATIVAS APRESENTADAS PELOS ESTUDANTES.....	94
QUADRO 4 - IMAGENS MENCIONADAS POR CRISTIANO, REPRODUZIDAS DE LANDAU E RUMER (1963).....	95
QUADRO 5 - TERCEIRO CONJUNTO DE IMAGENS SELECIONADAS E JUSTIFICATIVAS APRESENTADAS PELOS ESTUDANTES.....	97
QUADRO 6 - HISTÓRIAS EM QUADRINHOS UTILIZADAS POR CARLOS EM SEU EPISÓDIO DE ENSINO.....	129
QUADRO 7 - SÍNTESE DO EPISÓDIO DE ENSINO PROPOSTO POR GUSTAVO.....	160
QUADRO 8 - SÍNTESE DO EPISÓDIO DE ENSINO PROPOSTO POR KARIN.....	178

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REPRODUZIDO DE LANDAU E RUMER (1963)	1
FIGURA 2 - REPRODUZIDO DE EINSTEIN (1999)	3
FIGURA 3 - PRIMEIRA IMAGEM ESCOLHIDA POR CARLOS.....	104
FIGURA 4 - SEGUNDA IMAGEM ESCOLHIDA POR CARLOS.....	106
FIGURA 5 - TERCEIRA IMAGEM ESCOLHIDA POR CARLOS.....	107
FIGURA 6 - PRIMEIRA IMAGEM DESTACADA POR CARLOS.....	117
FIGURA 7 - SEGUNDA IMAGEM DESTACADA POR CARLOS.....	117
FIGURA 8 - TERCEIRA IMAGEM DESTACADA POR CARLOS.....	117
FIGURA 9 - PRIMEIRA IMAGEM DESTACADA POR CARLOS NO TEXTO DE COLEMAN.....	121
FIGURA 10 - SEGUNDA IMAGEM DESTACADA POR CARLOS NO TEXTO DE COLEMAN.....	122
FIGURA 11 - TERCEIRA IMAGEM DESTACADA POR CARLOS NO TEXTO DE COLEMAN.....	122
FIGURA 12 - PRIMEIRA IMAGEM ESCOLHIDA POR GUSTAVO.....	136
FIGURA 13 - CONJUNTO DE IMAGENS ESCOLHIDO POR CARLOS.....	136
FIGURA 14 - “RELATIVIDADE”, M. C. ESCHER (1953)	137
FIGURA 15 - IMAGEM MENCIONADA POR GUSTAVO NA EXPLICAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS NA LEITURA DO TEXTO DE LANDAU E RUMER (1969).....	147
FIGURA 16 - PRIMEIRA IMAGEM DESTACADA POR GUSTAVO.....	148
FIGURA 17 - SEGUNDA IMAGEM DESTACADA POR GUSTAVO.....	148
FIGURA 18 - PRIMEIRA IMAGEM DESTACA POR GUSTAVO EM “RELATIVIDADE PARA TODOS”	154
FIGURA 19 - SEGUNDA IMAGEM DESTACA POR GUSTAVO EM “RELATIVIDADE PARA TODOS”	155
FIGURA 20 - TERCEIRA IMAGEM DESTACA POR GUSTAVO EM “RELATIVIDADE PARA TODOS”	155
FIGURA 21 - TIRA DE HUMOR ESCOLHIDA POR KARINA.....	166

FIGURA 22 - SEGUNDA IMAGEM ESCOLHIDA POR KARINA.....	166
FIGURA 23 - TERCEIRA IMAGEM ESCOLHIDA POR KARINA.....	167
FIGURA 24 - IMAGEM PRESENTE PÁGINA 85 NO TEXTO DE LANDAU E RUMER (1963).....	171
FIGURA 25 - IMAGEM ESCOLHIDA POR KARINA COMO SIGNIFICATIVA NO TEXTO DE LANDAU E RUMER (1963)	174
FIGURA 26 - IMAGEM ESCOLHIDA POR KARINA COMO SIGNIFICATIVA NO TEXTO “RELATIVIDADE PARA TODOS”	177
FIGURA 27 - TIRA UTILIZADA POR KARINA EM SEU EPISÓDIO DE ENSINO.....	179
FIGURA 28 - TIRA UTILIZADA POR KARINA EM SEU EPISÓDIO DE ENSINO.....	179

SUMÁRIO

RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1 – A RELATIVIDADE RESTRITA.....	8
1.1 Relatividade Restrita: uma breve introdução.....	8
1.2 A importância de estudar Relatividade Restrita.....	11
1.3 Revisão da literatura sobre pesquisas com foco no ensino e na aprendizagem da Relatividade Restrita.....	15
CAPÍTULO 2 – RELATIVIDADE RESTRITA: LEITURA E IMAGENS..	34
2.1 A mediação da teoria da relatividade restrita por meio da leitura.....	34
2.2 As imagens no Ensino de Física.....	44
CAPÍTULO 3 – APOIO TEÓRICO E CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO.....	62
3.1 Considerações sobre a Análise de Discurso.....	62
3.2 As condições de produção da coleta de informações, local de realização e sujeitos.....	69
3.3 O registro das informações.....	76
3.3.1 Identificação e registro de imagens e construção de quadros auxiliares.....	76
3.3.2 Vídeo-gravação das aulas.....	86
3.3.3 As produções textuais dos alunos.....	87
3.3.4 Entrevistas semiestruturadas.....	87
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE INTERPRETAÇÕES PRODUZIDAS NA LEITURA DA RELATIVIDADE RESTRITA.....	91
4.1 Imagens selecionadas por licenciandos.....	91
4.2 Interpretações específicas de alguns licenciandos.....	99
4.2.1 As interpretações do estudante Carlos.....	100
4.2.2 As interpretações do estudante Gustavo.....	131
4.2.3 As interpretações da estudante Karina.....	163
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	182
REFERÊNCIAS.....	195
ANEXOS.....	208

INTRODUÇÃO

Imagens podem ser consideradas como um importante aspecto a ser levando em consideração no momento da elaboração de um texto. Entretanto, podemos acreditar no ditado “Uma imagem vale mais do que mil palavras”? Quando se trata da elaboração de um texto destinado à divulgação de um conceito ou teoria o cuidado na escolha/seleção das imagens que serão utilizadas deve ser redobrado, pois elas podem levar a interpretações errôneas sobre o assunto que está sendo divulgado.

É surpreendente, então, que a interpretação e, portanto, o funcionamento de imagens na leitura de textos não tenha grande ênfase na investigação no campo da Educação em Ciências.

Sabemos que imagens constituem um aspecto importante em textos das áreas de ciências. Se folhearmos as páginas de livros didáticos encontramos uma quantidade significativa de imagens. No entanto, é de estranhar que uma imagem (como uma palavra) por si só não signifique nada (WITTGENSTEIN, 1958). É somente por meio de situações recorrentes que a relação de uma palavra a outras palavras, uma imagem a outras imagens e palavras são estabelecidas. Por exemplo, alguém poderia perguntar: Qual é o conteúdo da imagem na Figura 01?, reproduzida de um livro de divulgação científica. Qual é o seu significado?

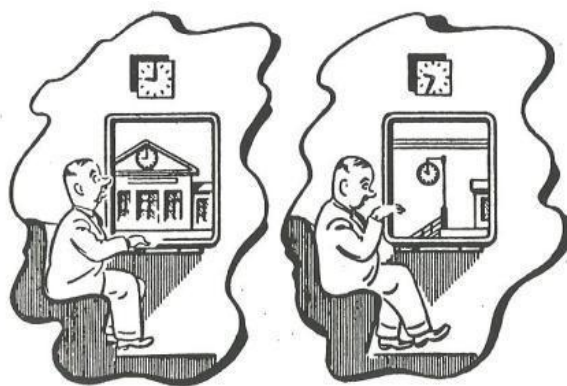


Figura 1 – Reproduzido de Landau e Rumer (1963)

Por conta própria, a imagem reproduzida significa pouco, porque a sua interpretação/leitura por um observador dá origem a diferentes maneiras de ver, ou seja, cada

imagem incorpora uma forma de ver associada à história de outras interpretações feitas por quem lê e permite, portanto, diferentes interpretações.

Uma leitura possível é a seguinte; na imagem observamos um homem vestido, de meia-idade, sentado sobre um banco. Ele está em um ambiente que não é possível definir com exatidão qual é. Nesse ambiente, porém, há uma parede na qual encontra-se fixo um relógio na parte superior, acima de um quadro ou janela. O homem está com o braço direito um pouco elevado e parece olhar em uma direção para fora do ambiente, o que faz o leitor supor que é uma janela existente e não um quadro. Ao lado, observamos uma imagem do homem, no mesmo ambiente, após um intervalo de tempo, ou seja, há elementos presentes nas imagens que permitem concluir que o homem encontra-se no mesmo ambiente e que decorreu um intervalo de tempo. É possível concluir que ele está no mesmo ambiente em virtude de estar sentado aparentemente no mesmo banco e pela presença da janela e do relógio no alto da parede. Concluimos que decorreu um intervalo de tempo em virtude da mudança da paisagem que é visualizada através da janela e dos ponteiros do relógio na parede, os quais encontram-se em posições diferentes das anteriores.

Podemos concluir também que, o homem estava de braço um pouco elevado para olhar as horas que seu relógio de pulso marcava naquele momento. Parece que o homem compara a indicação de seu relógio com a marcação do relógio presente no prédio, que encontra-se fora do ambiente. No primeiro momento, há uma igualdade na marcação dos relógios da parede e do prédio. Após decorrido um intervalo de tempo, há uma outra marcação no relógio da parede e em outro relógio que agora aparece no lado de fora do ambiente.

Então, o que isso significa? Para encontrar uma resposta, podemos buscar informações no texto do qual reproduzimos a imagem.

Por outro lado, Albert Einstein em carta enviada a Jacques Hadamard e publicada em um livro deste último autor mencionava:

As palavras ou a linguagem escrita ou falada, não creio que desempenhem nenhum papel no mecanismo de meu pensamento. Os entes físicos que parecem servir de elementos ao pensamento são certos signos e certas imagens mais ou menos claras que podem ser ‘voluntariamente’ reproduzidas e combinadas.

No entanto, ao mesmo tempo que Einstein dá ênfase a certos signos e imagens, que parecem servir de elementos ao seu pensamento, ele utiliza somente uma imagem em sua principal obra “A teoria da relatividade especial e geral” na qual divulga, segundo suas próprias palavras, a Teoria da Relatividade àqueles que, de um ponto de vista geral científico e filosófico, se interessam pela teoria mas não dominam o aparato matemático da física teórica. A imagem utilizada por Einstein (1999) é reproduzida na figura 02.

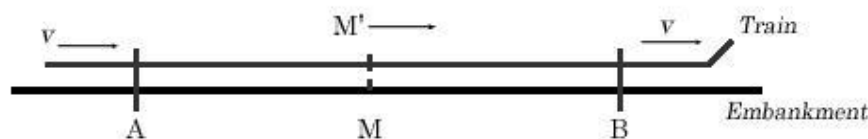


Figura 2 – Reproduzido de Einstein (1999)

Ainda, segundo o autor, a leitura da obra, e consequentemente da imagem acima reproduzida, pressupõe que o leitor tenha formação equivalente à do ensino médio e – apesar da brevidade do livro – paciência e força de vontade (EINSTEIN, 1999).

Partimos do pressuposto que imagens são recursos constitutivos de textos, sendo que a leitura deles e, consequentemente, a produção de sentidos por quem os lê está associada ao funcionamento das imagens que os constituem. Assim, a partir da constatação básica de que a utilização de imagens tem estado presente e é relevante em textos escritos, esta pesquisa tem por objetivos:

1) Analisar de que maneira aspectos textuais como imagens participam das interpretações de licenciandos em física quando estes leem textos de divulgação científica escritos por cientistas sobre relatividade restrita.

2) Compreender como estudantes de licenciatura em física interpretam a Relatividade Restrita em textos de divulgação científica de autores cientistas.

Em função dos objetivos propostos, formulamos os seguintes problemas:

1) Como funcionam as imagens em textos escritos por cientistas para a divulgação da teoria da relatividade restrita a partir da leitura realizada por alunos de licenciatura em física?

2) Que relações são possíveis de serem estabelecidas entre as recomendações produzidas por pesquisadores da área de Educação em Ciências sobre o uso de imagens para

o ensino de conceitos científicos e as interpretações de estudantes de Licenciatura em Física a partir da leitura que realizam de textos de divulgação científica?

3) Que sentidos são produzidos por estudantes de Licenciatura em Física sobre a Relatividade Restrita a partir da leitura de textos produzidos por cientistas para a divulgação dessa teoria e como estes sentidos são produzidos?

Em nosso estudo, estamos considerando as imagens como um tipo de discurso. Souza (2001) esclarece que:

O estudo de imagens, como discurso produzido pelo não-verbal, abre perspectivas comumente não abordadas em análises mais recorrentes. Abre-se a possibilidade de entender os elementos visuais como operadores de discurso, condição primeira para se desvincular o tratamento da imagem através da sua correlação com o verbal e de se descartarem os métodos que “alinham o verbal pelo não-verbal (p.93).

Nosso estudo justifica-se uma vez que tanto textos didáticos como os destinados à divulgação da Teoria da Relatividade Restrita apresentam imagens em suas explicações. Nessas produções somos confrontados com ilustrações de trens, réguas, relógios e gêmeos. Compreender o funcionamento destas imagens no entendimento dessa teoria, as relações entre elas e os sentidos atribuídos por quem as lê e como elas participam das interpretações de estudantes de física, quando eles leem textos de relatividade, escritos por cientistas, torna-se importante tema de investigação.

A escolha, especificamente, da relatividade pode ser justificada não apenas por sua relevância no âmbito da Física Moderna e Contemporânea, mas também pelo fato do físico alemão Albert Einstein (1879-1955) se destacar não somente como um grande cientista e uma figura da nossa cultura, mas principalmente por preocupar-se, ao longo de sua vida, em divulgar o conteúdo de suas teorias revolucionárias na física, tanto para o público especializado como para o leigo.

Moreira e Studart (2005) relatam que Einstein dedicou parte de seu tempo à divulgação de suas ideias por meio de ensaios, artigos de revisão e palestras, especialmente após alcançar fama mundial em 1919, quando seus trabalhos foram reconhecidos pela Royal Society de Londres. No que tange à relatividade, desde 1915 desenvolveu esforços para difundir-la não só entre seus pares, mas também para um público maior.

Consideramos que, no âmbito da Física, em parceria com a Mecânica Quântica, a Relatividade é a grande estrela do século XX. Ensinar Relatividade não é tarefa fácil, pois, em geral, os assuntos fogem da visão clássica de mundo que possuímos. Além disso, a metodologia tradicional das disciplinas para os cursos de Física privilegia a abordagem excessivamente formalista, ou seja, os estudantes recebem as informações na forma de equações, sem vínculo com os fenômenos a que se referem. Em decorrência disso, a Relatividade é considerada para muitos como um conteúdo difícil, sendo aparentemente seus conceitos comumente pouco compreendidos pelos estudantes.

Os métodos usuais de ensino desse tópico parecem não favorecer a aprendizagem dos alunos. Este aspecto conduz a que o desenvolvimento de atividades de ensino que criem condições para a aprendizagem da Relatividade se torne tema relevante para investigações.

Para respondermos as questões norteadoras, desenvolvemos uma pesquisa que consistiu em promover, em aulas de uma disciplina da licenciatura em Física, a leitura de textos de relatividade restrita de autores cientistas, procurando compreender, sob determinadas condições de produção, o funcionamento de imagens e os sentidos atribuídos pelos estudantes quando da leitura do texto.

Sendo assim, passamos a apresentar o conteúdo de cada um dos capítulos que compõem este trabalho.

No primeiro capítulo, apresentamos uma breve introdução à Teoria da Relatividade Restrita. Após, com base na literatura da área de ensino de física, tecemos comentários sobre as justificativas para abordar a Teoria da Relatividade Restrita e, com a finalidade de obtermos um quadro demonstrativo das pesquisas realizadas, em âmbito brasileiro e internacional, apresentamos uma breve revisão dos estudos que se destinaram à elaboração e avaliação de propostas para o Ensino da Relatividade.

Em continuidade, no segundo capítulo, argumentamos a favor da mediação da Teoria da Relatividade Restrita por meio da leitura. Novamente amparados na literatura da área, versamos sobre o uso de imagens, especificamente em textos escritos de física e apresentamos uma breve revisão de literatura sobre esse uso.

Na sequência, relatamos, no terceiro capítulo, o apoio teórico que sustenta a análise das informações e o desenvolvimento do estudo. As condições de produção da coleta de

informações, o local de realização da pesquisa e os sujeitos também são apresentados nesse capítulo. Por fim, descrevemos os recursos utilizados para registro das informações.

O quarto capítulo é destinado às apresentação e análise das interpretações proferidas pelos estudantes na leitura da Relatividade Restrita, em relação às imagens por eles escolhidas para o ensino dessa teoria, bem como para as imagens por eles interpretadas, presentes em textos de divulgação científica produzidos por cientistas.

Ao final, respondemos as questões de estudo e apontamos algumas considerações a que chegamos após o desenvolvimento da pesquisa.



“As palavras ou a linguagem escrita ou falada, não creio que desempenhem nenhum papel no mecanismo de meu pensamento. Os entes físicos que parecem servir de elementos ao pensamento são certos signos e certas imagens mais ou menos claras que podem ser ‘voluntariamente’ reproduzidas e combinadas”

A. Einstein

CAPÍTULO 1 – A RELATIVIDADE RESTRITA

1.1 Relatividade Restrita: uma breve introdução

A Teoria da Relatividade é a designação dada ao conjunto de duas teorias científicas: a Relatividade Restrita (ou Especial) e a Relatividade Geral.

Em especial, a Relatividade Restrita foi publicada em 1905 por Albert Einstein, o qual avançou significativamente em relação a estudos precedentes do matemático Henri Poincaré e do físico Hendrik Lorentz, entre outros. O termo “Restrita” é usado uma vez que ela é um caso especial do princípio da relatividade, no qual os efeitos da gravidade são ignorados, ou seja, a Relatividade Restrita descreve a física do movimento na ausência de campos gravitacionais. Ela substitui os conceitos autônomos de espaço e tempo da Teoria de Newton pela ideia de espaço-tempo como um ente geométrico unificado. O espaço-tempo na relatividade restrita consiste de uma variedade diferenciável de 4 dimensões, três espaciais e uma temporal. Encontramos nesta teoria a ideia de velocidade da luz como invariante.

A descrição do movimento na presença de campos gravitacionais é realizada pela Teoria da Relatividade Geral, surgindo a noção de espaço-tempo curvo, também sintetizada por Einstein e publicada em 1915.

O princípio da relatividade foi introduzido por Galileu Galilei e afirma que o movimento, ou pelo menos o movimento retilíneo uniforme, só tem significado quando comparado com outro ponto de referência. De acordo com o princípio da relatividade de Galileu, não existe sistema de referência absoluto pelo qual todos os outros movimentos podem ser medidos. Descrito de outra maneira, pelo princípio da relatividade as leis fundamentais da Física são as mesmas em todos os sistemas de referência inerciais, ou seja, a forma das equações físicas não podem depender do estado de movimento de um observador, uma vez que o movimento é relativo.

Explicando melhor, podemos dizer que dois observadores que se movem com velocidade uniforme, um relativamente ao outro, devem formular as leis do movimento exatamente da mesma forma. Em especial, nenhum observador pode distinguir entre repouso

absoluto e movimento absoluto. Não existe movimento absoluto, mas somente movimento relativo de um observador relativamente a um outro.

Galileu elaborou um conjunto de transformações intituladas “transformadas de Galileu”, compostas de cinco leis, para sintetizar as leis do movimento quando ocorre mudanças de referenciais.

Antes da Teoria da Relatividade Restrita ser publicada, os físicos acreditavam que a Mecânica Clássica de Newton, baseada na relatividade de Galileu, descrevia os conceitos de velocidade e força para todos os sistemas de referência (ou observadores). Porém, Hendrik Lorentz e outros, mostraram que as equações que governam o eletromagnetismo, sintetizadas por Maxwell, não se comportam de acordo com as transformadas de Galileu quando o sistema de referência muda, uma vez que as observações do fenômeno podiam diferir para duas pessoas em movimento, uma em relação à outra a uma velocidade próxima da luz. Deste modo, enquanto uma pessoa observa um campo magnético a outra interpreta aquele como um campo elétrico.

Para resolver isso e, portanto, ocorrer uma reconciliação entre física Newtoniana e o eletromagnetismo, Lorentz sugeriu a teoria do éter, pela qual objetos e observadores estariam imersos em um fluido imaginário chamado éter, os quais sofreriam um encurtamento físico (contração de Lorentz) e uma mudança na duração do tempo (dilatação do tempo).

Tal reconciliação ocorreria por meio da transformação de Lorentz, que substituiria a transformação de Galileu. Para velocidades muito menores que a da luz (c), as leis resultantes são as mesmas da teoria de Newton, reduzindo-se as transformações às de Galileu.

Assim, verificou-se que existia então um referencial inercial privilegiado para as equações de Maxwell – o chamado éter luminífero – em relação ao qual a velocidade da luz apresenta um valor constante e finito c de 300.000 Km/s (BASSALO, 1997).

Bassalo (1997) argumenta que esse resultado indicava que por meio de uma experiência eletromagnética era possível determinar se um corpo está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. O autor esclarece ainda que, em 1887, os norte-americanos, o físico Albert Abraham Michelson e o químico Edward William Morley realizaram uma

célebre experiência na qual observaram que não existia um referencial inercial privilegiado para o eletromagnetismo (BASSALO, 1997).

Nas palavras de Bassalo, a não-invariância das equações de Maxwell por uma transformada de Galileu indicava que as mesmas apresentavam uma assimetria, ou seja, elas se apresentavam diferentemente para referenciais em repouso e em movimento retilíneo uniforme. Segundo Bassalo, foi ao estudar essa assimetria, em 1905, que Einstein formulou dois postulados:

1) “Princípio da Relatividade”

Todo referencial que está em movimento de translação uniforme com respeito a um referencial legítimo é, por sua vez, um referencial legítimo. Com relação a todos esses sistemas legítimos, as leis do movimento de qualquer sistema (mecânico) são as mesmas. (EINSTEIN, 1995)

Em síntese, as leis da física são iguais (ou seja, invariantes) em diferentes sistemas inerciais para diferentes observadores

2) “Princípio da constância da velocidade da luz”

Há um sistema de coordenadas em relação ao qual todo raio de luz no vácuo propaga com a velocidade c . (EINSTEIN, 1995)

Da ideia de invariância da velocidade da luz é que surgiu o título original da teoria: “Teoria dos invariantes”. Foi Max Planck quem sugeriu posteriormente o termo “relatividade” para ressaltar a noção de transformação das leis da física entre observadores movendo-se relativamente entre si.

Tomando como base esses dois postulados, hoje conhecidos como Princípios da Relatividade Restrita, Einstein passou a determinar as transformações lineares compatíveis com tais postulados. Einstein observou então que tais transformações já haviam sido obtidas pelo físico holandês Lorentz, hoje conhecidas como transformações de Lorentz (BASSALO, 1997).

$$x' = \gamma(x + Vt); y' = y; z' = z; t' = \gamma(t + Vx/c^2);$$

$$\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}; \beta = V/c$$

Bassalo relata que parece haver sido o físico Woldemar Voigt o primeiro a encontrar as equações de transformação entre sistemas e que substituíam as transformações de Galileu. Tais transformações foram também obtidas por Jules Henri Poincaré, em 1900.

Ao examinar o efeito que as transformações provocavam em corpos rígidos e em relógios em movimento, Einstein obteve os seguintes resultados:

a) Contração do Espaço: $L = L_0/\gamma$; significa que um corpo rígido de comprimento L_0 ao se mover com uma velocidade V em relação a um observador em repouso, aparecerá a este, como tendo um comprimento menor L , já que $\gamma > 1$;

b) Dilatação do Tempo: $\tau = \gamma\tau_0$; significa que o intervalo de tempo τ entre dois eventos, medido numa série de relógios sincronizados e em repouso, é maior que o intervalo de tempo τ_0 (chamado tempo próprio), entre esses mesmos eventos e medido por um observador solitário a um relógio que se move com velocidade V em relação ao conjunto de relógios referido anteriormente.

Para finalizar, vale a pena destacar que na Relatividade Restrita existe um conjunto de referenciais privilegiados chamados “referenciais inerciais”, em relação aos quais todos os fenômenos físicos devem ter a mesma descrição (princípio de covariância).

Com o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral a distinção entre referenciais inerciais e outros referenciais desaparece e a teoria passa a ser descrita da mesma forma em todos os referenciais, mesmo que eles sejam não cartesianos.

1.2 A importância de estudar Relatividade Restrita

As reformas curriculares ocorridas em muitos países, em especial no Brasil há mais de duas décadas, recomendaram a atualização dos conteúdos. No caso da Física, recomendou-se a inserção de conteúdos comumente chamados de Modernos e Contemporâneos.

Essas recomendações são explicitadas em documentos ministeriais como, por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais, ao destacarem que:

[...] disciplinas científicas, como a física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o Século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais”. “...não se trata de incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária, [...] e sim de prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada. (PCNs, 1999, p. 8)

Cabe então a pergunta: Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e ideias de física moderna e contemporânea na sala de aula?

Esta questão faz parte da carta escrita por Pena (2006) e enviada ao editor da Revista Brasileira de Ensino de Física. Pena procurou sistematizar as justificativas presentes na literatura da área para a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea nos currículos escolares.

Entre as justificativas, pensadas por pesquisadores da área, para essa inserção citamos: a) influência crescente dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo criado pelo homem (TERRAZZAN, 1992); b) impossibilidade de se vivenciar e participar plenamente do mundo tecnológico atual sem um mínimo de conhecimentos básicos dos desenvolvimentos mais recentes da Física (TERRAZZAN, 1992); c) despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima dos estudantes (OSTERMANN et cols., 1998); d) estabelecer o contato dos alunos com as ideias revolucionárias que mudaram totalmente a Ciência do século XX, pois como se tem processado, o ensino a Física é um conjunto de conhecimentos que acabou antes do início do século XX (OSTERMANN et cols., 1998); e) atrair jovens para a carreira científica, futuros pesquisadores, professores (OSTERMANN et cols., 1998); f) o estudante do Ensino Médio deve conhecer os fundamentos da tecnologia atual já que esta faz parte da sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional (VALADARES e MOREIRA, 1998); g) transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas, pois conceitos de FMC explicam fenômenos que a física clássica não explica. Possibilitar uma nova visão de mundo em que a física é responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, as quais se tornam cada vez mais básicas para o homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da Ciência e da tecnologia, influenciando outras formas do saber humano (PINTO e ZANETIC, 1999).

Na comunidade de pesquisadores em educação em ciências, há ainda a discussão sobre quais temas de física moderna e contemporânea deveriam ser incorporados nos

currículos escolares. Há consenso em dois deles: a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade, esta última tendo como seu principal representante Albert Einstein.

Apesar de não podermos comparar ambas teorias no âmbito de aplicações tecnológicas, elas certamente marcaram um novo período na Física, uma nova maneira de olhar os extremos da Física, ou seja, o extremamente pequeno e o extremamente rápido.

Ostermann e Moreira (1998) com o intuito de obterem uma lista consensual, entre físicos, pesquisadores em Ensino de Física e professores de Física do Ensino Médio, sobre quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea deveriam ser abordados na escola média, com vistas a atualizar o currículo de Física neste nível, chegaram aos seguintes itens: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas e relatividade restrita.

Em especial, a inserção da Teoria da Relatividade se justifica por muitas razões. A Teoria da Relatividade é um marco histórico no pensamento científico e para a sociedade. Michel Paty, a respeito do episódio da verificação da Teoria da Relatividade Geral em 1919 comenta que :

A fama mundial de Einstein começou naquele momento. E não foi só para o grande público, mas também no próprio meio científico. Quatro ou cinco anos depois da comprovação histórica, em 1919, a teoria da relatividade geral, bem como a restrita, estavam estabelecidas nas mentes dos cientistas, e a fama de Einstein para o público geral confirmou a importância crescente dos novos rumos da física e os distúrbios daquele período crucial da história do mundo (PATY, 2000, p. 11).

Ainda, para esse autor a enorme divulgação da Relatividade se deve em parte à mídia e ao seu aspecto mais marcante, ou seja, o fato dela tratar das leis da física e de reformular os conceitos de espaço e o tempo.

Outra justificativa é a influência que a Teoria da Relatividade tem exercido no âmbito da Física. Seu conhecimento é necessário para se compreender diferentes aspectos das produções culturais do Século XX. Como descreve Holton (1996), certos avanços na ciência vêm tendo consequências fora da mesma, a tal ponto de gerar grandes mudanças na cultura de determinada época.

Da mesma maneira que a Mecânica e a Óptica Newtoniana influenciaram artistas, pensadores e filósofos, podemos dizer que as produções de Einstein influenciaram fortemente diversos aspectos da cultura em áreas como filosofia, literatura e artes visuais, é o caso, por exemplo, de algumas obras de Salvador Dalí.

Ainda, em um ano especial como foi 2005 em que se comemorou o Ano Internacional da Física, a quantidade significativa de informações, nos diferentes meios de comunicação de massa, sobre Albert Einstein e suas produções, despertou a curiosidade e o interesse de muitas pessoas e em especial dos jovens.

Para Rodrigues (2001), contrariamente a outros temas de Física Moderna e Contemporânea, a escolha da Teoria da Relatividade como tópico de inserção no Ensino Médio, entre diversos outros, não pode residir no fato desse conteúdo permitir a compreensão de avanços tecnológicos que nos circundam. Para esse autor, enquanto a operacionalização da Física Quântica é muito mais evidente e muito mais presente para a compreensão de vários aparelhos, o único aparelho cujo funcionamento necessita da teoria da relatividade restrita para ser explicado é o Global Positioning System (GPS ou Sistema de Posicionamento Global) e, mesmo assim, a contribuição dessa teoria se limita à correção que deve ser feita durante a transmissão do sinal entre o aparelho e o satélite (RODRIGUES, 2001).

Rodrigues argumenta, ainda, que a inserção da Teoria da Relatividade Restrita se funda basicamente em três aspectos:

a) mudança de padrão de raciocínio e interpretação da realidade aliada à abstração e sofisticação do pensamento, graças à concepção de tempo como uma quarta dimensão;

b) possibilidade dessa teoria servir de porta de entrada para outros tópicos da Física Moderna e Contemporânea e, finalmente, pela necessidade de abordagem de um tema tão presente na sociedade por meio da divulgação científica.

A última justificativa exposta por Rodrigues (2001) é a influência exercida do ícone Einstein presente exaustivamente na mídia, no marketing, ou nos artigos de divulgação sobre sua vida, genialidade e teorias, no sentido de contribuir para a inserção de sua teoria no contexto da sala de aula, na medida em que os alunos já têm despertado o seu interesse no assunto.

Como mencionado anteriormente, em nosso estudo, a escolha da relatividade justifica-se tanto pela sua relevância no âmbito da Física Moderna e Contemporânea como

pelo fato de Albert Einstein se destacar como um grande cientista e figura ímpar de nossa cultura. Além disso, Einstein preocupou-se em divulgar o conteúdo de suas teorias tanto para o público especializado como para o leigo.

1.3 Revisão da literatura sobre pesquisas com foco no ensino e na aprendizagem da Relatividade Restrita

Com a finalidade de obtermos um quadro demonstrativo das pesquisas produzidas, em âmbito brasileiro e internacional, as quais se destinaram ao estudo do Ensino de Relatividade, realizamos uma revisão de literatura em três tipos de produções, são elas: teses e dissertações defendidas em programas de pós-graduação, artigos publicados em revistas da área de Ensino de Ciências e trabalhos completos apresentados e publicados em atas de congressos científicos.

Em relação à revisão realizada em Teses e Dissertações, primeiramente procedemos a identificação das produções. Para tanto, recorremos ao Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A identificação foi realizada por meio da procura das seguintes palavras-chave: Teoria da Relatividade (TR), Albert Einstein, Ensino de Física, Ensino Médio.

Em nossa revisão, num primeiro momento, damos ênfase a descrever sinteticamente os estudos de teses e dissertações pelo fato de muitos artigos e trabalhos de congressos serem frutos dessas produções.

Após a identificação das teses e dissertações mapeamos 10 estudos (01 tese e 09 dissertações). Dos dez estudos, sete relatam pesquisas as quais procuraram investigar propostas de ensino de relatividade restrita no ensino médio (RODRIGUES, 2001; SILVA, 2004; KARAN, 2005; CASTILHO, 2005; WOLFF, 2005; BORGES, 2005; SILVA, 2006), uma discute a natureza da ciência em aulas do ensino médio, tomando como exemplo a teoria da relatividade restrita (KÖHNLEIN, 2003), uma discute as relações entre Spinoza e Einstein (PONCZEK, 2005) e uma sugere um estudo do programa Einsteniano para o ensino de conceitos contra-intuitivos como os da física moderna para alunos de graduação em física (ARRUDA, 1994).

Notamos que a metade das pesquisas (cinco) foi defendida em 2005, ano de comemoração mundial da física pelo fato do centenário da publicação dos principais artigos de Albert Einstein como, por exemplo, o intitulado “Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento”, no qual o autor enuncia os princípios da Teoria da Relatividade Restrita. Esse acontecimento pode ter motivado a realização desses estudos.

Arruda (1994), em tese intitulada “Mudança Conceitual na Teoria da Relatividade Especial”, sugere um estudo do programa Einsteniano para o ensino de conceitos contra-intuitivos como os da física moderna. O autor expõe que alguns conceitos científicos são apenas parcialmente entendidos por muitos estudantes da graduação em física. No estudo, ele observou que o postulado da luz da teoria da relatividade especial, por exemplo, apesar da sua inteligibilidade, não é plausível para os estudantes de graduação, sendo aceito principalmente devido à pressão externa da comunidade e à autoridade dos livros e do professor. Para o autor, esse fato pode se justificado uma vez que a teoria da relatividade também não foi inicialmente plausível para a comunidade científica. Entretanto, a teoria era altamente consistente para Einstein.

Rodrigues (2001) analisa a transposição didática ocorrida na teoria da relatividade e como ela é apresentada em livros didáticos de física destinados ao Ensino Médio e aos cursos universitários. Em continuidade, ampliou a análise para artigos de divulgação científica e enciclopédias. Foram analisados textos publicados na revista Superinteressante e as enciclopédias Barsa CD e Encarta 2001.

Ao término do seu estudo, Rodrigues (2001) apresenta sua sugestão de inserção da teoria da relatividade. A proposta contempla uma abordagem construtivista, a utilização da história e dos reflexos sociais da ciência, a utilização de problematizações, a abordagem de temáticas conceitualmente fundamentais em detrimento do caráter matemático exaustivo. Ela é elaborada para ser desenvolvida em inserções localizadas ao longo dos 3 anos do ensino médio. Cada inserção contemplaria um pilar fundamental da Relatividade, são eles: a) as concepções de espaço e tempo relativísticas contrastando com a visão clássica; b) as questões relativas ao éter e campo e, c) as simetrias das leis físicas, em especial no eletromagnetismo.

Köhnlein (2003) sugere uma alternativa para levar à sala de aula, do ensino médio, uma discussão sobre a natureza da ciência, realizada por meio de um módulo didático,

composto de 15 aulas, elaborado de acordo com os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1991), centrado em aspectos históricos e filosóficos da Teoria da Relatividade Restrita, demonstrando o caráter provisório de uma teoria (Mecânica Newtoniana). A proposta não busca diretamente a inserção dos conteúdos da teoria da relatividade, mas se utiliza dela para ilustrar o período de crise do final do século XIX e como ocorre a mudança de paradigma da Mecânica Clássica para a Relativística, expondo a insustentabilidade da concepção empirismo-indutivismo.

Silva (2004) investigou as dificuldades apresentadas por alunos do ensino médio com relação à aprendizagem dos postulados da Relatividade Restrita. Para tanto, realizou uma revisão bibliográfica das ideias mais importantes para esse assunto, desde Aristóteles, passando por Galileu e Newton até chegar a Einstein. O autor menciona que os alunos apresentaram dificuldade de compreensão do conceito de referencial inercial, o que gerou dificuldades com a compreensão do conceito de tempo relativo, sincronização e simultaneidade. Relata, ainda, que a falta de exemplos presentes no cotidiano dos alunos exige que esse conteúdo seja trabalhado com apelo à capacidade dos alunos de raciocinar de forma abstrata. Nesse caso, a contextualização deixa de se ligar ao cotidiano do aluno e passa a se referir a contextos construídos teoricamente, baseados em características aceitas “a priori”.

Karam (2005) focalizou sua pesquisa na elaboração e teste de uma proposta de ensino que contemplasse conceitos da Teoria da Relatividade Restrita para estudantes de primeiro ano do Ensino Médio. O autor selecionou a noção de tempo relativístico que requer a elucidação de dois postulados da Teoria da Relatividade Restrita. O problema de pesquisa constituiu-se na busca de estratégias de ensino que visassem à aprendizagem significativa da noção de tempo relativístico, associado aos de espaço e velocidade, e no estudo da evolução conceitual dos alunos decorrente dessa abordagem.

Karam infere que os estudantes tendem a não reconhecer a validade do princípio da relatividade para velocidades próximas à da luz, devido ao alto nível de abstração exigido pela situação. Para ele a discussão sobre os princípios da teoria da relatividade restrita proporcionou aos alunos, além de um refinamento quanto à concepção de tempo, uma melhor compreensão dos demais conceitos envolvidos, mesmo no contexto da Física Clássica.

Por outro lado, os alunos manifestaram resistência à aceitação dos postulados, elucidando suas concepções clássicas e evidenciando o processo de conflito, e resistiram a aceitar a relatividade do tempo, justificando seus argumentos a partir da noção de tempo absoluto (KARAM, 2005).

A explicação da experiência de Michelson-Morley parece ter contribuído na pesquisa para uma discussão epistemológica sobre a visão empirista de ciência, e seus resultados para a comprovação do segundo postulado.

Castilho (2005) apresenta a proposta, a implementação e os resultados obtidos da aplicação em sala de aula, de um curso introdutório à Teoria da Relatividade Especial destinado a alunos de Ensino Médio. O curso foi realizado em período extraclasse. Fez-se uso sistemático de recursos computacionais, com ênfase para animações em Flash, visando à aprendizagem significativa dos conceitos e à dedução de relações matemáticas decorrentes dos postulados da relatividade. O curso contou, ainda, com explicações orais do professor, um texto de apoio, uma página na internet e exercícios interativos presentes na homepage do curso.

A autora menciona que a possibilidade de efetuar simulações repetidas vezes permitiu que os alunos pudessem refletir com calma a respeito da situação apresentada e se convencessem da validade das afirmações de Einstein. Ainda, as animações desenvolvidas permitiram uma aproximação reflexiva maior do aluno com o conhecimento apresentado e uma visualização imediata de situações paradigmáticas da relatividade e a implementação de experiências virtuais, análogas as “experiências de pensamento” imaginadas por Einstein.

Castilho comenta que as animações e as deduções realizadas com o auxílio das simulações despertaram maior interesse dos alunos do que em comparação com as explanações teóricas da professora e com a resolução de exercícios. A homepage construída para o curso também se mostrou um importante veículo de informação a respeito do assunto que estava sendo trabalhado e um indispensável suporte às animações interativas.

Wolff (2005) defende o ensino da Teoria da Relatividade Especial no Ensino Médio por meio de uma abordagem histórica e conceitual. O estudo levou em consideração os aportes teóricos de desenvolvimento humano histórico-cultural de Vygotsky e da aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak.

Wolff menciona que, ao final das aulas, foi possível perceber uma mudança nos subsunçores dos alunos, os quais se tornaram mais abrangentes, tanto em relação a questões de conhecimento geral da física como nos conceitos da relatividade.

Outra experiência de inserção da teoria da relatividade restrita é relatada por Borges (2005). A inserção foi realizada por meio da utilização de um vídeo, um aplicativo, um texto didático e com a mediação do professor. A experiência procurou promover a aprendizagem significativa de conceitos. Os resultados se restringem às informações fornecidas pelo tratamento estatístico das respostas dadas pelos alunos nas questões dos testes aplicados antes e após a implementação da proposta.

Em tese intitulada “Spinoza e a Física: ressonâncias em Einstein e a proposta para pedagogia Spinozista da Teoria da Relatividade”, Ponczek (2005) faz uma crítica ao ensino pontual e descontextualizado da Física que ocorre na maioria das universidades ocidentais, propondo que o ensino desta ciência seja precedido, ou complementado, por uma cuidadosa contextualização filosófica e histórica.

Tendo como foco a Teoria da Relatividade, o autor sugere uma proposta filosófico-pedagógica. Propõe um novo programa de ensino da Teoria da Relatividade que focalize o olhar não apenas nas aplicações de ordem prática, levando o aprendiz a um positivismo exacerbado e simplista, mas sobretudo dirigido a um tecido social, filosófico e científico unificado, que possa instigá-lo à reflexão profunda e a questionamentos críticos (PONCZEK, 2005).

Para tanto, o autor detém seu olhar sobre a influência que Spinoza exerceu sobre Einstein, a qual considera um dos mais pungentes exemplos de transmissão, afinidade e analogia de ideias existentes entre dois sistemas de pensamento separados por séculos e contextos diferentes.

Ponczek procura identificar as afinidades e conexões entre a filosofia de Spinoza e a Física de Einstein. Para ele, se forem levadas em consideração as afinidades, a Teoria da Relatividade será percebida filosófica e pedagogicamente como elo de coerência que permite vislumbrar o que há de essencial nos pensamentos de Spinoza e Einstein, com vistas a uma reeducação científica por meio da Física e da Filosofia

O estudo realizado por Ponczek difere daqueles anteriormente relatados, por se tratar de um estudo de cunho puramente teórico e filosófico.

O último estudo identificado foi desenvolvido por Silva (2006). Nele, o autor relata uma proposta de ensino da relatividade especial para alunos de ensino médio e os resultados obtidos da implementação dela em duas turmas de 3º ano. Uma proposta pedagógica, numa perspectiva construtivista, visando uma mudança conceitual é sugerida. Para tanto, utiliza-se de 10 atividades, 04 envolvendo situações da natureza que não podem ser descritas pela física clássica e 06 com perguntas e respostas. As atividades incluíam a leitura de textos com informações e perguntas que levavam os alunos a alguns conflitos entre os conceitos teóricos da Mecânica Clássica e os resultados experimentais na descrição do comportamento da natureza. Considerou-se, ainda, a evolução histórica da teoria, por meio da ruptura paradigmática da física clássica para a relativística e a comparação entre os diferentes pontos de vista desses modelos acerca de conceitos fundamentais para descrever a natureza. Perante isso, aspectos da História e Filosofia da Ciência também ganharam destaque na proposta.

No início da implementação foi aplicado um questionário para conhecer as concepções dos alunos sobre a natureza da ciência e sobre alguns conceitos da teoria da relatividade. Esse questionário foi reaplicado ao final da implementação, acrescido de mais três questões que objetivavam avaliar a evolução conceitual dos alunos e a aplicação das novas ideias da teoria da relatividade.

Os resultados foram obtidos por meio da comparação das respostas iniciais e finais contidas nos questionários e indicados por índices percentuais. Entre as concepções apresentadas pelos alunos sobre a natureza da ciência o autor destaca: a) a generalização de que o conhecimento científico não pode ser falso; b) o conhecimento se fosse científico não era sujeito a mudanças; c) pensam que o conhecimento científico é derivado somente de alguma fonte, como uma única observação ou uma única experimentação.

Em relação aos conceitos da física clássica, um dos comentários do autor é que os alunos confundem a noção de referencial com objetos materiais, como por exemplo: o sistema de referência pode ser uma casa ou uma plataforma; alguns acham que são réguas rígidas e infinitas para medir distâncias para os estados de movimento ou de repouso; outros pensam que o sistema de referência é como algo sólido preso a um corpo, que o tamanho do sistema de referência está associado ao tamanho do corpo.

Ao final da descrição dos estudos mapeados podemos inferir que, nos relatos de Castilho (2005), Wolff (2005), Borges (2005) e Silva (2006) a aprendizagem/evolução dos

alunos foi verificada por meio de indicadores quantitativos, mediante conhecimento declarativo escrito, presente nas respostas dadas por aqueles a pré e pós-testes e/ou em avaliações pontuais realizadas ao final da implementações das propostas.

Após a revisão de literatura realizada em dissertações e teses, procedemos a revisão em periódicos científicos da área de Ensino de Ciências e em atas de congressos científicos. O mapeamento foi executado a partir da presença, no título e nas palavras-chave, de termos como “Teoria da Relatividade”, “Albert Einstein”, “Ensino de Física. Além disso, selecionamos os títulos que, de alguma forma, remetessem o leitor para aspectos da relatividade.

Dividimos a revisão dos periódicos em duas etapas. A primeira foi a revisão em periódicos editados no exterior e a segunda naqueles editados no Brasil. O critério de seleção para a escolha dos periódicos a serem revisados foi o da representatividade dentro da área de Ensino de Física e Educação em Ciências, no cenário brasileiro ou internacional e/ou a presença no Qualis CAPES, independente da avaliação obtida, considerada esta para a área de Ensino de Ciências e Matemática.

Os periódicos revisados foram: Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Ciência & Ensino, Experiências em Ensino de Ciências, Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, Física na Escola, História, Ciências Saúde – Manguinhos,

Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, Electronic Journal of Science Education, Enseñanza de las Ciencias - Revista de investigación y experiencias didácticas, International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Journal of Science Education, Physics Education, Physical Review Special Topics – Physics Education Research, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Science & Education, The Physics Teacher.

Os volumes e números revisados foram aqueles publicados durante toda a existência do periódico e disponibilizados publicamente nos sítios de cada publicação até o final de 2010, com exceção dos periódicos The Physics Teacher e International Journal of Science

Education, os quais não tivemos acessos a todos os volumes publicados, uma vez que os primeiros números editados não encontravam-se disponíveis no sítio da revista nem de maneira impressa na biblioteca que consultamos.

Obtivemos um espectro amplo de produções. Com isso em vista, selecionamos aqueles artigos, por meio da leitura dos resumos, que relatassem pesquisas realizadas sobre o ensino de relatividade. Sendo assim, excluímos aqueles que descreviam conceitualmente a teoria ou abordavam o contexto histórico de sua criação.

Por outro lado, muitas pesquisas realizadas podem ser consideradas estudos pontuais e acabam não sendo publicadas em periódicos científicos. Além disso, diversas delas não fazem parte de estudos de teses ou dissertações. Assim, diversas investigações ficam restritas a apresentações e, portanto, a atas de congressos científicos.

Essas investigações não deixam de ser menos importantes e merecem destaque igual aos demais tipos de publicação nesta revisão. Perante isso, realizamos uma revisão em três atas de congressos que são considerados os principais do Ensino de Física e da Educação Ciências, no Brasil.

Para a identificação dos trabalhos apresentados/publicados realizamos a leitura das atas de cada uma das edições dos seguintes congressos: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Foram revisadas todas as edições de cada um desses eventos, realizadas até a data da redação desta revisão, ou seja, final de 2010.

No que se refere às publicações em periódicos, identificamos 10 artigos publicados naqueles editados no Brasil e 37 naqueles editados no exterior. Em relação aos trabalhos publicados em atas de congressos, identificamos no total 32 trabalhos assim distribuídos: 10 no EPEF, 19 no SNEF e 03 no ENPEC. Uma possível justificativa para a quantidade maior de trabalhos nos dois primeiros congressos é a de que eles são destinados especificamente para o público de ensino de física, diferentemente do último que se caracteriza por ser um evento mais amplo, abrangendo também as subáreas de ensino de biologia, química e geociências.

Mediante a leitura dos artigos e das publicações em congressos, percebemos que poderíamos agrupar os trabalhos de acordo com os focos de estudo. São eles:

1) concepções prévias (RAMADAS *et al.*, 1996; PANSE *et al.*, 1994; VILLANI e PACCA, 1987; PIETROCOLA e ZYLBERSZTAJN, 1996, 1999).

Nesses estudos os autores dedicam-se a investigar as concepções prévias em relação a conceitos básicos de Relatividade seja Galileana ou Especial, particularmente em alunos de graduação, entre eles: sistemas de referência, distância, tempo, massa e energia.

Como concepções prévias em relação a sistemas de referência é possível encontrar as seguintes: a) tratar os sistemas de referência como objetos concretos fisicamente fixos aos corpos; b) localizar sistemas de referência por extensões físicas dos objetos nos quais eles estão “fixos” (sistemas de referência têm domínios localizados definidos pela extensão finita de objetos aos quais são fixados e não somente pelas características de movimento do corpo “associado”); c) tratar pequenos corpos localizados em corpos maiores como “parte do sistema de referência” do corpo maior (quando pequenos corpos são localizados em corpos maiores e se movem em relação a ele, seu movimento é ignorado, pois eles são parte de um sistema de referência maior); d) associar fenômenos particulares com sistemas de referência particulares (fenômenos pertencem a seus sistemas particulares); e) os movimentos são reais e aparentes (alguns movimentos são reais e outros são aparentes e é no sistema considerado “mais natural” que o movimento é real); f) descrição física por meio da visão dos fatos (a descrição de um movimento em relação a um sistema de referência normalmente implica uma aparência visual do movimento ou o objeto visto (no sentido literal) se movendo a partir de um sistema de referência); g) falso relativismo (os estudantes não fazem uso da ferramenta conceitual “sistema de referência” em Física, mas têm uma ideia rudimentar de relatividade de movimento).

Como concepções prévias em relação aos conceitos de distância, tempo e energia é possível encontrar as seguintes: a) uso implícito do tempo como uma grandeza física absoluta (axioma da relatividade galileana que não se prova, mas que é utilizado para determinar como distância e velocidade se transformam de um sistema de referência para outro) sem explicitar consciência da invariância de intervalos de tempo (Δt); b) invariância do intervalo de distância entre dois eventos quaisquer (muitos estudantes consideram a invariância das distâncias independentemente de os eventos serem simultâneos ou não, mas a invariância das distâncias só é definida para eventos simultâneos); c) visualizar as transformações cinemáticas com sendo devido ao “arrasto físico” (a lei de transformação de

velocidades de um referencial para outro, não é utilizada, mas sim os alunos tendem a considerar que o sistema em movimento arrasta o objeto que está nele – adição de dois movimentos absolutos); d) preferência de raciocínio baseado na explicação cinemática e dinâmica em detrimento da invariância das leis (o conceito de invariância das leis da Física é muito vago e o princípio de relatividade de Galileu não é interpretado como uma lei que pode dar as mesmas respostas em muitas situações); e) conservação de energia de um referencial para outro (consideram a energia como constante mesmo quando há uma mudança de sistema de referência).

O uso do Princípio da Relatividade na interpretação de fenômenos por alunos de graduação em física foi alvo de estudo por Pietrocola e Zylbersztajn (1996, 1999). Os autores analisaram as respostas de alunos de graduação em física sobre situações relacionadas à Teoria da Relatividade. Mais especificamente, procuraram estudar a incorporação e uso do Princípio da Relatividade na interpretação de fenômenos móveis.

A metodologia utilizada centrou-se em entrevistas nas quais eram apresentadas situações físicas e na previsão de seu comportamento em referenciais móveis. As respostas foram analisadas considerando-se a estrutura interna das questões que permitiu identificar e analisar quatro situações físicas com maior índice de erros e agrupando as respostas dos alunos em padrões de interpretações comuns, o que gerou a elaboração de cinco categorias.

Como resultados, Pietrocola e Zylbersztajn (1996; 1999) relatam que: a) o princípio da relatividade não é uma ferramenta heurística para os alunos na confecção de suas respostas; b) as situações apresentadas não se constituíram em problemas para os alunos. Os autores concluem inferindo que os estudantes não sentiram a necessidade de utilizar estruturas interpretativas que não fossem aquelas da mecânica clássica, embora muitas das situações apresentadas assemelhavam-se a problemas enfrentados pela mecânica ao longo do século XIX.

2) Erros comumente encontrados no ensino da Teoria da Relatividade Restrita (ALEMAN-BERENGUER, 1997; OSTERMANN e RICCI, 2002, 2004; PEREZ e SOLBES, 2003; BALVERDE e GRECA, 2007).

Nesses estudos os autores se dedicaram a identificar e questionar os erros mais comuns encontrados no ensino da teoria da relatividade, seja na observação de aulas de

relatividade ou em textos escritos como, por exemplo, o conceito de referencial, espaço, massa e energia, a importância excessiva dada à experiência de Michelson e Morley, interpretação da contração espacial e da dilatação temporal, a relação com a Mecânica Clássica, massa relativística e o conceito de equivalência massa-energia.

Aleman-Berenguer (1997) aponta a noção de referencial como uma dificuldade, pois os alunos possuem resistência na aprendizagem da diferença entre sistema de referência, sistema de coordenadas e de observador. A relação entre esses conceitos é próxima, mas não é correto afirmar que eles são equivalentes.

Outro aspecto é as discordâncias sobre a importância da experiência de Michelson e Morley no contexto do surgimento da Teoria da Relatividade Especial. Para muitos pesquisadores e historiadores da ciência parece estar claro que Einstein conhecia os seus resultados bem como as ideias propostas por Lorentz e Fitzgerald. O quanto isso influenciou em seu trabalho é mais difícil de se saber.

Outro erro comumente encontrado refere-se a interpretação da dilatação temporal e da contração espacial. Esses dois conceitos podem gerar concepções bem imaginativas tais como objetos que irão encolher drasticamente, relógios que irão parar definitivamente e obviamente a juventude eterna. Há problemas no uso de expressões que são usadas de forma inadequada quando se ensina o conceito de medidas de comprimento na teoria da relatividade. Tais erros são fortemente estudados por Osterman e Ricci (2002, 2004). Para eles, o professor deve evitar o emprego de termos problemáticos tais como ver, observar e fotografar ao invés de medir, ou de outras expressões que possam induzir o aluno a pensar na contração de Lorentz-Fitzgerald como um encurtamento material do objeto.

Ainda, há um equívoco fortemente encontrado no ensino da teoria da relatividade especial que é cometido quando se aborda o princípio da relatividade. O princípio da relatividade, pelo fato de ser um dos postulados e pelo seu caráter universal, é considerado um dos seus principais fundamentos conceituais. A sua assimilação de forma errada concretiza um fracasso na aprendizagem dos conceitos subsequentes. Apesar de sua estrutura simples e bela, a sua interiorização correta pelos discentes tem se mostrado em algumas práticas, ineficiente. Em alguns casos essa aprendizagem errônea se mostra em falas bem conhecidas como, tudo é relativo na relatividade, onde em essência o princípio da relatividade prega exatamente o contrário - a invariância das leis da Física (SILVA, 2006).

Aleman-Berenguer (1997) em relação a este fato expõe que “esta visão do princípio da relatividade, precisamente por ser simplificadora e fácil de assimilar, resulta tremendamente perigosa tanto que desvirtua a verdadeira natureza da teoria e dificulta os posteriores intentos por lograr uma cabal compreensão da mesma”.

Aleman-Berenguer (1997) e Pérez e Solbes (2003) apontam como um dos erros mais frequentes aqueles relacionados a introdução do conceito de massa relativística e do conceito de equivalência massa-energia.

De acordo com Lemos (2001) a introdução da “massa relativística” na teoria especial da relatividade gera confusão entre o efeito aparentemente dinâmico (aumento de massa) e um efeito que na verdade é de natureza estritamente cinemática: o fator γ não tem origem na partícula, mas é consequência da transformação de Lorentz do referencial próprio para aquele em que ela é vista movendo-se com velocidade v , isto é, o fator $\gamma(v)$ reflete as propriedades geométricas do espaço tempo, sendo independente de qualquer dinâmica em particular .

Ostermann e Ricci (2004) também ponderam que:

[...] essa interpretação induz, imediatamente, uma “razão física” para que a velocidade da luz no vácuo seja um limite superior e intransponível de velocidade para quaisquer objetos materiais, bastando que se interprete mc como sendo, também, uma medida da inércia do corpo: seria impossível acelerar o corpo até uma velocidade superior a c simplesmente porque sua inércia tenderia a um valor infinito quando o valor de v aproxima-se de c . (p.87)

Segundo vários autores, o fato de um corpo apresentar o valor c como velocidade limite deve ser justificada sem a necessidade da introdução do conceito de massa relativística (OSTERMANN e RICCI, 2004; LEMOS, 2001; ALEMAN-BERENGUER, 1997; WHITAKER, 1976). Para Ostermann e Ricci (2004) basta considerar que o corpo esteja inicialmente em repouso com relação ao observador, como o seu momento linear torna-se infinito quando a velocidade aproxima-se de c , segue daí que seria necessário um impulso de valor infinito, o que é fisicamente impossível, para acelerar o corpo até a velocidade da luz. Um outro argumento para justificar tal impossibilidade é baseado no teorema do trabalho energia cinética, pelo qual seria necessário realizar um trabalho infinito para efetuar tal tarefa.

3) Implementação de estratégias para a inserção em sala de aula da Teoria da Relatividade ou sugestões de recursos (GUERRA *et al.*, 2007; VILLANI, 1980; SANTOS, 2006; MEDEIROS e MEDEIROS, 2005; VILLANI e ARRUDA, 1998; VALENTE *et al.*, 2006; PEREZ e CALUZI, 2003; AMARAL e ZANETIC, 2000; VALENTE *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2005; FELIPE *et al.*, 2005; ANDRADE *et al.*, 2005).

Nesses estudos os autores dedicam-se a elaborar, implementar e analisar os resultados da aplicação de estratégias didáticas para a inserção da Teoria da Relatividade, em particular, a Especial.

A leitura dos estudos identificados permite constatar que alguns pesquisadores utilizam uma abordagem histórico-filosófica da ciência, com ênfase na obra de Galileu Galilei e no contexto cultural em que essa foi produzida, sendo os conceitos de referencial, posição, deslocamento, velocidade, e aceleração definidos e enfatizando-se as transformações de Galileu é o caso, por exemplo, de Guerra et al. (2007).

Villani (1980) apresenta uma proposta de um módulo de ensino de introdução à relatividade que foi implementado por um grupo de professores, em um curso de 21 horas, realizado em 4 dias, no qual participaram 16 alunos de 2º ano do ensino superior de física.

O módulo elaborado é composto de cinco unidades, cada uma delas por um conjunto de atividades. Utiliza-se também um texto com 70 páginas. A tabela 1 apresenta sinteticamente as informações abordadas em cada unidade.

Unidades	Assuntos inseridos	Recursos utilizados
01	Dinâmica relativística: problema da relação entre energia cinética e velocidade para altas velocidades, ou seja, desvio da relação $E_k = 1/2(mv^2)$	Filme “Velocidade limite” de W. Bertozzi, extraído do PSSC, exercícios escritos
02	Dilatação do tempo: decaimento do lepton μ	Filme “Dilatação do tempo” de Fredman, Frisch e Smith, extraído do PSSC
03	Simultaneidade	Experiência mental sobre os paradoxos relativísticos
04	Transformações de Lorentz e Leis do eletromagnetismo clássico	Diagrama de Minkowski
05	Histórico da teoria da relatividade, aspectos tecnológicos e sociais das aplicações da teoria	Não é mencionado

Tabela 1 – Caracterização do módulo proposto por Villani (1980)

A proposta leva em consideração uma visão piagetiana das estruturas dinâmicas cognitivas e do processo de conhecimento. A avaliação do curso e da aprendizagem dos alunos foi feita por meio dos resumos elaborados por esses.

O autor relata que percebeu uma mudança significativa entre o primeiro e o segundo resumos elaborados pelos alunos. Além disso, o resultado da solução de problemas conceituais elaborados por aqueles foi bastante satisfatório, 70% de respostas corretas.

Na visão do autor, o módulo é apropriado para alunos que terminaram o primeiro ano de física e para aqueles que possuem conhecimento dos conceitos de energia, massa, momento linear e mudança de referencial. Outro aspecto destacado por Villani é que a utilização de uma sequência que parte de experiências concretas tornou o curso mais motivador e mais inteligível apesar das dificuldades conceituais próprias da teoria.

Como ponto falho do módulo é destacado que ele deixa muito a desejar em relação a história do desenvolvimento da teoria e às condições culturais, sociais e econômicas e políticas nas quais ela foi elaborada. A imagem da ciência que aparece é bem tradicional.

Segundo o próprio autor, de um lado o curso foi bem tradicional, pois os professores com a sua programação detalhada foram os grandes pilotos, mantendo-se a relação de dependência típica das nossas escolas, de outro lado o fato de não ter notas, de não ter obrigatoriedade de participação, tornou a experiência muito mais de aprendizagem do que de ensino burocrático.

O uso de diagramas como recurso auxiliar ao professor para explicar aspectos da teoria da relatividade, tanto a alunos do ensino médio como a estudantes de cursos de graduação, é sugerido por Santos (2006). Esse autor apresenta três diagramas que podem ser utilizados para: a) demonstrar os efeitos de deformação espacial; b) estudar o efeito da dilatação temporal; e c) construção de pêndulos que permitem demonstrar de maneira visual a dilatação do tempo em um referencial em movimento.

Já Medeiros e Medeiros (2005) sugerem uma alternativa para o ensino da relatividade. Esses autores propõem o uso de “brinquedos físicos” para o ensino do princípio da equivalência da Relatividade Geral. No artigo é relatado o chamado “elevador de Einstein”.

Villani e Arruda (1998) sugerem uma analogia entre o processo histórico da construção da teoria da relatividade e o de aprendizagem da mesma. Eles propõem que o ensino da teoria deve ser iniciado pelo eletromagnetismo de Maxwell-Hertz, após deve-se apresentar as experiências que questionavam as teorias clássicas, como o interferômetro de Michelson-Morley. Em continuidade, deve-se comentar as divergências teóricas entre a Mecânica e o Eletromagnetismo e mencionar a compatibilidade entre a Relatividade e a teoria do quantum.

Valente et al. (2006) apresentam e discutem uma proposta de abordagem para o tratamento da relação entre massa e energia, desenvolvida em um curso de atualização de professores. Para tanto, em um primeiro momento realizam um levantamento das principais características e tendências de recentes edições de livros didáticos de Física de Ensino Médio, em termos dos conteúdos tratados e estratégias adotadas para assuntos Física Moderna e Contemporânea.

Para cada uma das 09 obras analisadas, foram identificadas as sequências temáticas adotadas e as estratégias utilizadas, assim como a extensão do tema no conjunto da obra. Em particular, foi realizada uma análise sobre o comparecimento, forma de abordagem e significado dado à relação entre massa e energia.

No que tange à análise dos livros, os autores relatam que a abordagem é predominantemente informativa, com muitas ilustrações, pouca discussão conceitual, ênfase nas aplicações das “fórmulas” e nos exercícios propostos com foco na aplicação numérica. Em relação à abordagem da equação $E=mc^2$ constataram que todos os livros, com exceção de uma obra, a inserem no capítulo sobre Relatividade e a relacionam com a Física Nuclear.

Após, passaram a elaboração da proposta que faz uso de textos científicos, históricos, didáticos e materiais de divulgação científica. Para a elaboração da proposta utilizaram-se como referencial teórico a transposição de Yves Chevallard.

A relação massa-energia também foi alvo de investigação por Perez e Caluzi (2004). Esses autores propõem que os professores da educação formal utilizem os meios de comunicação de massa para efetivar a popularização da ciência e alfabetizar cientificamente. Para tanto, sugerem o uso de textos de divulgação científica para a inserção de assuntos de física moderna e contemporânea. Os autores focam o estudo na equação $E=mc^2$, amplamente

explorada mercadologicamente em artigos de divulgação científica. Alertam para as distorções conceituais presentes nesse tipo de publicação por meio de alguns exemplos.

Estes autores argumentam a favor da História da Ciência como uma ferramenta apropriada à elucidação das “imposturas conceituais” acerca da relação massa-energia presentes nas mídias. Para eles, a ausência do caráter histórico na divulgação científica conduz a matérias mal sucedidas, uma vez que divulgadores encontram uma dimensão conceitual que não dominam e não conseguem descrevê-la inteira e perfeitamente na reformulação discursiva (PEREZ e CALUZI, 2004).

Uma abordagem histórica também é defendida por Amaral e Zanetic (2000). Esses autores defendem a incorporação da teoria da relatividade no ensino médio, por meio de uma abordagem histórica, utilizando a teoria de transformação das teorias científicas de Thomas Kuhn, que baseia sua epistemologia na noção de “paradigma”, descrevendo os episódios mais marcantes da História da Teoria da Relatividade de Einstein, possibilitando ao aluno uma visão geral de como funciona a ciência (AMARAL e ZANETIC, 2000).

Valente et al. (2007) sugerem, para alunos do Ensino Médio, uma entrevista com Einstein para abordar de forma lúdica a visão dele sobre Ciência, Educação, Política e Sociedade. A entrevista é constituída de perguntas e respostas dadas por Einstein. As respostas foram elaboradas a partir de registros escritos pelo cientista em livros de sua autoria e outros escritos.

Segundo os propositores da entrevista, a grande potencialidade desse tipo de abordagem é que ela permite fazer pontes entre o conhecimento físico e outros tipos de conhecimentos, além de trazer uma visão de ciência mais ampla. Permite, ainda, explorar a faceta da leitura, já que se trata de um texto que pode ser utilizado em diversos contextos, na sala de aula ou fora dela, no desenvolvimento de atividades da escola ou como sugestão de leitura para o professor (VALENTE *et al.*, 2007).

A análise das concepções dos alunos em relação ao espaço, tempo, simultaneidade, massa, momento e energia foram estudadas por Souza *et al.* (2005). Para isso, conceberam e testaram uma intervenção de ensino, em um curso de licenciatura em física, com duração de 60 horas, com 30 alunos, no qual provocavam situações de conflito sócio-cognitivo, utilizando argumentos históricos e lógico-determinísticos, buscando uma

mudança conceitual. Mais especificamente, o estudo procurou identificar de que forma as formulações para os conceitos de espaço, tempo e velocidade influenciam no aprendizado da teoria da relatividade restrita.

A proposta baseia-se na metodologia dos três momentos pedagógicos. Após responderem a um pré-teste, os estudantes analisaram as abordagens para a explicação do resultado nulo do experimento de Michelson e Morley, de forma genérica e esquemática, pela negação da teoria do éter e pelos argumentos eletrodinâmicos. Foram também utilizados filmes didáticos, exibidos para ilustrar os aspectos geométricos dos diagramas espaço-tempo. Ainda, houve pesquisa de aspectos históricos por parte dos estudantes e apresentação de seminários.

Como resultados é exposto que: a) antes da implementação da proposta os alunos mencionavam que o conceito de tempo estava associado à noção de periodicidade; b) após a implementação relataram que o tempo não tem definição e explicaram a dicotomia entre a noção de tempo absoluto, de movimento relativo e alguns aspectos da transformação cinemática do tempo, como a simetria em relação à do espaço; c) 78% dos estudantes resolveram corretamente a questão relativa ao tempo de vida do méson pi e sua observação na superfície terrestre, bem como, compararam adequadamente a situação para um observador que se move junto ao méson a outro parado na superfície; d) 60% demonstraram que a adição de duas velocidades é sempre menor ou igual à velocidade da luz, o que confirmou a assimilação do segundo postulado de Einstein da teoria restrita; e) 53% construíram corretamente diagramas espaço-tempo para as situações propostas e 37% aplicaram corretamente transformações a grandezas eletromagnéticas como campos e densidade de corrente. Ao final, os autores escrevem que os conceitos foram assimilados pelos alunos os quais abandonaram a concepção de tempo absoluto.

Felipe *et al.* (2005) apresentam, como sugestão para professores de ensino médio, o uso de simulações computacionais para o ensino de relatividade restrita em linguagem Macromedia Flash. Essas simulações foram utilizadas pelos autores em um curso de formação continuada. Os autores argumentam que tal recurso mostra-se potencialmente útil para a discussão de assuntos que não podem ser discutidos mediante experimentos ou vídeos. Além disso, permitem aos alunos a mudança de variáveis do sistema físico e a visualização de resultados e efeitos não familiares.

Andrade *et al.* (2005) sugerem a utilização de algumas obras do pintor espanhol Salvador Dalí para abordar elementos e conceitos da Teoria da Relatividade Restrita e ideias relacionados à Física Moderna, presentes nas obras. Pra eles, a releitura das obras permite uma aproximação entre ciência e arte, recuperando o entendimento da ciência como cultura humana e contribuindo efetivamente para um ensino interdisciplinar de Física Moderna no nível médio e na formação de professores.

Com esta revisão de literatura constatamos que nenhum estudo procurou analisar o funcionamento das imagens utilizadas nas explicações textuais da teoria da relatividade restrita, foco central do nosso trabalho.



STRITZER

CAPÍTULO 2 – RELATIVIDADE RESTRITA: LEITURA E IMAGENS

2.1 A mediação da teoria da relatividade restrita por meio da leitura

Alguns autores vêm defendendo a leitura em aulas de ciências argumentando que essa prática pode servir como ponto de partida para a ativação do desenvolvimento intelectual dos alunos (SILVA e ALMEIDA, 1993), ou que a responsabilidade do seu uso não se restringe a uma única disciplina (RICON e ALMEIDA, 1994).

Muitos são os autores que defendem essa atividade em aulas das áreas de ciências. Entre eles Almeida e Ricon (1993), Almeida (2004), Lança (2005), Gama e Almeida (2006), Andrade e Martins (2006), Zanotello e Almeida (2007). Esses estudos evidenciam a possibilidade da aprendizagem escolar por meio do funcionamento em classe de textos de divulgação científica. Entre os argumentos apontados para defesa do uso de textos de divulgação científica encontram-se: a) o maior envolvimento e participação dos alunos nas atividades em classe com o uso de linguagem comum que caracteriza esses textos; b) o papel do ensino na formação do sujeito-leitor, capaz de contribuir para que ele, ao sair da escola, continue a obter e checar informações de natureza científico-tecnológica; apresentação de conceitos de forma mais contextualizada ou, seja, menos isolados, como nos livros didáticos (ALMEIDA e RICON, 1993).

Ron Good, no prelúdio do volume especial do *Journal of Research in Science Teaching* (1994), intitulado The Reading - Science Learning - Writing Connection, expressou claramente que a aprendizagem da ciência está quase sempre associada à leitura ao afirmar que:

A aprendizagem da ciência é estabelecida em grande parte pela leitura e interação com o texto em diferentes circunstâncias. Entender como os estudantes interagem com a ciência descrita em textos é sem dúvida uma importante área de investigação (p. 873, tradução nossa).

Notamos, portanto, já de longo tempo, o crescente interesse de investigadores da área de Educação em Ciências nas relações entre leitura e ensino de conceitos científicos.

Almeida et al. (2001), Almeida e Mozena (2000), Almeida (1998) relatam que ao longo das últimas décadas, cresceu significativamente o número de trabalhos, apresentados em congressos e/ou publicados em revistas especializadas, que relacionam a aprendizagem de conceitos científicos de ciências com a leitura e compreensão de textos científicos.

Andrade e Martins (2006) argumentam que atividades de leitura poderiam contribuir para diminuir o distanciamento entre o aluno e o conhecimento científico-tecnológico que muitas vezes, reflete e reforça uma falta de motivação para seu aprendizado.

Para Silva (2002), a leitura surge como um conceito fundamental na análise das interações entre textos e sujeitos e é vista não somente como um meio de organizar os conceitos científicos mas também de construir, amparar, organizar e ampliar as interações sociais entre os professores, seus alunos e a comunidade escolar. Ainda, a formação do sujeito-leitor passa a ser considerada como um dos objetivos do ensino de ciências (RICON e ALMEIDA, 1991). Segundo esses autores:

Bom leitor, o estudante continuará mais tarde, já fora da escola, a buscar informações necessárias à vida de um cidadão, a checar notícias, a estudar, a se aprofundar num tema, ou simplesmente, a se dedicar à leitura pelo prazer de ler. (p.9)

Concordamos com Wellington apud Silva (2002) ao expor que um dos objetivos do ensino de ciências é ensinar os alunos a olharem crítica, céptica, porém construtivamente para a ciência, na medida que:

(...) um dos objetivos da educação formal é certamente o de capacitar futuros cidadãos a darem sentido e examinarem criticamente os materiais relacionados à ciência que eles encontrarão para ler ao longo de suas vidas após cessar a educação formal (WELLINGTON *apud* SILVA, 2002, p. 370)

Consideramos que uma possibilidade de ensino dos conteúdos pertencentes à Teoria da Relatividade Restrita é por meio da leitura de textos, em especial, aqueles classificados como de divulgação científica.

De acordo com Silva e Almeida (2005), divulgação científica é um termo comumente utilizado para designar textos não-escolares que circulariam, em princípio, “fora” da escola. Para estes autores os textos de divulgação não são, em princípio, feitos para a escola. Ainda,

a divulgação científica representa, até certo ponto, o espaço público da relação entre a ciência e as pessoas.

O uso de textos alternativos em sala de aula, alternativos enquanto diferenciados dos incluídos em livros didáticos, já foi alvo de investigação por Almeida (1998). A autora disse que textos de divulgação científica podem ser lidos com a bagagem de conhecimento construída ao longo do tempo.

Um texto com características totalmente divergentes das do manual didático pode ser trabalhado pelo professor e visto pelo estudante segundo os mesmos 'hábitos de leitura' que um e outro foram construindo em anos e anos de escolarização. (ALMEIDA, 1998, p.59)

Almeida e Queiroz (1997) apontaram que a divulgação científica pode ser uma alternativa para o professor que pretende fugir dos textos carregados de informações formais, mas alertaram que, para ele ser bem-sucedido, é necessário:

[...] criar condições de leitura que modifiquem as práticas escolares usuais. Não é possível, por exemplo, se pretender desenvolver a familiaridade com a compreensão do discurso científico e o hábito de ler, restringindo desde sempre a leitura à interpretação imediata e única. Assim procedendo, possivelmente o professor estará fazendo com que o estudante aproxime ao máximo a sua leitura daquela que realiza quando se dedica a memorizar definições e fórmulas extraídas de textos considerados didáticos. Essa atitude quase sempre levanta barreiras para uma interação mais efetiva com o texto (ALMEIDA e QUEIROZ, 1997, p.64-65).

Para Zanotello e Almeida (2007) a leitura de textos de divulgação científica se constitui em uma atividade diferenciada em relação ao desenvolvimento das aulas de física que podem ser observadas na maioria das escolas. No entanto, segundo os autores a realização dessa prática passa pela seleção do material a ser utilizado. Escrever sobre física ou outras áreas da ciência, para um público não especializado, requer grande habilidade do autor para articular uma linguagem acessível, com uma precisão conceitual adequada. Desse modo, faz-se necessário analisar o material de divulgação disponível criteriosamente, mas sob o ponto de vista de quem receberá as informações e não com o elevado rigor e formalismo acadêmico do meio científico (ZANOTELLO e ALMEIDA, 2007).

Decorre daí a necessidade e a importância de estudos que analisem materiais de divulgação sob o ponto de vista tanto do leitor como do produtor do texto, ampliando o escopo das discussões sobre o funcionamento desses textos enquanto recurso de ensino.

No que diz respeito à Teoria da Relatividade, sabemos que é relativamente fácil encontrar muitas informações decorrentes dos fundamentos da Relatividade em revistas e livros de divulgação científica. Esses materiais surgem, então, como uma possibilidade de recurso de ensino para a discussão desse tópico.

Esses textos, em geral, não foram pensados e/ou elaborados para a escola, mas certamente podem ser utilizados por professores quando do ensino da Teoria da Relatividade, mediante diferentes estratégias de leitura.

Para Terrazzan (2000), os textos de divulgação científica não têm preocupação didática explícita, não ficam presos à ideia de pré-requisitos e nem sequências de conteúdos.

Já numa outra perspectiva, d’Espagnat (1990) menciona que ao tentar simplificar uma ideia complexa, estes textos terminam passando uma imagem incorreta, reforçando, segundo Greca et al. (2001), imagens clássicas, concepções essas “falsas, não no detalhe, mas de uma maneira essencial”. Estes autores acabam por questionar: Como fazer então para introduzir tais conteúdos sem cair em simplificações que levem a erros?

Uma possibilidade para se tentar diminuir a ocorrência de equívocos é a leitura de livros de divulgação científica, de autores cientistas que tenham se envolvido bem diretamente com a produção do conteúdo do texto, que abordam o tema.

Para Salém e Kawamura (1996) algumas intenções ou objetivos gerais dos livros de divulgação científica seriam: atrair o leitor para o mundo da ciência (dar nova visão da física), divulgar a ciência a um público amplo e fornecer ao leitor algo mais ligado ao prazer, que ao dever. Perante isso, é fundamental realizarmos um levantamento das obras potencialmente úteis para o ensino da teoria da relatividade especial por meio de textos de divulgação de autores cientistas.

Destaca-se ainda que, a leitura e a interação com o texto estão intimamente relacionadas aos recursos visuais e linguísticos presentes no texto, ou seja, um aspecto muito importante a ser considerado, na elaboração do texto escrito diz respeito à linguagem

utilizada. Na literatura, encontram-se autores que justificam o uso de imagens como possibilidade de recursos para tornar as informações mais claras e atraentes aos leitores.

Um dos aspectos fundamentais a ser considerado é a relação das imagens com o texto. Ao longo dos anos verifica-se a utilização crescente de recursos visuais como gráficos, tabelas, fotos e outras ilustrações específicas inseridas nos textos por meio de referências e de legendas explicativas e na perspectiva de Martins et al. (2005), imagens são importantes recursos para a comunicação de ideias científicas. Segundo as autoras, além da indiscutível importância como recurso para a visualização, contribuindo para a inteligibilidade de diversos textos científicos, as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das ideias científicas e na sua conceitualização. Por outro lado, alguns autores apontam para os cuidados que se deve ter ao usar imagens (FREITAS, 2002; CASSIANO, 2002, SILVA *et al.* 2006).

Um ponto importante destacado por Martins et al. (2005) é que essas questões têm sido objeto de um crescente conjunto de investigações no campo da Educação em Ciências por pesquisadores que compartilham o interesse de melhor compreender as relações entre imagens, conhecimento científico e Ensino de Ciências.

Questões relativas à leitura de textos em situações de ensino, diferentes daquelas que ocorrem quando são utilizados livros didáticos, já foram objeto de estudo em dissertações, teses e trabalhos de Pós-Doutorado no Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino, gepCE, coordenado pela orientadora deste projeto: Giraldelli (2007), Zanon (2006); Gama (2005); Lança (2005); Montenegro (2005); Silva (2002); Michinel (2001); Oliveira (2001); Souza (2000). Em duas dessas pesquisas (GIRALDELLI, 2007; SILVA, 2002) o estudo das imagens chegou a ser abordado, porém com foco diferente do aqui proposto

Nenhum desses trabalhos estudou o funcionamento de imagens especificamente em textos de divulgação científica, de autores cientistas, sobre uma temática da Física Moderna e Contemporânea, quando da leitura desses textos por estudantes. Assim, este estudo dá continuidade e aprofundamento a um conjunto de trabalhos já realizados no gepCE.

A pertinência desta pesquisa se traduz no seu potencial de fornecer subsídios para uma melhor compreensão do funcionamento das imagens utilizadas em textos de divulgação

científica sobre Relatividade Restrita escritos por autores cientistas e da produção de sentidos na leitura desses textos por futuros professores de física.

Tendo em vista que o foco da pesquisa concentra-se no funcionamento de imagens e na produção de sentidos na leitura da relatividade restrita por licenciandos em física em textos de divulgação de autores cientistas é de fundamental importância realizar um mapeamento das obras publicadas no Brasil sobre essa teoria, com o objetivo de identificar textos potencialmente úteis para nossa investigação e extrair imagens contidas nesses textos.

Como ajuda na identificação das publicações, recorreremos inicialmente ao artigo de Santos (2005) publicado na revista *Física na Escola*, com título “Cânone da Literatura Einsteiniana no Brasil”. Segundo Santos (2005) mais de 40 livros já foram publicados no Brasil tendo Einstein como autor, tema central ou a teoria da relatividade como foco principal.

Em continuidade, utilizamos para a pesquisa sites de procura na web. Listamos as obras identificadas a seguir. Ressalta-se que o intuito não é fazer uma descrição de cada livro, pois este não é o objetivo desta seção. Objetivamos apenas mapear as obras publicadas, para que o mapeamento sirva de guia quando da identificação posterior de textos potencialmente úteis para nosso estudo, assim como para a seleção das imagens.

- AMOROSO, M. C. **Introdução à Teoria da Relatividade**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995.
- AVALON, M. **Einstein, Por Ele Mesmo**. São Paulo: Martin Claret, 1992.
- BALIBAR, F. **Einstein: o prazer de pensar**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.
- BARNETT, L. **O Universo e o Dr. Einstein**. Melhoramentos: 1964
- BARRETO, M. **Física - Einstein para o Ensino Médio: uma leitura interdisciplinar**. Papirus, 2009.
- BERNSTEIN, J. **As Ideias de Einstein**. São Paulo: Cultrix/EDUSP, 1975.
- BODANIS, D. **$E = mc^2$. Uma Biografia da Equação que Mudou o Mundo e o que ela Significa**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.
- BRALLIER, J. M. **Quem Foi? Albert Einstein**. Difusão Cultural do Livro. s/d.
- BRIAN, D. Einstein. **A ciência da Vida**. São Paulo: Ática, 1998.
- BROWN, H. R. **Albert Einstein**. São Paulo: Brasiliense, 1984.

- BROCKMAN, J. **Einstein, Gertrude Stein, Wittgenstein e Frankenstein: Reinventando o Universo**. São Paulo: Companhia das Letras, 1988.
- CALAPRICE, A. **Assim Falou Einstein**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1998.
- CALDER, N. **O Universo de Einstein**. Brasília: Editora da UNB, 1988.
- CAROLYN, A. **Viajando com o cérebro de Einstein**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2005.
- CARRIERE, J. C. **Einstein , Explique , Por Favor**. Rocco, 2007.
- CHNEE, V. A. **O Projeto Secreto de Einstein**. São Paulo: Landmark, sd.
- CLARET, M. **Einstein - Vida e Pensamentos**. Martin Claret, 2002.
- CLARET, M. (coord. Edit.). **O Pensamento Vivo de Einstein**. São Paulo: Martin Claret, 1984.
- CUGOTA, L.; ROLDÁN, G. **Meu Nome É ...Albert Einstein**. São Paulo: Publifolha, 2005.
- DUKAS, H.; HOFFMANN, B. **Albert Einstein, o Lado Humano**. Brasília: Editora da UNB, 1979.
- SANTOS, C. A. **O Plágio de Einstein**. Porto Alegre: WS, 2003.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar, 1966.
- EINSTEIN, A. **Notas Autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.
- EINSTEIN, A. **Como Vejo o Mundo**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.
- EINSTEIN, A. **Pensamento Político e Últimas Conclusões**. São Paulo: Brasiliense, 1983.
- EINSTEIN, A. **Escritos da Maturidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.
- EINSTEIN, A. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. São Paulo: Contraponto, 1999.
- EINSTEIN, A. **O Poder Nu: Reflexões sobre a Guerra e a Paz**. 1914-1945. Rotterdam, 1994.
- FRANÇOISE BALIBAR. **Einstein: uma leitura de Galileu a Newton**. São Paulo: Edições 70, 1984.
- FREEMAN, M. B. **Albert Einstein**. Belo Horizonte: Difusão Pan Americana do Livro, 1964.
- GALISON, P. **Os relógios de Einstein e os mapas de Poincaré**. Império do tempo. Lisboa: Gradiva, 2005.

- GARBEDIAN, H. G. **A vida de Einstein: o criador de universos**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1959.
- GAZZINELLI, R. **Teoria da Relatividade Especial**. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2005.
- GOLDSMITH, M. **Albert Einstein e seu Universo Inflável**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- GOLGHER, I. **O Universo Físico e Humano de Albert Einstein**. Oficina de Livros, sd.
- GOMEZ, T. **Einstein Relativamente Fácil**. Estampa, 2008
- GOTT, J. R. **Viagem no Tempo no Universo de Einstein**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.
- ISAACSON, W. **Einstein. Sua Vida seu Universo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- JAMMER, M. **Einstein e a Religião**. São Paulo: Contraponto, 2000.
- KAKO, M.; TRAINAR, J. **Para Além de Einstein - A Investigação Cósmica para uma Teoria do Universo**. Mem Martins. Europa-América, 1989.
- KANNER, H.; ORNSTEIN, M. K. **Einstein e suas teorias**. Kanner, 1975.
- LECAYE, A. **Sherlock Holmes & Einstein: O Caso dos Cientistas Assassinados**. Rio de Janeiro: Zahar, 2004.
- LESCHE, B. **Teoria da Relatividade**. São Paulo: Livraria da Física, 2005
- LEVENSON, T. **Einstein em Berlim**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2003.
- LIGHTMAN, A. **Sonhos de Einstein**. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.
- LORENTZ, H. A.; EINSTEIN, A.; MINKOWSKI, E. H. **O Princípio da Relatividade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.
- MACDONALD, F. **Albert Einstein**. São Paulo: Globo, 1993.
- MACDONALD, F. **O Mundo no Tempo de Albert Einstein**. Lisboa. Estampa. 1999
- MAKSOUD, C. **Einstein Unido a Jesus: a descoberta da teoria da relatividade humana**. São Paulo: Navegar, 2004.
- MARTINS, R. de A.: **Teoria da relatividade especial**. Campinas: Lulu, 2008.
- MEDEIROS, A., MEDEIROS, C. **Einstein e a Educação**. Livraria da Física, 2006.
- MONTEIRO, I. **Einstein, Reflexões Filosóficas**. São Paulo: Martin Claret, 1988.
- MORAES, N. **Einstein & Kardec**. A conexão entre a Ciência e a Fé. São Paulo: Aulus, 2005.

- MOREIRA, I. C.; VIDEIRA, A. A. P(orgs.). **Einstein e o Brasil**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1995.
- MOURÃO, R. R. F. **Nas Fronteiras da Intolerância - Einstein , Hitler , a Bomba e o Fbi**. Girafa, sd.
- NOVELLI, L. **Einstein e as Máquinas do Tempo**. São Paulo, Ciranda Cultural, 2008.
- OVERBYE, D. **Einstein apaixonado**. Um romance científico. São Paulo: Globo, 2002.
- PAIS, A. **Sutil é o Senhor... A Ciência e a Vida de Albert Einstein**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- PAIS, A. **Einstein Viveu Aqui**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.
- PARKER, S. **Einstein e a Relatividade**. São Paulo: Scipione, 1996
- PATERNITI, M. **Conduzindo o Senhor Albert: uma viagem pelos Estados Unidos com o cérebro de Einstein**. Companhia das Letras, 2003.
- PATY, M. **Einstein**. Estação Liberdade, 1997.
- PETIT, J. P. **As aventuras de Anselmo Curioso. Einstein e a Teoria da Relatividade**. Lisboa: Dom Quixote, 1982.
- PHILLIPS, C.; PRIWER, S. **O Livro Completo sobre Einstein**. Madras: Cidade, 2004.
- POWELL, C. S. **A Equação de Deus: Como Einstein Transformou o Conceito de Religião**. São Paulo: ARX, 2005.
- REIS, J. C.; BRAGA, M.; GUERRA, A.; FREITAS, J. **Einstein e o universo relativístico**. São Paulo: Atual, 2000.
- RENN, J.; SCHULMANN, R. (orgs.). **Albert Einstein/ Mileva Maric: Cartas de Amor**. Campinas: Papirus, 1992.
- RESNICK, R. **Introdução à Relatividade Especial**. Polígono, 1971.
- ROHDEN, H. **Einstein, o Enigma do Universo**. São Paulo: Martin Claret, 2004.
- ROBSON, A. (org.). **Einstein. Os 100 anos da Teoria da Relatividade**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- RUSSEL, B. **ABC da Relatividade**. Rio de Janeiro: Zahar, 1966.
- ROHDEN, H. **Einstein**. São Paulo: Martin Claret, 1993.
- ROHDEN, H. **Einstein - O Enigma do Universo**. São Paulo: Martin Claret, 2007.
- STACHEL, J. (org.). **O Ano Miraculoso de Einstein: Cinco Artigos que Mudaram a Face da Física**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001.
- STANGROOM, J. **O Enigma de Einstein**. Marco Zero, sd.

- STERN, F. **O Mundo Alemão de Einstein**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- STRATHERN, P. **Einstein e a Relatividade em 90 Minutos**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.
- THORPE, S. **Pense como Einstein**. São Paulo: Cultix, 2003.
- TOLMASQUIM, A. T. **Einstein. O Viajante da Relatividade na América do Sul**. Rio de Janeiro: Viera & Lent, 2003.
- VIEIRA, C. L. **Einstein, o Reformulador do Universo**. Rio de Janeiro, Odysseus, 2003.
- WHITE, M.; GRIBBIN, J. **Einstein**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- WILL, C. M. **Einstein Estava Certo?** Brasília: Editora da UnB, 1996.
- WOLFSON, R. **Simplesmente Einstein: a relatividade desmistificada**. Rio de Janeiro: Globo, 2005.
- WOLKE, R. L. **O que Einstein disse a seu Cozinheiro**. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.

Entre as publicações encontram-se livros com textos de autoria de Einstein (10), biografias (18), livros de história e divulgação das ideias e teorias de Einstein (36), tanto para o público já iniciado no assunto como para leigos. Além desses, pode-se identificar textos que estabelecem relações entre o trabalho de Einstein e religião (04), filosofia (02), patologia (01), culinária (01) e educação (01). Outros, ainda, apresentam textos de história mundial (01), autoajuda (02), romances (01) e desafios (01). Há ainda aqueles destinados a ficção científica (05).

Percebemos que o maior índice de publicações destina-se as obras de divulgação científica. Tendo em vista que, como já mencionado, objetiva-se analisar o funcionamento de imagens presentes em textos de divulgação de autores cientistas, selecionamos exemplares de textos que incluam imagens nas explicações textuais de Relatividade Restrita em obras de divulgação científica. No capítulo 3 relataremos as referências dos livros utilizados, dos quais os textos foram extraídos, bem como as imagens mapeadas e selecionadas

2.2 As imagens no Ensino de Física

Em alguns contextos, uma imagem pode valer mais que mil palavras. Por conta própria, no entanto, uma imagem significa pouco, porque a sua interpretação da origem a diferentes maneiras de ver, ou seja, cada imagem incorpora uma forma de ver.

Estudos confirmam a declaração que as imagens são muitas vezes tomadas como registro mecânico da realidade, uma gravação feita por um aparelho que oferece ao leitor uma garantia contra a intervenção do autor (BASTIDE, 1990). Uma imagem não é como muitas vezes se presume, um registro mecânico. Embora cada imagem incorpore uma forma de ver, a nossa percepção ou apreciação de uma imagem depende também da nossa própria maneira de ver (BERGER, 1972).

Vivemos em um mundo visual, de televisão, filmes e imagens penetrantes. Constantemente somos bombardeados com imagens da realidade de outros lugares. Portanto, não é surpreendente que as imagens sejam um tipo mais frequente de linguagem usada em materiais escritos como, por exemplo, manuais escolares (ROTH *et. al.* 1999).

Tradicionalmente, os livros são importantes recursos na aprendizagem dos alunos porque o ensino, em geral, é orientado por meio deste recurso. Em especial, o ensino de ciências é dominado por livros didáticos com abordagens orientadas para o ensino e para a aprendizagem. Tendo em vista que estes livros utilizam muitas imagens, fotografias e desenhos, é esperado que esse fato atraia a atenção de educadores em ciências, preocupados com o potencial das imagens enquanto recurso de construção de significado.

As imagens são representações visuais frequentes em livros didáticos de ciências. No entanto, pouco se sabe sobre como os alunos as interpretam e aprendem quando se deparam com elas, seja em materiais escritos ou em exposições.

Investigações realizadas sugerem que as imagens têm o potencial de trazer contribuições significativas para livros didáticos, particularmente porque a compreensão do texto parece ser melhorada por tais ilustrações (PEECK, 1993).

Realizamos uma revisão de literatura para obtermos um quadro configurativo das pesquisas realizadas sobre o uso de imagens no ensino de física em três tipos de produções, são elas: teses e dissertações defendidas em programas de pós-graduação, artigos publicados

em revistas da área de Ensino de Ciências e trabalhos completos apresentados e publicados em atas de congressos científicos.

Primeiramente procedemos ao levantamento das teses e dissertações. Para a identificação das produções, recorremos ao Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A identificação foi realizada por meio da procura das seguintes palavras-chave: Imagens, Imagens Visuais, Ensino de Física. Vale a pena destacar que a revisão foi realizada apenas para as produções referentes ao ensino de física.

Após a identificação mapeamos 04 estudos, sendo 01 tese e 03 dissertações como pode ser observado mediante a leitura da tabela 2. Nela, registramos informações do tipo de produção (tese ou dissertação), ano de publicação, autor, título do estudo e instituição na qual defendida.

Tipo	Ano	Autor	Título	Instituição
Dissertação	2008	SILVA, C. F. da	Construção e Realidade nas Imagens dos Livros Didáticos de Física	PUC/MG
	2005	TAVARES, L. de A.	A imagem impressa e ciência: ilustrações em livros didáticos de física (séculos XIX e XX)	PUC/SP
	2002	CASSIANO, W. S.	Análise de Imagens em Livros Didáticos de Física	UnB
Tese	2002	SILVA, H. C da	Discursos Escolares sobre Gravitação Newtoniana: Textos e Imagens na Física do Ensino Médio	UNICAMP

Tabela 2 – Teses e Dissertações defendidas em Programas de Pós-Graduação referentes ao Uso de Imagens no Ensino de Física

Percebemos que dos 04 estudos, 03 analisam as imagens utilizadas pelos autores em livros didáticos de física destinados ao Ensino Médio.

Após a identificação desse tipo de produção, realizamos a leitura cuidadosa de cada um dos 04 estudos, na íntegra, para conhecermos as metodologias e resultados obtidos nas investigações realizadas até a data da revisão (novembro de 2010).

Em continuidade, realizamos o mapeamento de artigos publicados em periódicos selecionados. O mapeamento foi executado a partir da presença, no título e nas palavras-chave, de termos como “imagens”, “linguagem visual”, “ilustrações”. Além disso, selecionamos os títulos que, de alguma forma, remetessem o leitor para aspectos da linguagem visual. Após, selecionamos os eventos a serem revisados. O critério de seleção,

tanto para os periódicos como para os eventos, foi o da representatividade dentro da área de Ensino de Física e Educação em Ciências, no cenário brasileiro ou internacional e/ou a presença no Qualis CAPES, independente da avaliação obtida, considerada esta para a área de Ensino de Ciências e Matemática.

Na sequência, relatamos de forma sintética essas pesquisas. Procuramos relatar, de forma breve, as opções metodológicas escolhidas por cada um dos pesquisadores e os resultados obtidos nas investigações.

O uso de imagens em livros didáticos de Física e pelos docentes em sala de aula foi investigado por Silva (2008). O autor se propôs a responder as seguintes questões: a) Qual a relação entre as imagens dos livros didáticos de Física, a realidade e o conteúdo teórico?; b) Qual a relevância das imagens dos livros didáticos de Física, no ensino-aprendizagem de Física?; c) Como a compreensão das imagens pode auxiliar o professor na escolha de livros didáticos de Física?; Qual o uso da linguagem imagética no ensino-aprendizagem de Física no ensino médio?; Qual o potencial deste recurso para este mesmo nível de ensino?

Com o objetivo de traçar a função das imagens no livro didático de Física na visão do educador, procurando interpretar como resultado dessa visão uma proposta de análise imagética de livro didático que melhor se adaptaria a esse público, Silva (2008) buscou investigar qual o valor atribuído pelos professores às imagens no livro didático como critério de escolha dos mesmos e o potencial didático e os limites das imagens como facilitadoras da aprendizagem do ponto de vista cognitivo.

Para tanto, o autor analisou as imagens, sobretudo aquelas presentes nos livros didáticos recomendados pelo PNLEM/2006 e aqueles mais usados na região do Distrito Federal, aplicou um questionário a 20 professores de física de escolas públicas do Ensino Médio da região do Distrito Federal e relacionou o nível de realidade/abstração (grau de iconicidade) com a aprendizagem, tendo como referência a escala de iconicidade de Justo Villafañe.

Os resultados obtidos, da análise das imagens e a análise de conteúdo das respostas obtidas por meio dos questionários, revelaram uma falta de capacitação dos docentes no trabalho em sala de aula com as diversas linguagens, principalmente com a linguagem visual,

revelando um descompasso entre as instituições educacionais e os meios de comunicação cujo domínio da transmissão de informação é a comunicação visual.

Silva (2008) relata a necessidade de capacitação docente para utilização adequada da linguagem visual em sala de aula, mediante a exploração de imagens com diferentes graus de iconicidade (abstração).

Percebeu-se que os professores buscam utilizar a linguagem visual à sua maneira e demonstram que poderiam realizar um trabalho melhor com melhores referências. Ainda, verificou-se uma preferência dos professores questionados pelas imagens desconstruídas que, segundo o autor, são aquelas nas quais são acrescentados elementos gráficos que podem facilitar o entendimento daquilo que se quer mostrar. Por outro lado, o autor do estudo adverte que as desconstruções devem ser usadas de modo adequado, evitando criar dificuldades de entendimento ou ainda gerando erros conceituais.

A análise das imagens dos livros didáticos analisados mostrou, de maneira geral, uma qualidade visual muito boa, coexistindo de forma harmônica a linguagem verbal e a não-verbal, predominando imagens fotográficas, com mais de 50% em todos os livros analisados.

Apesar dos diferentes projetos ilustrativos para cada coleção, todas utilizam variados tipos de imagens com diferentes graus de iconicidade, não predominando um único tipo de imagem. Isso demonstra que a adequação da imagem ao conteúdo pode facilitar o processo de ensino aprendizagem ao passo que a sua utilização desconexa do conteúdo ou ainda imagens que podem gerar confusão quanto aos conceitos e definições apresentados (SILVA, 2008).

Ao final do estudo, tendo como objetivo auxiliar o docente na utilização das imagens como recurso pedagógico e na escolha de livros didáticos em relação a esse quesito, Silva (2008) produziu um guia de orientação sobre a leitura e utilização no ensino de Física das imagens dos livros didáticos. O mesmo procura estabelecer os fundamentos básicos do que pode ser uma metodologia no estudo da imagem, utilizando para isso categorias especificamente icônicas e buscando fundamentalmente estabelecer uma relação entre a iconicidade das imagens e sua função no ensino de Física.

Em estudo intitulado “A imagem impressa e ciência: ilustrações em livros didáticos de física (séculos XIX e XX)”, Tavares (2005) analisou imagens impressas em livros didáticos de ciências publicados entre o final do século XIX e início do século XX

focalizando interações entre as concepções científicas que se propunha expressar e as possibilidades da técnica usada em sua elaboração.

O autor aborda o tema a partir da análise das imagens impressas com base nas transformações ocorridas na indústria gráfica, entendendo o impacto e a influência que estas tiveram quanto à aplicação das imagens nos livros, levando em consideração a técnica para a elaboração de matrizes tipográficas – xilografia de topo -, bem como a migração das imagens dessas matrizes para outras publicações em diferentes editoras de diferentes países. Tavares analisa alguns fatores que levaram os editores a escolher a xilogravura de topo especialmente na produção destas imagens impressa incluídas em textos voltados ao ensino médio, em detrimento de outras técnicas disponíveis para a produção de matrizes tipográficas.

Outro aspecto abordado na dissertação de Tavares (2005) é o realismo oferecido pelas matrizes tipográficas, levando em consideração a visão da ciência do século XIX, e a contribuição das imagens no ensino de ciências, numa época em que o positivismo era difundido no Brasil.

Nas imagens selecionadas para estudo notou-se uma grande preocupação em representar precisa e exatamente somente aquilo que fosse verificável. Para o autor, um fato que chamou atenção nas imagens foi o extremo realismo, o que as harmonizaria com a visão da ciência da época. Uma representação fiel da natureza poderia favorecer o entendimento humano (TAVARES, 2005).

Tavares constatou, ainda, que nas imagens estudadas havia uma necessidade de representar os fatos que fossem comprovados e verificados. Estas imagens transmitiam informações fieis e precisas favorecendo o pensamento, pois possuíam riqueza de detalhes e descrição de fenômenos naturais, máquinas, tipos de matérias e experimentos (TAVARES, 2005).

Outro aspecto que merece destaque é o fato de muitas imagens utilizadas por autores brasileiros serem cópias fieis de livros editados no exterior, em especial aqueles de Paris. Esse fato Tavares chamou de migração de imagens. O autor verificou que as reproduções eram elaboradas a partir de imagens já impressas e não pelas matrizes.

Como conclusões o autor explicita que os livros didáticos científicos utilizados no Brasil, onde o positivismo exercia forte influência no ensino, possuíam imagens que

associavam os recursos técnicos disponíveis de impressão com o pensamento científico da época (TAVARES, 2005). Conclui, ainda, a migração de imagens de livros estrangeiros para as publicações brasileiras. Segundo o autor as imagens migravam não apenas na mesma área de conhecimento, mas também entre áreas.

A análise de imagens em livros didáticos de física também foi objeto de estudo de Cassiano (2002). O estudo procurou responder as questões: a) Qual é o percentual da área de uma página do livro didático ocupada pelas imagens?; b) Quais os tipos de imagem mais frequentes nos livros didáticos de Física?; c) Quais são as funções da imagem?; d) Haveria casos de incoerência entre texto e imagem?; e) Existem imagens que podem induzir os alunos à formação de conceitos equivocados?; f) Em seus “guias de como usar o livro”, os autores chamam a atenção ou orientam professores e alunos para a leitura e uso das imagens no processo de ensino-aprendizagem?

O foco do estudo centrou-se na análise das imagens veiculadas em livros didáticos de física, buscando, do ponto de vista formal, identificar as características físicas e as formas de representação e, do ponto de vista semântico, examinar as funções que desempenham em relação ao texto. Ainda, objetivou-se apontar eventuais inadequabilidades conceituais em imagens e identificar e discutir assuntos nos quais o texto e as imagens não se “comunicam” convenientemente.

Para responder as questões de estudo, Cassino selecionou livros didáticos de física mais utilizados na rede privada de ensino de Brasília (cinco coleções); e como assuntos para a análise mais detalhada selecionou: a) Leis de Newton; b) Arco-íris; c) Transferência de calor; d) Corpos com excesso de cargas elétricas; e) campo magnético em torno de um condutor retilíneo. Os critérios para a escolha destes assuntos foram a quantidade e os tipos de imagem, seu conteúdo informativo e o seu diálogo com o texto.

Para a realização do estudo, o autor propôs grades para auxiliar a análise imagética sob o aspecto morfológico e funcional. Morfologicamente, as imagens foram examinadas quanto ao seu tipo, área de ocupação, quantidade por página, uso de legendas e cor. Funcionalmente, foram analisadas quanto ao seu papel desempenhado em determinado contexto. O autor procurou, ainda, investigar o grau de iconicidade das imagens presentes nos livros didáticos de Física, ou seja, o grau de representação por semelhança do signo icônico ao mundo real.

Entre os resultados obtidos, Cassiano menciona a importância da imagem na transmissão dos conceitos físicos, via texto didático, uma vez que as representações visuais têm forte presença nos livros didáticos de física analisados. No entanto, segundo o autor, em nenhuma obra analisada no estudo há preocupação de orientar o professor no uso das imagens como apoio didático e complemento à explicação textual.

A análise morfológica revelou a presença média de 2,8 imagens por página e mostrou que cerca de 37% da área de texto-imagem nos livros e assuntos investigados são ocupados por imagens. A análise funcional mostrou que cerca de dois terços das imagens podem ser considerados imprescindíveis para a compreensão dos conceitos apresentados no texto escrito (CASSIANO, 2002).

A aplicação da grade de análise funcional revelou que 69% das 606 imagens investigadas têm papel explicativo, sendo indispensáveis na transmissão dos conceitos. Para os assuntos analisados, o autor conclui que as principais funções das imagens em Física são ajudar a explicar o texto escrito e motivar o leitor, ilustrando o fenômeno ou o objeto em estudo. Grande parte das imagens cumpriu a função a que se propõe. Inúmeras são as imagens bem concebidas (a maioria) e inúmeras também são as situações de “boa relação” texto-imagem (CASSIANO, 2002).

Para Cassiano, as imagens, na sua dimensão pedagógica, não podem ser vistas apenas como “figuras que embelezam e ajudam a vender um livro”, mas como forma de linguagem que pode contribuir para a aprendizagem de conceitos científicos e para a otimização da dinâmica de comunicação em sala de aula.

Tendo como referencial teórico a Análise de Discurso de linha Francesa, Silva (2002) analisou como e que sentidos foram produzidos na leitura de imagens e textos escritos que funcionaram em situações de ensino que compuseram uma unidade sobre gravitação newtoniana. Especificamente, em relação às imagens, foi analisado o funcionamento daquelas relativas ao espaço cósmico. Os sujeitos foram alunos de duas turmas de 1ª série do Ensino Médio.

Nas aulas que compuseram uma unidade de ensino foram utilizadas diferentes formas de imagens: filmes e documentários em vídeo, fotos em papel, transparências, cartazes, além das imagens presentes em textos utilizados pelo autor.

Como conclusões o autor relata que a análise dos processos discursivos em torno da síntese newtoniana revelou que as imagens podem funcionar produzindo sentidos que compõem uma perspectiva ampla de formação cultural pela educação científica, incluindo a própria prática de leitura nesta formação.

Na análise dos modelos e grafismos utilizados em livros de Física, Jiménez et al. (1997) examinaram 604 imagens em seis livros didáticos espanhóis, nos temas estática, dinâmica e fluidos. Os pesquisadores concluíram que 73% das imagens que acompanham o texto em Mecânica elementar são imprescindíveis. São imagens que aportam elementos que não estão presentes no texto e sem os quais não é possível compreender os conceitos. Cerca de 26% das imagens trazem informação complementar da qual se poderia prescindir e apenas 1% representa imagens supérfluas ou independentes do texto.

Em “Imagens Complementares a um Texto de Mecânica: a Perspectiva de seu Potencial para o Aprendizado do Aluno”, Peduzzi (1999) conclui que “a utilização de um conjunto diversificado de imagens como recurso instrucional complementar a um texto de mecânica seguramente atende o propósito de tornar menos árido o ensino desta parte da física que, como as demais, geralmente está centrada, apenas, na relação de um extenso e exaustivo número de problemas.

Nessa pesquisa, os alunos tiveram oportunidade de dar aulas sobre o assunto, utilizando imagens às quais tiveram acesso de várias formas. Sobre as aulas, Peduzzi (1999) relatou que, nas explicações, a maior parte dos estudantes fez uso das transparências disponibilizadas pelo professor, articulando, como era esperado, conteúdo e imagens, com bons resultados.

O autor considera ainda que apoio de um conjunto de imagens extratexto, de uso optativo ao aluno interessado, torna a leitura do material instrucional mais fluente, minimizando os riscos de ‘truncá-lo’, em demasia (PEDUZZI, 1999).

Peduzzi (1999) classifica as imagens em seis grandes categorias.

i) Imagens de caráter predominantemente ilustrativo, que pouco contribuem para o aprendizado, como, por exemplo, desenhos e gravuras de personagens históricos;

ii) imagens que estreitam os laços da ciência e da arte, as quais ilustram momentos da ciência perpetuados pela arte;

iii) imagens “provocativas”, associadas a questões que colocam em dúvida “lendas” e situações às quais explorações se fazem necessárias sob pena de prejuízo quanto ao aprendizado do aluno;

iv) imagens que objetivam contribuir, explicitamente, para um melhor entendimento conceitual;

v) imagens que questionam, diretamente, o aluno e

vi) imagens que, necessariamente, resultam estéreis ao aluno sem a fundamentação teórica do texto.

Zimmermann e Evangelista (2004) relatam uma análise das interpretações de imagens de um livro didático feitas por dez alunos de uma escola de Brasília, com idade entre 11 e 13 anos. Foi pedido aos alunos que olhassem para certas imagens do livro didático e que as interpretassem para o pesquisador. O critério adotado para a escolha das imagens foi o de que algumas delas poderiam apresentar dificuldades para serem interpretadas pelos alunos.

O estudo revelou que, em geral, os alunos não conseguem interpretar os elementos representados em imagens, sejam eles reais e esquemáticos ou entidades simbólicas. É necessário, sobretudo no caso de esquemas, que haja a interferência do professor para que o aluno perceba e interprete os elementos presentes. Os alunos tendem a fazer uma descrição dos elementos reais da imagem, não se atendo a esquemas, setas, símbolos etc. Para interpretar uma dada imagem, os alunos tendem a buscar conhecimentos teóricos anteriores ou do seu dia-a-dia. Os alunos apresentaram dificuldade para interpretar imagens que necessitavam de uma interpretação de relações entre diferentes ícones imagéticos.

Silva e Martins (2008) investigaram a iconicidade em livros didáticos de física recomendados pelo Programa Nacional de Livros Didáticos para o Ensino Médio (PNLDEM), considerando sua iconicidade e sua função didática no ensino-aprendizagem de Física. O estudo das imagens considera o seu nível de realidade/abstração, tendo como referência a escala de iconicidade de Justo Villafañe, na qual foram acrescidas outras categorias visando contemplar novas tecnologias de obtenção de imagens. A pesquisa procura compreender a relação entre as imagens, a realidade, o conteúdo teórico e a sua relevância nos livros didáticos de Física.

Observaram-se projetos gráficos diferenciados, caracterizando propostas semelhantes, contendo imagens variadas com diferentes graus de iconicidade, sendo que a escolha do tipo de ícone depende da sua consonância com as informações apresentadas e com o estímulo pretendido.

Carmo *et al.* (2000) investigam as distorções conceituais presentes no experimento do calorímetro de pás, realizado por Joule. Segundo estes autores, os textos sobre o experimento associado às figuras do calorímetro, em geral incompletas, simplificam-no em demasia, desconsiderando a real complexidade e todas as dificuldades enfrentadas por Joule na execução do experimento.

Dos quarenta livros analisados na pesquisa, dezesseis não apresentam qualquer figura que auxilie na compreensão do experimento. Entre aqueles textos didáticos que mostram a figura, as simplificações introduzidas, em relação ao experimento original de Joule, incluem: ausência das duas massas pendentes ou a presença de uma única massa (8 vezes); ausência de pás fixas (16 vezes); ausência de um termômetro ou a presença de um termômetro muito curto (13 vezes); falta de manivela para girar as pás (10 vezes); ausência de um pino de conexão no eixo de metal das pás (20 vezes); inexistência de um isolante no eixo das pás (17 vezes) e negligência da complexidade do sistema de suspensão de roldanas (22 vezes).

Os autores concluem que *“longe, portanto, de auxiliarem na compreensão deste importante e complexo experimento, ‘crucial’ para o desenvolvimento subsequente da Termodinâmica, os livros utilizam as representações visuais como meros aspectos ornamentais, por vezes belo e mesmo coloridos, sem emprestarem aos mesmos, entretanto, os significados funcionais que poderiam desempenhar na apresentação daquele conteúdo”* (CARMO et al., 2000, p.14).

Perante isso, segundo os autores, há necessidade de se buscar compatibilizar, com mais coerência, as mensagens veiculadas pelos textos e pelas imagens no tratamento dos experimentos da física.

Medeiros *et al.* (2000) mostram que os livros têm reduzido os seus conteúdos referentes aos aspectos fenomenológicos da eletrostática. Os autores examinam a coerência texto-imagem no estudo do eletróforo, cuja importância conceitual foi renegada nas últimas

décadas, sendo o aparelho excluído na apresentação desse conteúdo em livros didáticos mais recentes.

Na análise, os pesquisadores examinaram dezesseis livros-texto de Física, de diferentes épocas e países. Constataram que os textos dos últimos vinte anos, particularmente brasileiros, não contemplavam o eletróforo na abordagem de seus conteúdos, por isso não puderam, obviamente, ser objeto de análise. Concluem que:

Não se está aqui tentando fazer qualquer apologia dos tratamentos dados ao eletróforo em textos mais antigos. A complexidade do eletróforo era, costumeiramente, negligenciada naquelas fontes, que traziam apenas uma descrição sucinta do seu funcionamento. Por outro lado, nos textos mais recentes, ao invés de resolverem o problema, contornaram-no, simplesmente, ignorando-o. Diante da necessidade de substituir explicações deficientes, os novos textos preferiram eliminar o problema retirando-o de pauta, como se ele não tivesse grande importância. É relevante assinalar que o conteúdo temático referente ao eletróforo (potencial e capacidade eletrostática) não foi, no entanto, retirado. O fato, porém, da apresentação de um tal instrumento ter sido abandonada, empobreceu significativamente o desenvolvimento conceitual do conteúdo, afetando, assim, a compreensão do mesmo. Esta retirada não foi, no entanto, casual. Ela está em consonância com a tendência de desenvolver a apresentação dos conteúdos reportando-se, inicialmente, apenas à natureza corpuscular da matéria. Principalmente, após o advento da detonação de duas bombas atômicas no Japão (...), o modelo da matéria passou a ser apresentado de forma dogmática, sendo aceito passivamente, como se não houvesse mais a necessidade de uma abordagem fenomenológica, a nível [sic] macroscópico. Certamente, para se ter um quadro do quanto professores e estudantes seriam capazes de compreenderem, ou não, o funcionamento do eletróforo, em termos de potencial e capacidade, seria necessária a realização de outras investigações complementares. (MEDEIROS et al., 2000, p.14)

Medeiros e Medeiros (2001), evidenciando certo tipo de uso das imagens feito por livros didáticos de Física, expõem que

Este tipo de uso vem se tornando cada vez mais frequente mercê, principalmente, de dois fatores. O primeiro é a qualidade gráfica cada vez mais aprimorada dos livros didáticos, com imagens em número crescente e cada vez mais coloridas e tecnicamente bem trabalhadas. O segundo fator é a crença também, cada vez mais atual, na necessidade de aproximar o ensino da Física à realidade cotidiana. Fruto desses dois fatores nasce uma postura que se apresenta como muito moderna, mas que de fato padece, por vezes, de uma ingenuidade epistemológica. (...) O problema, no entanto, está no ato de concentrar-se excessivamente nestes possíveis aspectos atrativos de tais imagens, ocasionando (...) possíveis e graves problemas de comunicação devido a questões epistemológicas envolvidas que têm passado de forma despercebida. (p.105)

A conclusão destes autores é a de que existe um certo tipo de representação visual nos livros didáticos, que distorce o real pensado na Física ao tentar tomá-lo como idêntico ao real concreto. Um livro belamente ilustrado pode estar em desacordo com os processos de construção do conhecimento científico. Essas distorções são veiculadas não apenas nos textos escritos, mas também nas suas representações visuais.

No que tange as funções das representações visuais em situações de sala de aula de Ciências, Martins (1997) desenvolveu um estudo de caso em escolas secundárias de Londres e analisou livros didáticos. A autora revela que há uma crescente utilização de imagens e recursos gráficos. As páginas dos livros modernos estão repletas de imagens dos mais variados tipos. Constata uma mudança na relação texto-imagem.

Nos textos tradicionais, a mensagem principal vinha na forma de texto escrito e as imagens possuíam a função quase que exclusiva de ilustrar ou auxiliar a visualização, fornecer detalhes, enriquecer ou tornar o texto mais interessante ou atrativo. As ilustrações eram subordinadas ao texto. Nos textos modernos, já começamos a observar uma tendência oposta. É possível encontrar exemplos onde o texto escrito apenas dá nome a algo que é definido de maneira gráfica, ou possui somente a função de comentário ou sugere como o ‘visual’ deve ser lido. Em alguns casos, o ‘visual’ é, de fato, o principal meio de comunicação. (MARTINS, 1997, p.295)

Com relação aos alunos, a autora destaca que as primeiras reações se referem à estética das imagens (“gosto”, “não gosto”, “fica bonito”), sugerindo um engajamento inicial via canal afetivo. Em seguida, evoluem para comentários acerca de elementos de composição (como a cor usada), e podem chegar até mesmo a julgar se determinada representação é útil ou não para a aprendizagem. Os alunos também fazem distinção entre imagem “científica” e “não-científica”. Gráficos e diagramas são científicas. Por sua vez, as histórias em quadrinhos e fotografias são consideradas pelos alunos como “não-científicas”.

Segundo Martins (1997), a representação visual no ensino-aprendizagem de ciências é importante não somente na comunicação de ideias, mas a própria “conceitualização” de certos conceitos depende de sua visualização, podendo-se dizer, portanto, que a ciência é inerentemente visual. Explicar o conceito de amplitude, por exemplo, sem recorrer à representação de uma onda senoidal é impensável.

Embora nem todos os conceitos se fundam com sua própria representação visual, a compreensão de conceitos e fenômenos pode ser, em muitos casos, potencializada pelos

aspectos atribuídos às imagens e às ideias que estas podem comunicar. Uma imagem pode ajudar a aprendizagem pela sua capacidade de mobilização, mas ela sozinha não pode ser considerada uma fonte de aprendizagem.

Baseada nos trabalhos de Kress e Van Leeuwen (1999), Martins (1997) expõe que as representações visuais recaem em três categorias: classificações, análises e narrativas. Segundo ela

Uma classificação organiza membros de uma mesma classe, geralmente num arranjo simétrico de imagens do mesmo tipo como, por exemplo, fotografias de vários tipos de rocha dispostas ao longo de um eixo vertical e horizontal lado a lado, ou em estruturas hierárquicas como, por exemplo, árvores que representam taxionomias. Este tipo de estrutura geralmente serve à função de comparar e contrastar exemplos de uma mesma categoria com base em critérios que motivam a classificação. Já uma estrutura analítica relaciona relações de parte e todo, mostrando componentes de um sistema. Por exemplo, num diagrama do aparelho digestivo, os diversos órgãos são representados um em relação ao outro, com seus nomes e/ou funções aparecendo escritos ao seu lado. Outro exemplo de estrutura analítica é a representação esquemática de circuitos elétricos. Narrativas basicamente ‘contam histórias’. Elas representam processos e/ou ações que acontecem ao longo do tempo como a ebulição de um líquido ou o movimento relativo de dois corpos. Exemplos destas estruturas também incluem diagramas de blocos ligados por setas que indicam uma sequência temporal de eventos. (p.297)

Com relação às funções das imagens, Martins (1997) distingue quatro delas: i) atrair a atenção, provocar interesse, motivar; ii) sinalizar e organizar o conteúdo por vir; iii) ilustrar uma ideia ou argumento e iv) mostrar como algo é feito (descrever um procedimento). Tais funções podem ser distinguidas quando tentamos estabelecer as relações entre determinada imagem e: a) o texto (escrito ou visual) ao seu redor, b) a atividade de sala de aula à qual ela se relaciona e c) ao conhecimento científico propriamente dito.

Martins *et al.* (2005) relatam os resultados de uma investigação acerca de como as imagens presentes em livros didáticos de ciências são lidas e compreendidas por estudantes por meio de entrevistas com alunos de oitava série do Ensino Fundamental de uma escola municipal do Rio de Janeiro. As respostas dos estudantes mostraram que as imagens não são transparentes e suscitam diferentes interpretações e entendimentos nos leitores. Na busca de uma significação para as imagens os alunos se engajam em procedimentos elaborados que envolvem análises de elementos composicionais.

Otero (2002) formula, reflete e discute alguns aspectos relevantes para a investigação em imagens na educação em ciências. É analisado brevemente o uso que historicamente tem se dado às imagens externas e a situação atual, caracterizada por uma substituição de imagens por palavras. Considera-se a tensão imagens-palavras à luz das relações entre a linguagem, o conhecimento e a cultura na perspectiva de Maturana como um referencial relevante para a investigação de imagens na educação em ciências.

Dib *et al.* (2003) em “Texto e Imagens no Ensino de Ciências” tiveram como foco principal os significados que os alunos atribuem às imagens que ilustram um texto didático. O estudo foi realizado com alunos do Ensino Médio da rede pública e da rede particular de ensino cursando, respectivamente, as modalidades Educação de Jovens e Adultos (EJA) e Ensino Regular. A coleta de dados foi realizada a partir de entrevista semiestruturada, centrando-se nas imagens e no texto.

A análise dos resultados levou a conclusão que, apesar dos estudantes atribuírem significados variados às imagens, ao escolherem as fotografias para ilustrar o texto em questão os mesmos buscaram identificar os elementos comuns entre essas duas formas de linguagens. Isso os levou a escolher as mesmas imagens que, originalmente, já faziam parte do texto.

“A Produção de Sentidos por Imagens Interativas: applets no Ensino da Física” foi estudada por Silva e Colares Filho (2003, 2004). Fazendo parte de um projeto mais amplo que teve como uma de suas finalidades investigar o uso de recursos, como textos e imagens, numa perspectiva cultural, focalizando as condições de produção do conhecimento/discurso escolar, compreendido como lugar de relação entre o discurso científico e o cotidiano. Buscou-se analisar o papel da mediação de aplicativos de simulação (applets) na produção de sentidos em torno da síntese newtoniana. Os autores, amparados numa concepção discursiva de linguagem focam a análise nos diversos aspectos e características dos applets que podem ser considerados como parte das condições de produção de sentidos envolvidos na sua mediação. Apontam a possibilidade de estabelecimento de relações entre variáveis numéricas e não numéricas como um desses aspectos, e como diferentes applets reconstroem de modos diferentes a realidade física.

Martins *et al.* (2003) analisam seis coleções de ciências para o Ensino Fundamental identificando os tipos de recursos visuais utilizados e sua frequência de ocorrência. Com base em categorias definidas em estudos do campo da semiótica social e da educação em

ciências, discutem também os diferentes papéis desempenhados pelas imagens nos textos das coleções para primeiro, segundo, terceiro e quarto ciclos e suas relações com diferentes padrões de explicação. As análises também mostraram como as imagens podem ser utilizadas para promover abordagens interdisciplinares e favorecer a contextualização de explicações científicas.

Bernuy *et al.* (1999) analisando livros didáticos de ciências e de física, apontam que imagens não são apenas ilustrações subordinadas ao texto escrito, mas constituem-se também no conteúdo do texto propriamente dito e constata um crescente uso das imagens e a crescente variedade destas imagens nos livros didáticos, assim como uma grande complexidade de suas estruturas visuais.

Recentemente, Souza *et al.* (2010) publicaram um artigo de revisão de literatura, intitulado “A imagem em artigos publicados no período 1998-2007 na área de Educação em Ciências”, no qual sintetizam a análise de um conjunto de estudos sobre imagens. As autoras objetivaram conhecer o quadro teórico de conhecimentos sobre o tema.

Após a revisão, as autoras identificaram um total de 47 artigos, os quais foram analisados segundo as seguintes categorias: a) papel da imagem; (b) natureza da imagem, suporte e mídia; (c) abordagem; (d) campo de estudos de referência; (e) natureza do estudo; (f) cenário dos estudos empíricos; (g) instrumentos de coleta de dados; e (h) tipo de análise de dados.

Como principais resultados, as autoras obtiveram que do total de artigos identificados, em 34 a imagem foi abordada como o objeto da pesquisa, sendo que em 13 ela foi empregada para ajudar no entendimento de outro assunto. Ainda, 37 deles tratavam da imagem fixa e, 25 destes, analisavam o livro didático

No que se refere a abordagem, subdividida em produção e consumo, as autoras relatam encontrar 31 artigos, cujo foco centra-se nas diferentes técnicas de produção de imagens, suas composições e leituras preferenciais, ou seja, o significado da imagem pensado pelo seu produtor e/ou editor. 11 artigos analisam as leituras de imagens realizadas por alunos, professores ou outros sujeitos e os efeitos da leitura na construção de significados e na aprendizagem. Em cinco artigos, a produção e o consumo foram abordados conjuntamente.

Em relação ao campo de estudos de referência, constataram o predomínio dos estudos os campos da semiótica e da cognição, 19 e 17 artigos, respectivamente. No que tange a natureza do estudo, 16 artigos foram classificados como estudos teóricos e 31 como empíricos, os quais fazem referência ao contexto escolar, sendo que em 16 constatou-se a ausência de sujeitos, uma vez que apenas relatam análises de materiais. Em 11 artigos os estudantes foram sujeitos e em dois os professores. Duas pesquisas utilizaram estudantes e professores juntamente como sujeitos.

O instrumento mais utilizado para coletar os dados, entre os artigos analisados, foi a análise de material (28 artigos) , sendo 15 para o livro didático. O questionário também ganhou destaque na coleta de dados.

Quanto ao referencial teórico utilizado para análise dos dados, as autoras constataram que, dos 31 artigos empíricos, 21 não mencionaram um referencial. Os outros 10 artigos utilizam um dos seguintes referenciais: (a) análise de discurso; (b) análise de conteúdo; (c) análise multireferencial; (d) análise de níveis de processamento de informação; (e) análise fatorial de correspondências múltiplas e classificação sobre coordenadas fatoriais; (f) análise sequencial; e (g) análise com base no enfoque cultural.

Souza *et al.* (2010) finalizam o estudo relatando um aumento significativo de artigos publicados sobre imagens ao longo do período analisado e que os estudos de produção da imagem precedem os estudos da leitura e os da leitura são importantes porque envolvem a questão do aprendizado no ensino de ciências.

A partir do breve relato de algumas pesquisas com foco no estudo das imagens, é possível constatar que quase a totalidade dos estudos possui como objeto de investigação o livro didático. Assim, a leitura de imagens pelos alunos e as interpretações que eles atribuem às imagens quase não é investigada por pesquisadores do campo da Educação em Ciências.

Como mencionado na introdução deste capítulo, a questão que complica é que as imagens podem valer por mil palavras, mas por conta própria, elas significam muito pouco (WITTGENSTEIN, 1958). Elas dão origem a inúmeras e diferentes interpretações, porque o seu significado emerge de uma operação que vai desde a maneira do fotógrafo ver até a percepção do leitor. É um trabalho da leitura do leitor, da narrativa da percepção do espectador, e da ordem de percepção da imagem fotografada, do texto que a envolve, e dos

recursos de construção de significado disponíveis para o leitor que permitem a ele uma interpretação específica de uma imagem (BJELIC, 1992 ; MORRISON, 1989).

As imagens só podem alcançar um poderoso papel como representações do mundo real por meio da interpretação do leitor e da narrativa da percepção do espectador (BJELIC, 1992; MORRISON, 1989).

Uma vez que as imagens são frequentes em livros didáticos, elas desempenham um importante papel na experiência de práticas de leitura vivida por estudantes durante a escolarização. Mas existe uma ambivalência dupla sobre imagens em livros didáticos (SCHNOTZ *et al.*, 1993). Por um lado, professores acreditam que as imagens têm um grande potencial como recurso de ensino, uma vez que, para eles, uma imagem vale mais que dez mil palavras. No entanto, eles as utilizam como coadjuvantes, com a finalidade decorativa. Por outro lado, os alunos preferem livros que possuam ilustrações. Porém, eles prestam pouca atenção nas informações pictóricas. Precisamos, portanto, uma melhor compreensão de como os estudantes interpretam as imagens, como eles podem usá-las na leitura/compreensão de um determinado conteúdo de física.

A maioria dos estudantes, em geral, estão constantemente em contato com imagens. No entanto, instruções apropriadas para ler e analisar imagens não são fornecidas a eles (ROTH, 2002). Para entender o efeito das imagens na aprendizagem, devemos considerar não apenas a maneira como elas são produzidas, mas também como elas são interpretadas pelo leitor. Este estudo está, portanto, preocupado com a maneira pela qual os estudantes interpretam, ou seja, que sentidos atribuem às imagens no contexto de conceitos científicos, tal como aquelas pertencentes a Teoria da Relatividade Restrita, apresentadas em textos de divulgação de autores cientistas.

A questão que surge, portanto, é como os estudantes interpretam as imagens e como eles usam outros recursos de construção de significado que o texto torna disponível para chegar a um entendimento das informações que a imagem apresenta. Um dos objetivos deste estudo é, portanto, compreender de que maneira aspectos textuais como imagens participam das interpretações dos licenciandos em física quando estes leem textos de divulgação científica que versam sobre a Teoria da Relatividade, escritos por cientistas.

CAPÍTULO 3 – APOIO TEÓRICO E CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO

3.1 Considerações sobre a Análise de Discurso

Entre diferentes apoios teóricos que podem ser empregados para analisar as informações, optamos por utilizar a Análise do Discurso (AD). Em nosso estudo, o uso da AD se justifica porque esse referencial percorre a fala com a intenção de buscar o significado das informações, e não apenas a informação com um fim em si próprio, mas o que levou a inclusão desta ou daquela informação em um determinado discurso. A língua não é só um código a ser decifrado por meio do significado etimológico de cada palavra, mas busca-se como foram constituídos tais significados. Portanto, olhamos o discurso que está sempre carregado de sentidos, de subjetividade, de argumentação, dos efeitos de sentidos expostos por seus interlocutores.

A AD, na vertente iniciada nos anos sessenta do século passado na França com o trabalho de Michel Pêcheux, tem na sua origem o questionamento da linguagem considerada como transparente. Nessa linha de pensamento, a linguagem não se limita a mero instrumento para comunicação de informações, nem é apenas um meio para se pensar (ALMEIDA, 2007).

Pêcheux trabalhava em um Laboratório de Psicologia Social e sua ideia era a de produzir um ambiente de reflexão que colocasse em questão a prática elitizada e isolada das Ciências Humanas da época.

Pêcheux, em sua tese “Análise Automática do Discurso” de 1969, sugere que as ciências se confrontem, particularmente a história, a psicanálise e a linguística. Este espaço de discussão e compreensão é chamado de entremeio, e o objeto que é estudado nesse espaço é o “discurso”. Assim, é no entremeio das disciplinas que podemos propor a reflexão discursiva.

O objetivo da AD é levar os leitores, oradores e criadores de diferentes discursos a uma problematização frente às manifestações da linguagem. Nesse sentido, é fundamental perceber a sua não transparência e as influências ideológicas, históricas e culturais que estão por trás da construção de todo discurso.

Orlandi (2003) ressalta que alguns aspectos devem ser considerados para a AD: o sujeito; a linguagem e seu processo histórico; os dispositivos de análise; as condições de produção, entre outros. A linguagem é utilizada como o veículo que permite a materialização do discurso, é a palavra que pulsa, agita e interage com o contexto, assumindo diferentes sentidos de acordo com os diferentes indivíduos que dela fazem uso. Procura-se ver o significado da palavra no seu sentido social, histórico, cultural e ideológico.

Todo discurso é, portanto, uma construção social, não individual, e que só pode ser analisado considerando seu contexto histórico-social, suas condições de produção; significa ainda que o discurso reflete uma visão de mundo determinada, necessariamente, vinculada à dos seus autores e à sociedade em que vivem.

Pode se dizer que o discurso tem uma dimensão ideológica que relaciona as marcas deixadas no texto com as suas condições de produção, que se insere na formação ideológica. Essa dimensão ideológica do discurso pode tanto transformar quanto reproduzir as relações de poder. Para Althusser (1979), a ideologia é materializada nas práticas das instituições, e o discurso, como prática social, seria então “ideologia materializada”

Para a AD, o discurso é uma prática, uma ação do sujeito sobre o mundo. Por isso, sua formação deve ser contextualizada como acontecimento e estrutura, pois funda uma interpretação. Quando proferimos um discurso agimos sobre o mundo, marcamos uma posição, ora selecionando sentidos, ora excluindo-os/silenciando-os.

Assim, a produção do discurso acontece na história, por meio da linguagem. Como o discurso encontra-se na exterioridade, na vida social, o analista de discurso necessita romper as estruturas linguísticas para chegar a ele. É preciso sair do especificamente linguístico, dirigir-se a outros espaços, para procurar descobrir, descortinar, o que está entre a língua e a fala (FERNANDES, 2005).

Para Maingueneau (2005), o discurso é “uma dispersão de textos cujo modo de inscrição histórica permite definir como um espaço de regularidades enunciativas”.

Como o discurso encontra-se na exterioridade, na vida social, é possível dizer que os sujeitos “falam” de um lugar social. Este lugar no discurso é governado por determinadas regras não explícitas que definem o que pode e deve ser dito e o que deve ser silenciado. Apenas nesse lugar é que o discurso vai ter um dado efeito de sentido. Se for pronunciado

em outra situação que remeta a outras condições de produção, seu sentido, consequentemente, será outro.

Encontramos em Orlandi (2011) relações das condições de produção e das representações sociais.

[...] os interlocutores, a situação, o contexto histórico-social (i.é., as condições de produção) constituem o sentido da sequência verbal produzida. Quando se diz algo, alguém o diz de algum lugar da sociedade para outro alguém também de algum lugar da sociedade e isso faz parte da significação. Como é exposto por Pêcheux, há nos mecanismos de toda formação social regras de projeção que estabelecem a relação entre as situações concretas e as representações dessas situações no interior do discurso. É o lugar assim compreendido, enquanto espaço de representações sociais, que é constitutivo da significação discursiva. É preciso dizer que todo discurso nasce de outro discurso e reenvia a outro, por isso não se pode falar em um discurso, mas em estado de um processo discursivo, e esse estado deve ser compreendido como resultando de processos discursivos sedimentados, institucionalizados. E finalmente, faz parte da estratégia discursiva prever, situar-se no lugar do ouvinte (antecipação das representações), a partir de seu próprio lugar de locutor, o que regula a possibilidade de respostas, o escopo do discurso. (p.25)

Não se pode dizer o que se quer quando se ocupa um determinado lugar social, pois este exige o emprego de certas representações e a exclusão de outras. Brandão (1993) expõe que ao retirarmos de um discurso fragmentos e inserirmos em outro discurso, fazemos uma transposição de suas condições de produção. Mudadas as condições de produção, a significação desses fragmentos ganha nova configuração semântica.

O produto do discurso é um efeito de sentido. O sentido não é algo estável, que poderia ser relacionado a uma posição absoluta, mas se constrói no intervalo entre as posições enunciativas (MAINGUENEAU, 2005).

Orlandi (2003) explica que a palavra discurso, etimologicamente, tem em si a idéia de curso, de percurso, de correr por, de movimento. Todo discurso é construído de outros discursos. Quando um discurso é proferido, ele já nasce de outros discursos com semelhantes escolhas e exclusões. O discurso não é dado a priori, uma vez que ele é construído pela interação verbal, que é histórica e que mantém relação com uma ideologia. Por esse motivo o estudo da linguagem não pode estar desvinculado das condições sociais que a produziram, pois são essas condições de produção que criam a evidência do sentido.

Essa autora caracteriza o discurso como efeito de sentido entre locutores. Segundo ela, “essa é uma definição de discurso em seu sentido amplo e nos introduz em um campo disciplinar que trata da linguagem em seu funcionamento. Ou seja, se pensamos o discurso como efeito de sentidos entre locutores, temos de pensar a linguagem de uma maneira muito particular: aquela que implica considerá-la necessariamente em relação à constituição dos sujeitos e à produção dos sentidos. Isto quer dizer que o discurso supõe um sistema signifiante, mas supõe também a relação deste sistema com sua exterioridade já que sem história não há sentido, ou seja, é a inscrição da história na língua que faz com que ela signifique. Dai os efeitos entre locutores. E, em contrapartida, a dimensão simbólica dos fatos” (ORLANDI, 1994).

A noção de sujeito também é um aspecto central na AD. Na perspectiva da AD, a noção de sujeito deixa de ser uma noção idealista, imanente; o sujeito da linguagem não é o sujeito em si, mas tal como existe socialmente, interpelado pela ideologia. Dessa forma, o sujeito não é a origem, a fonte absoluta do sentido, por que na sua fala outras falas se dizem (BRANDÃO, 1993).

Na AD o sujeito do discurso é histórico, social e descentrado como expõe Orlandi (2003). O sujeito de linguagem é descentrado, pois é afetado pelo real da língua e também pelo real da história, não tendo o controle sobre o modo como elas o afetam (ORLANDI, 2003).

Podemos dizer que o sujeito é um acontecimento simbólico. Se não sofrer os efeitos do simbólico, ou seja, se ele não se submeter à língua e à história, ele não se constitui, ele não fala, ele não produz sentidos (ORLANDI, 2003). O sujeito é pluralizado, pois se constitui na e pela interação verbal. É múltiplo porque atravessa e é atravessado por vários discursos, por que não se relaciona mecanicamente com a ordem social da qual faz parte, por que representa vários papéis etc (ORLANDI, 1988).

Não existe o sujeito sem o discurso, pois é este quem cria um espaço representacional para aquele. Talvez a grande contradição do sujeito seja o fato dele produzir o discurso e ao mesmo tempo ser produzido por ele. O sujeito se relaciona consigo mesmo por meio do discurso, discurso esse que não lhe pertence completamente.

O discurso não é fruto de um sujeito que pensa e sabe o que quer. É o discurso que determina o que o sujeito deve falar [...]. Logo, o sujeito não preexiste ao discurso, ele é

uma construção no discurso, sendo este um feixe de relações que irá determinar o que dizer quando e de que modo (NAVARRO-BARBOSA *apud* SARGENTINI, 2004).

Fernandes (2005) afirma que compreender o sujeito discursivo requer compreender quais são as vozes sociais que se fazem presentes em sua voz.

Além das noções de discurso, sujeito, historicidade, a noção de “condições de produção do discurso” também é central na AD.

Pêcheux (1990) afirma que o que se transmite entre os sujeitos interlocutores não é necessariamente informação, mas efeitos de sentidos. Esses efeitos estão relacionados com as posições ocupadas pelos sujeitos no processo discursivo e constituem-se em formações imaginárias, desses lugares, atribuídas por eles mesmos e outros. Estas formações imaginárias não representam necessariamente visões de mundo, projetam-se para dentro do discurso, configurando as chamadas formações discursivas.

Sob este ponto de vista se constituem as condições de produção como um vetor configurado com as representações ou formações, isto é, com as formações que cada um dos sujeitos do discurso tem da posição ocupada pelo outro, e do contexto (MICHINEL, 2001). Assim, também, as condições de produção são resultado de processos discursivos anteriores, devido a outras condições de produção que já “não funcionam”, são os efeitos de memória, o interdiscurso, quer dizer, o já dito e ouvido funciona como outro discurso no processo discursivo. Daí que, como estas formações imaginárias são atravessadas pela ideologia, as condições de produção e, portanto, o próprio processo discursivo são ideológicos e históricos (MICHINEL, 2001).

Em Orlandi (2003) encontramos que as condições de produção

[...] compreendem fundamentalmente os sujeitos e a situação. Também a memória faz parte da produção do discurso [...] Podemos considerar as condições de produção em sentido estrito e temos as circunstâncias da enunciação: é o contexto imediato. E se as consideramos em sentido amplo, as condições de produção incluem o contexto sócio-histórico, ideológico (...) E, finalmente, entra a história [...] Todos esses sentidos já ditos por alguém, em algum lugar em outros momentos, mesmo muito distante [...] (p.30-31)

Em nosso estudo, estamos interessados nos discursos proferidos por estudantes de licenciatura em física no que diz respeito ao funcionamento de imagens, a partir da leitura

que eles realizam de textos de divulgação escritos por cientistas sobre a Teoria da Relatividade Restrita. Assim, torna-se fundamental termos um entendimento das condições de produção para a leitura, seja ela dos textos lidos ou das imagens.

A leitura, considerada produzida e produtora de sentidos, está regulada por condições de produção (ORLANDI, 1988). Mas dado que o texto, em relação ao leitor e também ao autor, é uma produção inacabada, incompleta, já que sempre são possíveis novas leituras, novos sentidos, que estão relacionados com as condições de produção daquela nova leitura possível, faz-se necessário levar em conta essas condições de produção, que permitam inferir, compreender essas outras leituras (MICHINEL, 2001).

Segundo Orlandi (2006) todo texto tem sua origem em outro texto e vai falar de outro texto futuro, há uma relação de sentidos entre textos conhecidos, daí que, todo texto é em essência um mediador de um texto que já existiu e outro que virá a ser. Assim, a leitura entendida como produtora de significado depende da história de leitura da pessoa, e, como toda pessoa tem uma história de leitura, isto condiciona que um texto seja lido de uma maneira e não de outra em relação a essas leituras feitas ou não (ORLANDI, 1988).

Todos nós temos uma leitura do mundo, da sociedade em que estamos e, quando escrevemos ou lemos, essa leitura perpassa no texto que escrevemos e na leitura que realizamos (MICHINEL e FREITAS, 1999). Michinel (2001) expõe que uma condição de leitura que sempre está presente é a nossa visão de mundo, a nossa ontologia. Para ele, outra condição advém daquilo que podia ser dito naquelas mesmas condições de produção e não foi dito, isto é, a paráfrase do dito. E nas palavras de Orlandi (2006), eis a necessidade de identificar as condições de produção para que a paráfrase, o implícito, o pressuposto, o subentendido se diga.

O contexto sócio-histórico condiciona a leitura (ORLANDI, 1988), leituras que são possíveis em determinadas épocas não são feitas, ou determinadas condições em um dado momento possibilitam certas leituras.

Perante isso, um aspecto fundamental na AD é o papel que a memória desempenha na leitura que o sujeito realiza. Consideramos que o discursivo é desenvolvido por meio da produção de recordações, acontecimentos passados ou fatos que poderiam ter acontecido (desejos), não podemos dissociá-lo da memória.

Pêcheux (1984) nos diz que a memória deve ser entendida como “nos sentidos entrecruzados da memória mítica, da memória social inscrita em práticas, e de memória construída do historiador”. No texto “Rolê de la mémoire”, Pêcheux discute “O que é memória? O que é guardado na memória? O que é memorizável, registrado na memória?”.

Segundo esse autor, para tratar do memorizável é preciso compreender o acontecimento inscrito no espaço da memória sob dupla forma-limite: 1) o acontecimento que escapa à inscrição, que não chega a se inscrever; 2) o acontecimento que é absorvido na memória como se não tivesse acontecido.

Scherer e Taschetto (2005) inferem que o funcionamento do discurso supõe que os operadores languageiros só funcionam com relação à imersão em uma situação. Para as autoras, isso coloca em cena uma negociação entre o choque do acontecimento histórico e o dispositivo de uma memória, no qual a imagem seria um operador de memória social, comportando no interior dela mesma um programa de leitura, um percurso escrito discursivamente em outro lugar

Para Pêcheux, a AD reencontra a imagem por outro viés: não mais a imagem legível na transparência, porque um discurso a atravessa e a constitui, mas a imagem opaca e muda, quer dizer, aquela da qual a memória “perdeu” o trajeto de leitura (SCHERER e TASCHETTO, 2005).

Com Pêcheux (1984) aprendemos que a memória não restitui frases escutadas no passado, mas julgamentos de verossimilhança sobre o que é reconstituído por operações. Esse autor não dissocia memória do histórico e do político.

Na argumentação de Scherer e Taschetto (2005), memória é muito mais que uma colagem, uma montagem, uma reciclagem, uma junção. Memória é tudo que pode deixar marcas dos tempos desjuntados que nós vivemos e que nos permite a todo momento fazer surgir e reunir as temporalidades passadas, presentes e que estão por vir.

Tendo em vista que procuramos compreender os sentidos atribuídos por estudantes de licenciatura em física no que diz respeito ao funcionamento de imagens em textos de divulgação científica sobre relatividade restrita escritos por cientistas, utilizamos a AD para examinar as informações obtidas.

Tal como Michinel (2001), recorreremos à AD para fazer emergir as interpretações que no processo poderiam estar se produzindo. Caracterizamos assim discursos e identificamos as maneiras como se produzem os diálogos e as possíveis influências, dos discursos e dos fatores exteriores a eles, na promoção de mudanças entre os distintos sujeitos.

3.2 As condições de produção da coleta de informações, local de realização e sujeitos

A pesquisa aqui relatada levou em consideração uma proposta que promoveu, em aulas de uma disciplina pedagógica do ensino superior, a leitura de textos de autores cientistas, com foco na teoria da relatividade restrita, procurando compreender, sob determinadas condições de produção, o funcionamento de imagens e os sentidos atribuídos por um conjunto de alunos, em formação inicial do curso de licenciatura em física, quando da leitura daquele tipo de texto.

Considera-se que essa investigação está ligada à produção de sentidos da relatividade restrita, uma vez que os estudantes em formação inicial atribuem-lhes significados ou os re-significam quando da leitura de textos que abordam essa teoria. Assim, levou-se em conta uma proposta de investigação que abarca o estudo da relatividade restrita por estudantes universitários do curso de licenciatura em física.

Os dados apresentados nesta pesquisa foram coletados nas turmas da disciplina “Conhecimento em Física Escolar II (código EL 685)”, da Faculdade de Educação, da Universidade Estadual de Campinas, no ano de 2010, com a participação de 16 alunos. Ela é parte integrante da grade curricular do Curso de Física, modalidade licenciatura.

Essa disciplina tinha como objetivos: contribuir para que os licenciandos refletissem acerca de alguns aspectos políticos e culturais da ação educativa; conhecessem e refletissem sobre aspectos da cotidianidade do ensino médio, com foco no ensino da física; se posicionassem quanto a possibilidades e limites do ensino escolar da física em nível médio; se apropriassem de alguns conhecimentos e habilidades básicos na elaboração do planejamento de aulas de física para o ensino médio.

Entre as atividades previstas para serem realizadas na disciplina, nos semestres nos quais se coletou os dados, encontram-se: a) leitura e análise de textos da área de educação

em ciências/física; textos de divulgação científica de autores cientistas; textos que possam contribuir para o planejamento de um episódio de ensino; b) elaboração de um episódio de ensino para o nível médio com temática associada à Teoria da Relatividade.

Perante isso, colocou-se em funcionamento uma série de textos para a leitura pelos alunos que cursavam a disciplina, distribuídos em um conjunto de aulas.

No primeiro dia de aula, após a apresentação dos alunos e dos docentes, aplicamos um questionário com o objetivo de obtermos algumas informações sobre os estudantes e sobre como interpretavam até aquele momento alguns aspectos da prática didático-pedagógica. O questionário continha questões abertas que possibilitavam a livre resposta pelos estudantes.

A programação curricular da disciplina ao longo do semestre contemplava os seguintes tópicos: a) inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; b) relevância da História da Ciência no Ensino da Física; c) importância da leitura no ambiente escolar de textos literários, de divulgação científica e/ou originais de cientistas.

Informamos, também, que daríamos ênfase ao ensino da Relatividade Restrita, portanto, ao final da disciplina, os alunos teriam que entregar um episódio de ensino, elaborado para o nível médio, sobre esse tópico.

Com o questionário, procurávamos conhecer as primeiras concepções dos alunos sobre os aspectos que seriam discutidos na disciplina. As questões solicitadas estão listadas no anexo 1.

Na segunda aula da disciplina estava prevista a discussão de dois textos:

a) RENN, J. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n. 1, p. 27-36, 2004;

b) KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. C. de S.; COIMBRA, D. Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n. 1, p. 105-114, 2007.

O primeiro texto, de autoria de Jurgen Renn, professor do Instituto Max Planck para a História da Ciência de Berlin, Alemanha, discute como Albert Einstein foi capaz de alterar de maneira profunda nossos conceitos de espaço e tempo com a sua teoria da relatividade,

primeiro no âmbito da teoria especial de 1905 e depois com a teoria geral de 1915. De maneira sintética, o autor relata como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial.

O segundo texto, intitulado “Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula”, parte da constatação que o princípio da relatividade, não tem sido suficientemente abordado nas aulas de física do ensino médio. A partir desta constatação, os autores apresentam uma sequência didática que aborda tópicos da teoria da relatividade restrita.

A sequência foi implementada com estudantes do primeiro ano do ensino médio. Por meio dela, os autores procuraram promover uma discussão sobre o princípio da relatividade, uma vez que o mesmo é fundamental para a teoria de Einstein e mostra-se pouco plausível para os estudantes. Para os autores, abordar a relatividade de Galileu contribui na ênfase de aspectos conceituais da física e serve para iniciar a discussão de tópicos de relatividade.

Nosso objetivo com estes dois textos era, por um lado, dar aos alunos participantes de nossa pesquisa uma base de conhecimentos sobre a teoria da relatividade, seu surgimento, atores e cenário e, por outro, discutir sobre possibilidades de inserção da relatividade em aulas de física do ensino médio, a partir de experiências já realizadas e divulgadas na literatura da área, uma vez que os estudantes teriam que elaborar um episódio de ensino.

Vale a pena destacar que, neste momento do curso de graduação os alunos já haviam cursado as disciplinas básicas como, por exemplo, Física I, II, III, IV, Estrutura da Matéria e Mecânica Clássica e, portanto, já teriam contato ou estudado sobre a Teoria da Relatividade, se considerada a sequência sugerida do curso.

Na terceira aula adentramos mais especificamente no objeto de interesse de nosso estudo. Iniciamos o estudo das imagens utilizando o texto “Aprendendo com imagens” (MARTINS *et al.*, 2005). Nesse texto as autoras questionam a “transparência” da imagem, isto é, desafiam a ideia de que as imagens comunicam de forma mais direta e objetiva do que as palavras.

As autoras consideram que a leitura de imagens é um processo de construção de sentidos, no qual jogam a intencionalidade do autor, a materialidade do texto e as possibilidades de ressignificação do leitor. No estudo, as autoras investigaram a presença de imagens em livros didáticos de ciências e a leitura de imagens por alunos.

Além de um texto que versa sobre imagens, na terceira aula discutimos também uma produção de Guerra *et al.* (2007) intitulada “Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem”.

Essa produção apresenta uma proposta curricular de inserção do estudo das teorias da relatividade restrita e geral na primeira série do ensino médio. A proposta foi construída a partir de uma abordagem histórico-filosófica da ciência, na qual a relação entre a física com outras produções culturais constituiu-se no viés para se trabalhar com as questões científicas respondidas pelos trabalhos de Albert Einstein. Na proposta utilizou-se, por exemplo, o filme “O nome da Rosa” e obras de pintores renomeados.

Optamos por discutir um texto sobre imagem e outro que apresenta uma experiência de ensino pelo fato dos alunos terem que elaborar um episódio de ensino, com isso esperávamos contribuir com subsídios teóricos para essa construção. Tendo em vista que os estudantes teriam que escolher ao menos uma abordagem entre aquelas explicitadas pelo docente no início da disciplina (histórica, linguística, CTS), julgamos que o segundo texto, que relata uma proposta por meio de uma abordagem histórico-filosófica, poderia trazer contribuições significativas para os estudantes no momento de construção do episódio.

Na quarta aula, continuamos o estudo com a discussão sobre imagens no ensino. Para tanto, utilizamos os textos “Cautela ao usar imagens em aulas de ciências” de Silva et al. (2006) e “Influências da Teoria da Relatividade na Obra de Salvador Dalí” de Andrade et al. (2005).

No primeiro, os autores partem do pressuposto que: a) a leitura de imagens precisa ser ensinada, pois elas não são transparentes; b) o professor tem um papel, intencional ou não, direto ou indireto, no modo como as imagens funcionam em sala de aula; c) a leitura de imagens depende de condições sócio-historicamente construídas. O sujeito faz parte dessas condições.

Esses pressupostos mostraram a necessidade dos autores estudarem o papel da formação de professores na constituição dos modos de mediação do uso de imagens. Perante isso, analisaram em que aspectos um curso de formação continuada de curta duração influenciou a relação dos professores com as imagens, suas representações e possíveis ações em sala de aula. Ao final, os autores mostraram que houve deslocamentos nos modos como os professores se relacionam com as imagens e como significam sua relação com o ensino.

Em “Influências da Teoria da Relatividade na Obra de Salvador Dalí”, os autores relatam uma pesquisa que revisitou algumas das obras do pintor Salvador Dalí, o qual retratou em suas obras o sentimento vivido pela humanidade daquela época frente às novas formas de ver o mundo, a partir de um olhar pedagógico que procurou identificar elementos e ideias relacionados à Física Moderna, em especial a Teoria da Relatividade. Com a pesquisa, buscou-se uma aproximação entre ciência e arte, recuperando o entendimento da ciência como cultura humana e contribuindo efetivamente para um ensino interdisciplinar de Física Moderna no nível médio e na formação de professores (ANDRADE *et al.*, 2005).

Com isso, finalizamos a discussão teórica sobre imagens na disciplina. Sendo assim, além do que estaria ligado à história de vida de cada um, essas são as condições de produção que os alunos possuíam, até aquele momento, e tais condições poderiam interferir nos discursos que pudessem surgir a partir desta aula, quanto ao funcionamento de imagens.

Na quinta aula, começamos a discutir sobre a leitura de textos de divulgação científica, com o objetivo de chegarmos mais próximo de nosso objeto de investigação, ou seja, o funcionamento de imagens na leitura da relatividade restrita por estudantes de física a partir de textos de divulgação científica elaborados por cientistas para a elaboração da Teoria da Relatividade Restrita.

Para tanto, iniciamos discutindo um texto “O que é divulgação científica” de Silva (2006). Nele, o autor não pretende dar uma resposta a essa questão mas mostrar o quanto isso é difícil. O autor chama atenção para o fato de que o que chamamos de divulgação científica compreende um conjunto tão grande e diverso de textos, envolvidos em atividades tão diferentes, que todas as tentativas de definição e categorização a-históricas acabam malogradas.

Nosso objetivo era dar aos alunos um aporte teórico, presente na literatura da área, sobre a noção de divulgação científica. Nesta aula, discutimos, também, a leitura do livro “O que é a teoria da relatividade” de autoria de Landau e Rumer (1963). Para tanto, já havíamos solicitado, em aulas anteriores, a leitura desse livro. Com a leitura prévia do livro, realizamos uma discussão dos aspectos contemplados nele, levantando alguns questionamentos. A escolha deste livro deve-se ao fato dele utilizar um conjunto expressivo de imagens para o ensino da relatividade.

Na sexta aula, continuamos a discutir sobre a leitura de textos de divulgação científica para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita. Para tanto, discutimos o texto “A Evolução da Física”, de autoria de Einstein e Infeld (1966), em especial os segundo e terceiro capítulos que tratam do declínio da mecânica e da relatividade, respectivamente. A leitura do texto foi solicitada em aulas anteriores.

A Evolução da Física é um livro publicado nos Estados Unidos no ano de 1938. Sua principal finalidade é divulgar, ao público não especializado, os aspectos mais importantes da teoria da relatividade, a especial e a geral, segundo a visão de Leopold Infeld e Albert Einstein.

A obra transmite informações importantes de maneira clara e simples, partindo da formação e a queda do conceito mecânico na física para chegar a física moderna, explicando a teoria da relatividade restrita, teoria geral da relatividade e terminando com os princípios da física quântica

Esse livro, segundo os autores, trata da evolução das ideias da física, não constituindo uma apreciação histórica. Consta na contracapa do livro que ele foi escrito tendo em mente um leitor carente de conhecimentos de Física e Matemática, mas interessado em ideias físicas e filosóficas, sendo a carência compensada pelos gráficos e diagramas que ilustram as partes de mais difícil compreensão.

Nesta aula, realizamos a discussão do texto e solicitamos a elaboração de respostas individuais para algumas perguntas feitas pelo professor.

Na sétima aula, discutimos outra obra de divulgação científica intitulada “Relatividade para todos” de autoria de James A. Coleman. Esse livro foi escolhido por conter um conjunto significativo de imagens utilizadas pelo autor em suas exposições. O autor faz uma exposição da história, da teoria e das verificações da concepção revolucionária do universo de Einstein.

No prefácio, o autor relata que o livro foi escrito principalmente para aqueles com pouca ou nenhuma preparação na matemática e na física. O autor utiliza um mínimo de linguagem técnica e só inclui as equações que considera necessárias para a compreensão clara e completa da teoria. Segundo Coleman, o livro apresenta a história da ciência pertinente à aparição da Relatividade, um relato completo mais simples da teoria e uma descrição pormenorizada das comprovações que a teoria tem tido.

Em especial, na sétima aula realizamos a discussão do texto e a análise de algumas imagens utilizadas pelo autor.

A oitava aula foi destinada para a primeira avaliação da disciplina e a nona aula foi destinada para a apresentação e entrega do episódio de ensino enfocando “Algumas Raízes e Consequências da Relatividade”.

Com isso, finalizamos a descrição das condições de produção da disciplina mais diretamente relacionadas a esta pesquisa.

As demais aulas da disciplina abordaram outros assuntos, principalmente a leitura no ensino de ciências e planejamento de ensino, e foram ministradas pela professora responsável pela disciplina. Cada dia de aula corresponde a 100 minutos.

A cada aula, solicitávamos aos alunos a leitura dos textos selecionados para o encontro seguinte visando a discussão dos aspectos principais abordados neles, bem como das dúvidas trazidas pelos estudantes. Além disso, elaborávamos, com antecedência, algumas questões de aquecimento, para estimular os participantes no acompanhamento da apresentação realizada pelo professor-pesquisador e na própria participação no debate coletivo.

Para os encontros, elaboramos, também, apresentações com sínteses do assunto abordado. O professor-pesquisador coordenava as discussões no debate coletivo, de modo a garantir, ao máximo, a contemplação de questões trazidas pelos estudantes.

Também solicitávamos aos estudantes que respondessem as questões e entregassem ao professor-pesquisador. As respostas eram tabuladas e apresentadas aos estudantes na aula seguinte. Consideramos que os encontros eram aulas dialógicas-expositivas.

3.3 O registro das informações

3.3.1 Identificação e registro de imagens e construção de quadros auxiliares

Como parte da pesquisa, anteriormente à coleta de informações, procedemos a um levantamento das imagens sobre relatividade restrita, utilizadas como recurso em textos de divulgação produzidos por autores cientistas. A seleção por este tipo de autoria faz com que a preocupação com equívocos de conteúdo não seja o foco deste estudo.

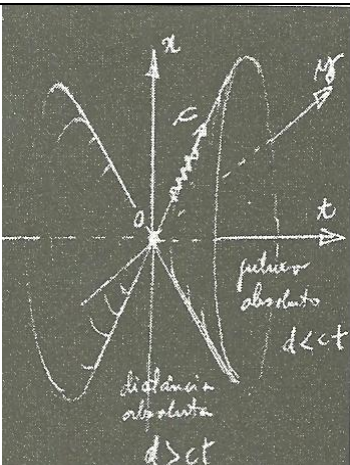
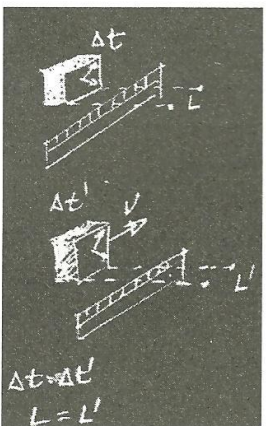
Para tanto, realizamos num primeiro momento a seleção dos livros/textos com o objetivo de identificarmos e analisarmos as apresentações imagéticas presentes nesses textos.

A partir da identificação, elaboramos quadros-síntese apresentando, no caso das imagens, a referência da qual a imagem foi identificada, com o número da página, a seção na qual está inserida, o conceito/temática/assunto abordado, a situação apresentada, sugerida ou subentendida e a imagem utilizada.

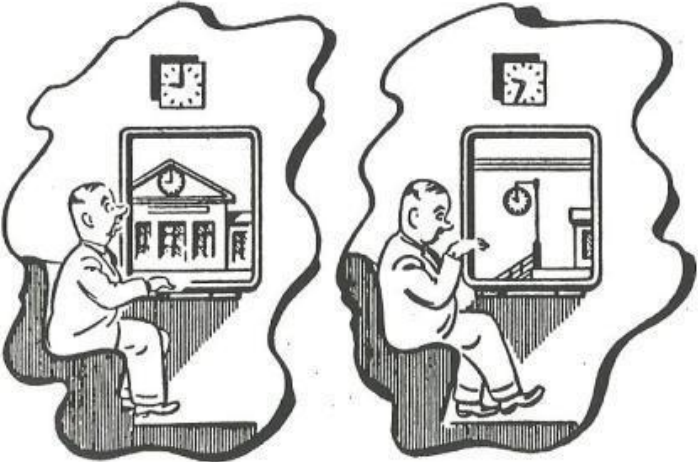
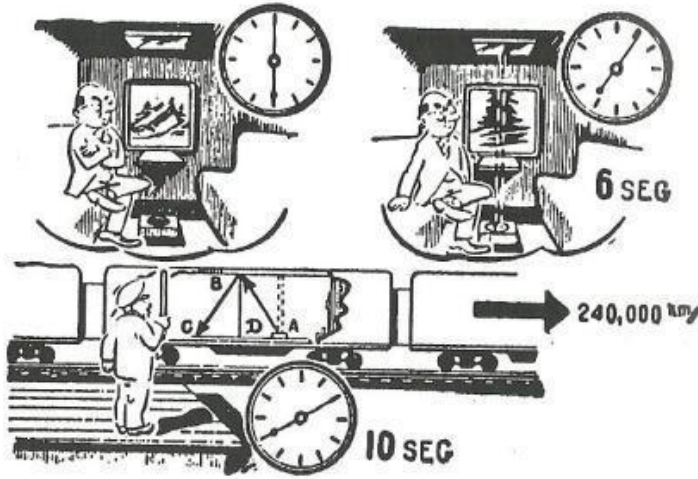
No quadro a seguir, registramos algumas imagens selecionadas para o estudo a ser realizado com os estudantes de física. Ressaltamos que não temos por objetivo realizar uma catalogação exaustiva e uma classificação das imagens mapeadas por meio de tipologias já definidas. Nosso objetivo foi o de selecionar, dentre as imagens contidas nos textos, aquelas que nos parecem mais significativas e recorrentes nas obras selecionadas e conteúdos abordados quando do ensino da relatividade.

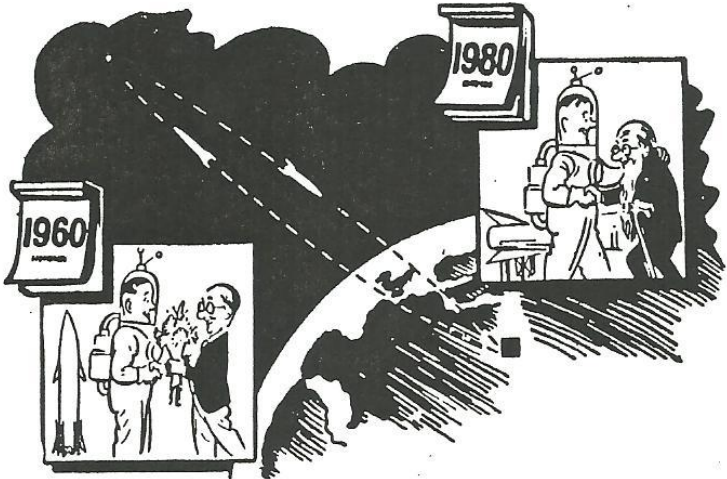
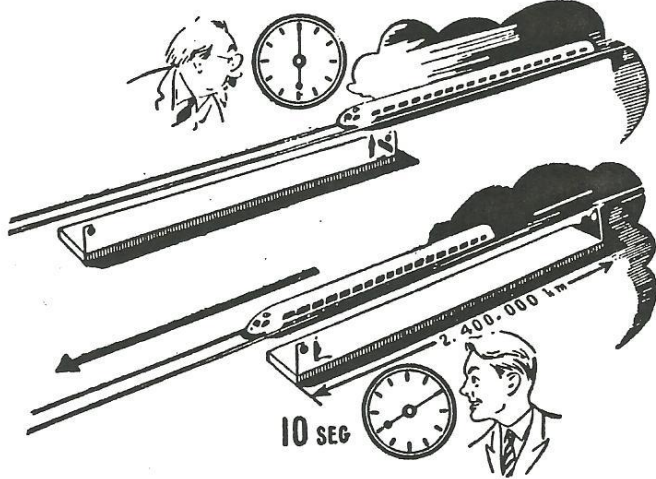
No quadro 01 apresentamos, como exemplificação, um extrato de algumas imagens que foram selecionadas.

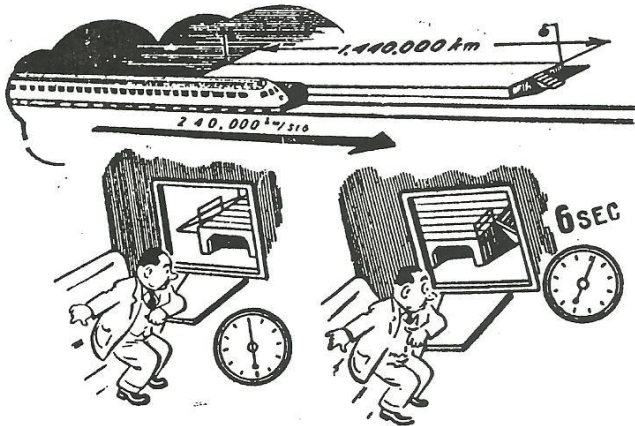
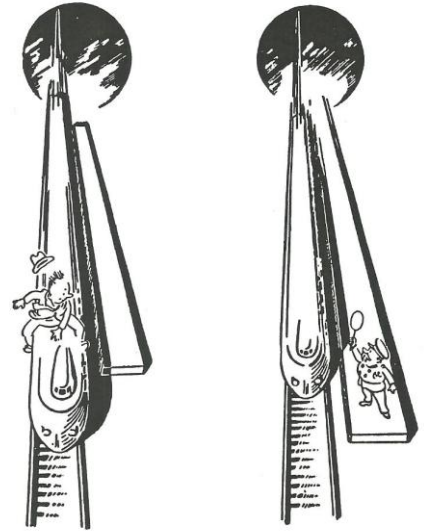
Quadro 1 – Exemplos de algumas imagens selecionadas para o estudo junto aos licenciandos

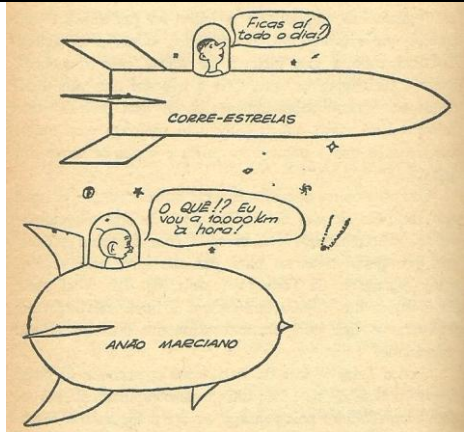
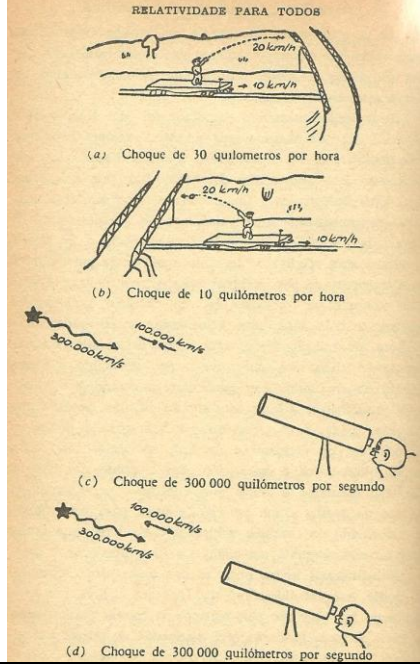
Obra (autor, ano, pág)	Seção	Conceito/ Temática/ Assunto	Situação apresentada, sugerida ou subentendida	Imagem utilizada
• Menezes • 2005 • 129	Um espaço-tempo indivisível	Causalidade e contínuo de espaço-tempo	Visualização do gráfico cartesiano do cone de luz envolvendo um eixo temporal e dois eixos espaciais em que as duas regiões de dentro do cone de luz, cuja inclinação é dada pela velocidade da luz, são o passado e o futuro absolutos, enquanto a região externa ao cone é a das distâncias absolutas.	
• Menezes • 2005 • 118	Transformações e invariâncias	Invariância das variáveis de um sistema de coordenadas	Mudança no sistema de coordenadas mantém invariantes os comprimentos e distâncias, os intervalos de tempo e a massa dos objetos	

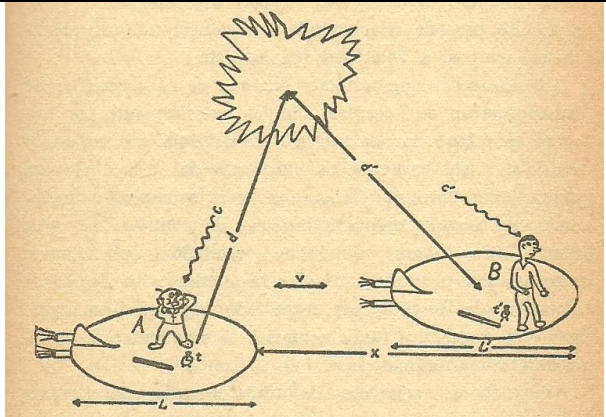
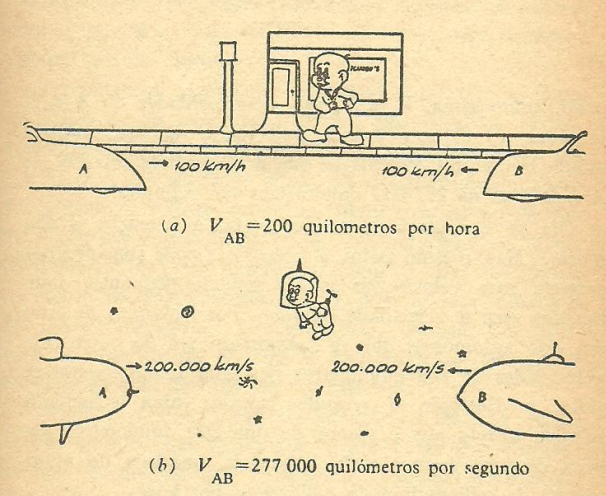
• Menezes • 2005 • 124	A relatividade especial	Constância da velocidade da luz	Para a velocidade da luz ser a mesma em qualquer referencial, é preciso que as distâncias encolham na direção do movimento, e os tempos se dilatam para quem se move	
• Martins • 2008 • 70	Velocidades superiores a c e espaço-tempo	Representação geométrica do espaço-tempo	Dois eixos ortogonais as coordenadas x e ct (Diagrama de Minkowski)	

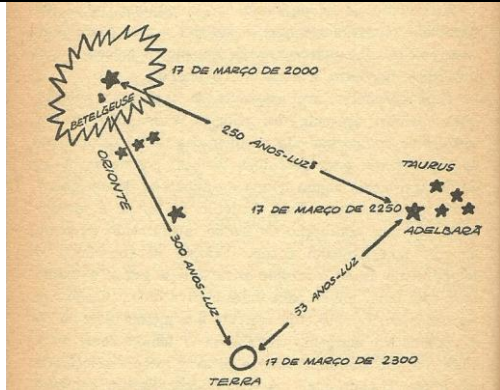
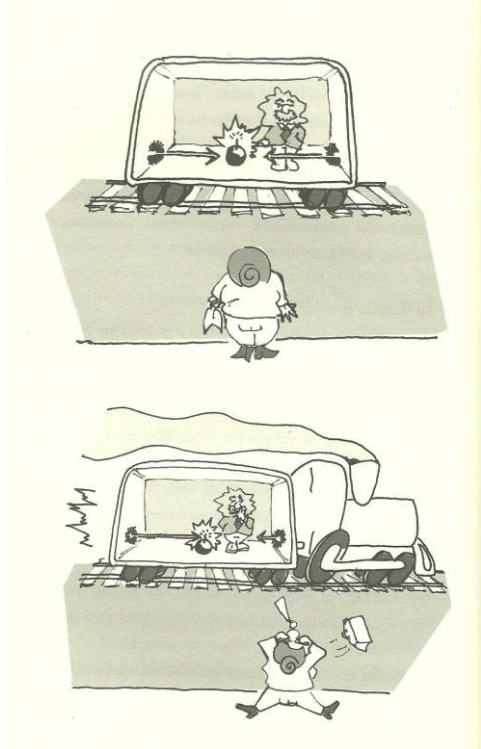
• Landau e Rumer • 2004 • 79	Relógios e Réguas Caprichosos	Atraso dos relógios	Uma pessoa viajando no trem de Einstein ao longo de uma estrada de ferro sem fim. Ao embarcar na primeira estação o viajante acerta o seu relógio com o da estação. A viagem leva uma hora. Ao chegar à segunda estação o relógio do passageiro está atrasado.	
• Landau e Rumer • 2004 • 80	Relógios e Réguas Caprichosos	Atraso dos relógios	Feixe de luz saindo de uma lanterna colocada no assoalho do vagão do trem sendo enviado em direção ao teto	

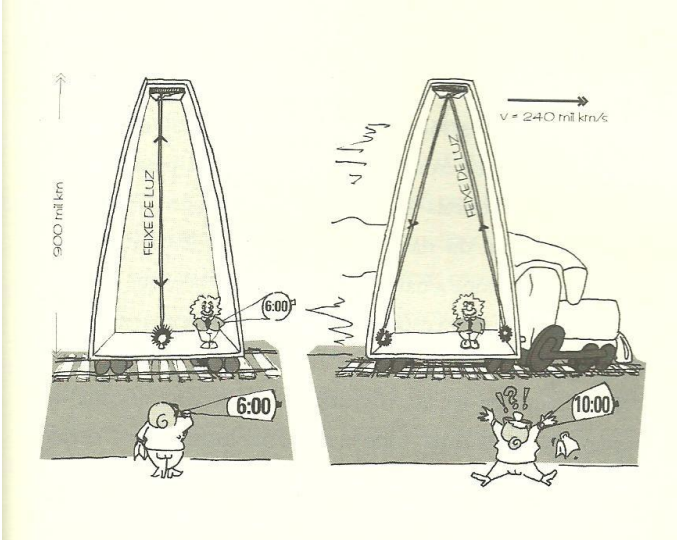
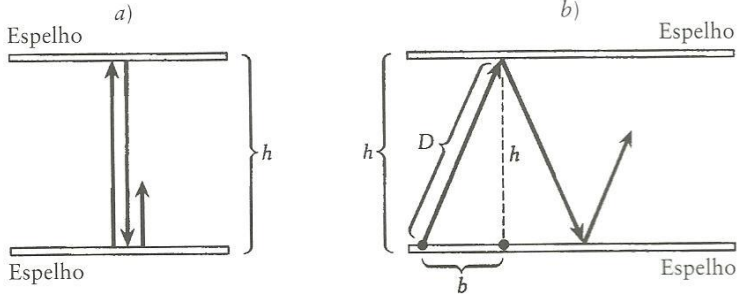
• Landau e Rumer • 2004 • 89	Relógios e Réguas Caprichosos	Paradoxo dos gêmeos	Uma viagem para uma estrela em um foguete de Einstein	
• Landau e Rumer • 2004 • 92	Relógios e Réguas Caprichosos	Contração dos comprimentos	Um trem passa junto a uma plataforma de 2.400.000 Km de extensão. O trem vai de um extremo a outro da plataforma em 10s de acordo com o relógio da estação, mas pelo relógio do passageiro leva apenas 6s, com 1.440.000 Km de comprimento	

• Landau e Rumer • 2004 • 93	Relógios e Réguas Caprichosos	Contração dos comprimentos	Um trem passa junto a uma plataforma de 2.400.000 Km de extensão. O trem vai de um extremo a outro da plataforma em 10s de acordo com o relógio da estação, mas pelo relógio do passageiro leva apenas 6s, com 1.440.000 Km de comprimento	
• Landau e Rumer • 2004 • 94	Relógios e Réguas Caprichosos	Contração dos comprimentos	Um trem passa junto a uma plataforma de 2.400.000 Km de extensão. O trem vai de um extremo a outro da plataforma em 10s de acordo com o relógio da estação, mas pelo relógio do passageiro leva apenas 6s, com 1.440.000 Km de comprimento	

• Coleman • S. d. • 114	Os dois postulados da relatividade restrita	1º postulado da relatividade (todo o movimento é relativo)	Um indivíduo vivendo em um foguetão, girando pelo espaço, muito além da terra com uma velocidade de 10.000 km por hora.	
• Coleman • S. d. • 118	Os dois postulados da relatividade restrita	2º postulado da relatividade (velocidade da luz é sempre constante relativamente a um observador)	Rapaz atira uma bola imprimindo-lhe uma velocidade de 20 Km/h	

• Coleman • S. d. • 121	Deduções a partir dos postulados	Atraso dos relógios	Dois foguetões idênticos, A e B, viajando no espaço a uma velocidade relativa finita. A e B estão equipados com instrumentos científicos mais elementares. No entanto, com réguas graduadas e relógios idênticos.	
• Coleman • S. d. • 129	Adição de velocidades	Velocidade relativa	Dois automóveis A e B, aproximando-se de um peão a 100 Km/h relativamente a ele.	

• Coleman • S. d. • 138	O tempo na relatividade restrita	O tempo é diferente para diversos observadores em vários lugares, mesmo que não se movam em relação uns aos outros	Um observador olhando a Terra, a estrela de Betelgeuse, da constelação de Oriente, e Aldebarã em Taurus.	
• Vieira • 2003 • 88	A relatividade especial	Tempo absoluto	Um trem com paredes laterais de vidro e em suas extremidades canetas a laser e no centro do vagão uma bomba.	

• Vieira • 2003 • 93	A relatividade especial	Dilatação temporal	Uma caneta a laser no chão de um trem apontando para o teto, onde se encontra um espelho.	
• Galison • 2003 • 273	Primeiramente os relógios	Relatividade e dilatação do tempo	Um relógio de luz. Dois espelhos paralelos constituem um relógio em que cada clique é definido pela travessia, de um espelho para o outro, de uma erupção de luz.	

3.3.2 Vídeo-gravação das aulas

Realizamos a vídeo gravação das aulas nas quais desenvolvemos atividades de leitura e discussão de imagens presentes em textos de divulgação de autores cientistas.

Laburú, Silva e Carvalho (2000) procuram mostrar que na análise dos processos de ensino e de aprendizagem pode ser vantajoso o uso da técnica de vídeo gravação (registro fílmico). Para eles, a vídeo gravação dá-nos a oportunidade de analisar criticamente a prática encaminhada pelo professor durante o ensino e, ao mesmo tempo, auxilia a examinar os obstáculos conceituais enfrentados pelos alunos. Essa técnica de análise oferece ao professor uma apropriada avaliação da sua ação pedagógica, oferecendo, também, uma identificação conveniente dos problemas enfrentados pelos alunos, tais como: os conceitos que ficaram obtusos; os alunos que merecem um maior acompanhamento; a busca de estratégias para enfrentar tais problemas e a reavaliação da sua efetividade.

Por outro lado, o vídeo possibilita ao professor fazer uma reavaliação da sua própria instrução, localizando falhas e sugerindo, a partir delas, possíveis mudanças no encaminhamento do seu ensino (LABURÚ, SILVA e CARVALHO, 2000).

Em relação à situação de filmagem, Laburú, Silva e Carvalho (2000) destacam que a análise baseada nesta técnica de observação de sala de aula só se torna factível na medida em que o professor procura levantar e respeitar as ideias dos alunos, procurando pô-las em discussão e incentivando o debate. Logo, essa análise é prejudicada ou mesmo impraticável, do ponto de vista dos alunos, dentro de uma proposta pedagógica centralizada unicamente na transmissão verbal.

As filmagens centralizaram-se no professor-pesquisador, em atividade docente junto ao alunos. Foram, também, registradas as participações dos alunos durante a realização das atividades propostas, com o intuito de registrar os discursos proferidos pelos estudantes em relação ao funcionamento das imagens.

3.3.3 As produções textuais dos alunos

Em nossa pesquisa utilizamos como principal material para as análises as informações contidas nas produções textuais dos alunos. Estas produções foram realizadas pelos estudantes em diferentes momentos e encontros, tanto em sala de aula como fora dela.

As produções referem-se aos registros das atividades solicitadas pelo professor-pesquisador e também ao Episódio de Ensino sobre Relatividade Restrita elaborada pelos estudantes e entregue ao final da disciplina. Podemos dizer que, a análise das produções escritas visou obtermos informações para inferirmos conclusões sobre o funcionamento das imagens na leitura da Relatividade Restrita.

3.3.4 Entrevistas semiestruturadas

Ao final da coleta de dados realizamos entrevistas semiestruturadas, individualmente com os estudantes, áudio gravadas e posteriormente transcritas. A entrevista individual foi realizada depois de concluída a disciplina. No entanto, até a sua realização, o conceito final do aluno na disciplina não havia sido atribuído.

Nas entrevistas, procurávamos um aprofundamento, por parte do entrevistado, sobre os sentidos atribuídos para imagens utilizadas em explicações textuais de Relatividade Restrita.

Num primeiro momento, a entrevista pode ser definida como uma técnica em que o investigador se apresenta frente ao investigado e lhe formula perguntas, com o objetivo de obtenção dos dados que interessam à investigação. A entrevista é, portanto, uma forma de interação social, mais especificamente, é uma forma de diálogo assimétrico, em que uma das partes busca coletar dados e a outra se apresenta como fonte de informação (GIL, 1999).

Segundo Minayo (2000) a entrevista, tomada no sentido amplo de comunicação verbal, e no sentido restrito de colheita de informações sobre determinado assunto científico, é uma das técnicas mais usadas no processo de trabalho de campo.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), em investigações qualitativas, as entrevistas podem ser utilizadas de duas formas: “podem constituir a estratégia dominante para a recolha de dados ou podem ser utilizadas em conjunto com a observação participante, análise de documentos e outras técnicas”.

No entanto, se o referencial teórico é a Análise do Discurso a entrevista ganha outra perspectiva, diferente daquela que encontramos na maioria dos manuais de metodologia da pesquisa. Em geral, nestes manuais, a linguagem é admitida como mais ou menos transparente. Dessa concepção decorre a consideração de que ao entrevistador cabe o controle sobre a situação da entrevista, durante a qual ele deve minimizar a sua interferência pessoal (ALMEIDA, 2007, p.119).

A entrevista, assumida numa perspectiva discursiva, é apresentada por Almeida (2007). Apoiando-se nos trabalhos desenvolvidos no Brasil por Eni Orlandi, a autora pensa a análise de sequências verbais, incluindo aquelas obtidas em entrevistas, como processos discursivos a serem analisados, tendo em conta os aportes da análise de discurso. Para ela, busca-se determinar as condições de produção dos dizeres e os efeitos de sentido produzidos, ou seja, quem disse, para quem disse, quando disse e onde disse, considerando que as posições a serem analisadas são as imaginárias e não as concretas imediatas (ALMEIDA, 2007).

Nesta pesquisa, a entrevista foi utilizada com o objetivo de registrar aspectos não contemplados com as atividades desenvolvidas em sala de aula, sendo semiestruturada, pois foi realizada a partir de uma relação fixa de perguntas, às quais foram acrescentadas e/ou subtraídos alguns aspectos, dependendo das respostas obtidas.

Com o objetivo de introduzir a entrevista e levantar as questões de interesse, iniciamos com alguns questionamentos em torno da temática de nosso interesse. Começamos a entrevista questionando sobre a inserção da física moderna e contemporânea na escola média e depois passamos para as questões mais pontuais de nosso interesse. Para estimular a resposta dos entrevistados, utilizamos ao longo da entrevista imagens comumente utilizadas no ensino da relatividade, presentes em extratos de páginas dos textos que analisamos previamente.

As entrevistas foram realizadas na sala do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino – gepCE, da Faculdade de Educação da Unicamp, grupo no qual este estudo foi realizado. As entrevistas foram marcadas com antecedência para que cada estudante pudesse

participar e foram realizadas em período em que os estudantes não tinham aula. Todos os alunos se dispuseram a conceder a entrevista.

A entrevista foi realizada em quatro blocos. No primeiro apresentamos o objetivo da entrevista. No segundo bloco foram formuladas questões relativas à inserção de física moderna e contemporânea e sobre o ensino de relatividade. No terceiro bloco focalizamos os textos de divulgação científica e no quarto bloco as imagens. O roteiro da entrevista e as questões básicas de cada bloco são apresentadas no anexo 2.



Walterson, B. **Calvin e Haroldo**. Campinas: Cedibra Editora Brasileira LTDA. p. 127

“Posso não concordar com nenhuma das palavras que você disser, mas defenderei até a morte o direito de você dizê-las” (Voltaire)

“O que há são versões” (Eni Orlandi)

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE INTERPRETAÇÕES PRODUZIDAS NA LEITURA DA RELATIVIDADE RESTRITA

4.1 Imagens selecionadas por licenciandos

Em uma de nossas primeiras ações, solicitamos aos estudantes que escolhessem ao menos três imagens que utilizariam para explicar assuntos/conceitos de relatividade restrita. A questão formulada foi: Se você fosse utilizar uma imagem para ensinar um assunto/conceito de relatividade restrita, qual imagem você escolheria/selecionaria? Justifique sua escolha e exponha os critérios que utilizou para a seleção.

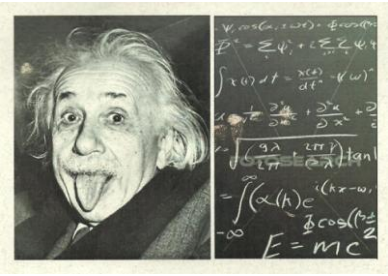
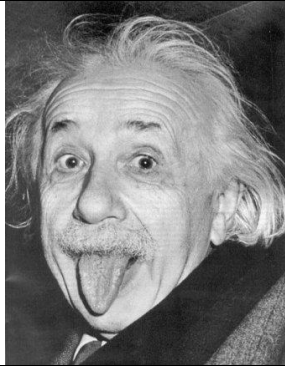
Os estudantes tiveram uma semana para procurar as imagens e entregá-las com as justificativas da escolha.

Nossa intenção era, antes de iniciar a investigação do funcionamento de imagens, comumente utilizadas em textos de divulgação científica que abordam a teoria da relatividade restrita, levantar as imagens que eram, em algum sentido, significativas para os estudantes.

Dentro de um conjunto amplo de imagens trazidas, exemplificamos alguns casos que nos parecem mais significativos e que apontam para um possível funcionamento das imagens escolhidas. Lembramos que os nomes utilizados para os estudantes são fictícios.

Até a data de realização desta atividade, já havíamos discutido com os estudantes as justificativas presentes na literatura da área de ensino de física para a inserção de assuntos de física moderna e contemporânea e uma revisão de literatura sobre os principais estudos já realizados nesta linha de pesquisa. Além disso, já tínhamos discutido aspectos de como Einstein elaborou a teoria da relatividade restrita e alguns exemplos de estratégias/propostas para o ensino da relatividade restrita, ou seja, alguns relatos de experiências desenvolvidas em aulas de física.

Uma imagem que apareceu como recorrente entre as escolhas dos alunos é a de Einstein, em diferentes situações, como podem ser visualizadas no quadro 2 que apresenta, também, os argumentos de cada estudante para a escolha.

Imagem escolhida	Discurso
 Fonte: www.fotossearch.com	<i>Meu primeiro contato com a teoria da relatividade foi quando eu estava cursando o segundo ano do ensino médio, e assisti a um filme sobre o paradoxo dos gêmeos e a equação da energia.</i> <i>Hoje, buscando em meus pensamentos as três imagens, para mim, acredito que sejam aquelas que ficaram remontadas desde aquela época. A primeira imagem que escolhi fala por si só. A equação da energia e a foto de Einstein com a língua de fora, acredito que seja a mais conhecida equação do mundo e uma das fotos mais divulgadas de nossa época (Camila)</i>
 Fonte: site da revista Veja	<i>Quando se pensa em relatividade a primeira imagem que surge na cabeça é a de Einstein com a língua de fora. Encontrei esta imagem na Veja, para retratar bem isso!!! (Ricardo)</i>
	<i>Assim que se pensa em relatividade o nome Albert Einstein, acompanha quase como sinônimo. E ao falar de Einstein, logo a imagem dele com a língua de fora é associada. Quando se pesquisa sobre Einstein na internet 50% das imagens que encontramos são semelhantes a essa. Seria interessante levar aos alunos que Albert Einstein não é somente um estereótipo de louco. Ele teve uma vida social por traz disso. Uma família, esposa, filhos (Henrique)</i>
 Fonte: Fundamento de Física. Halliday e Resnick V. 4.	<i>Esta imagem é importante para se falar de relatividade pois provavelmente sem ele a relatividade teria levado mais tempo para ser publicada. Conhecer Einstein e um pouco de sua história é bom para um enriquecimento cultural quando se estuda relatividade pois saber apenas como funciona sem saber como surgiu é algo pobre no caracter de conhecimento (Gustavo)</i>

Quadro 2 – Primeiro conjunto de imagens selecionadas e justificativas apresentadas pelos estudantes

A imagem escolhida pela estudante Camila agrega a face de Einstein e a equação da relação massa-energia. Camila era formada em física bacharelado e cursava licenciatura. No discurso dela fica evidente a procura por imagens que tiveram uma representatividade quando do seu primeiro contato com a relatividade. A aluna buscou, em sua memória discursiva, justificativas para a escolha e, segundo ela, imagens que estavam presentes em um filme que assistiu quando cursava o Ensino Médio.

Para a aluna, o fato da equação e a foto de Einstein serem as mais divulgadas pelas mídias parece ser um critério para a escolha. Talvez para ela, essa imagem e a equação não possam deixar de ser mostradas pelo professor quando do ensino da relatividade. Isso parece contribuir para difundir a velha concepção do cientista, presente no imaginário de grande parte da população, ou seja, um ser dotado de genialidade, louco, com cabelos erguidos para cima e com muitos cálculos a serem resolvidos. Este aspecto deve ser trabalhado com os alunos com vistas a superação desse imaginário.

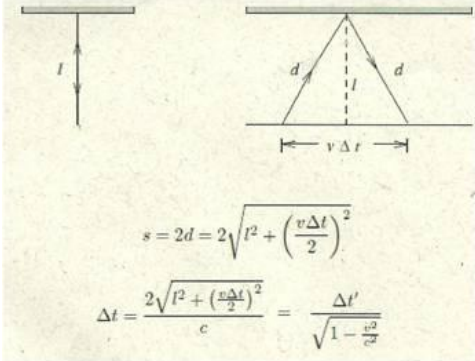
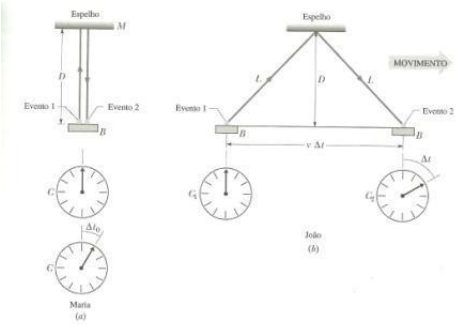
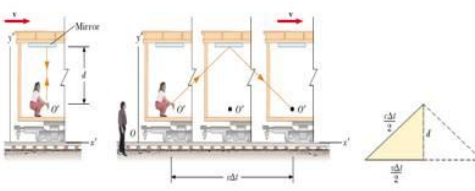
A imagem de Einstein com a língua de fora também foi escolhida por outros alunos, entre eles Ricardo e Henrique. O primeiro argumenta que a figura de Einstein e sua imagem com a língua para fora estão fortemente enraizadas em sua estrutura cognitiva e que elas são imediatamente acessadas quando se trata da relatividade. Talvez esse aluno tenha escolhido a capa da revista *Veja* com base na memória de situações nas quais observou imagens semelhantes - e são várias na mídia atual.

Os argumentos expostos por Henrique são iguais aqueles apresentados por Ricardo. Além dos argumentos já explicitados por Ricardo, Henrique relata que quando do resultado da procura em sites na internet, metade das imagens disponíveis são semelhantes à que escolheu. Para esse estudante essa imagem deve ser desmitificada.

Por sua vez, Gustavo utiliza uma foto de Einstein no escritório de patentes em Berna, reproduzida do volume 4 da coleção *Fundamento de Física* de Halliday e Resnick. Provavelmente a escolha feita por ele está amparada pela sua fonte formal de informação da teoria da relatividade na universidade, ou seja, seu livro didático de estudo, utilizado pelos seus professores em disciplinas básicas na graduação, no qual obteve informação formal sobre relatividade.

Possivelmente a busca pela imagem fez com que Gustavo recorresse à sua memória discursiva, situando-se com posições favoráveis a um ensino que inclua a história do cientista.

A segunda imagem que apareceu frequentemente nas escolhas dos estudantes é apresentada no quadro 3, juntamente com as justificativas para a seleção.

Imagem escolhida	Discurso
 Fonte: www.dfisica.ubi.pt/~amoreira/lectnotes/relat.pdf	<i>A segunda imagem está relacionada à noção que o tempo e espaço não são absolutos, o que me espantou, já que a noção de simultaneidade foi alterada. Também compreendi a importância do conceito de sistemas referenciais. As equações de Lorentz da contração do espaço e dilatação do tempo foram primordiais para que eu entendesse esses eventos da teoria (Camila)</i>
 Fonte: Fundamento de Física. Halliday e Resnick V. 4	<i>Esta imagem também retirada do livro do Halliday seria uma ilustração parecida com as duas primeiras do trabalho anterior. Eu acho ela importante pois é com ela que se consegue mostrar a relação de dilatação do tempo, assunto bastante importante dentro da relatividade (Cristiano)</i>
 Fonte: http://plato.if.usp.br/~fma0374d/aula2/node4.html (imagem reproduzida da versão norte americana do Halliday)	<i>Essas duas imagens servem para mostrar a dilatação do tempo, assunto importante na relatividade e por isso as escolhi. Na segunda imagem há apenas um erro: para que a luz siga o indicado, o trem teria que estar com a velocidade no sentido oposto (Ronaldo)</i>

Quadro 3 – Segundo conjunto de imagens selecionadas e justificativas apresentadas pelos estudantes

O discurso da estudante Camila, para a segunda imagem que escolheu, evidencia a associação entre a imagem e a compreensão de um conteúdo, embora ela não tenha explicitado como isso ocorre. Notamos, assim como no seu primeiro discurso, forte apego aos aspectos matemáticos. No primeiro discurso a aluna mencionou a equação $E=mc^2$ e no segundo cita as

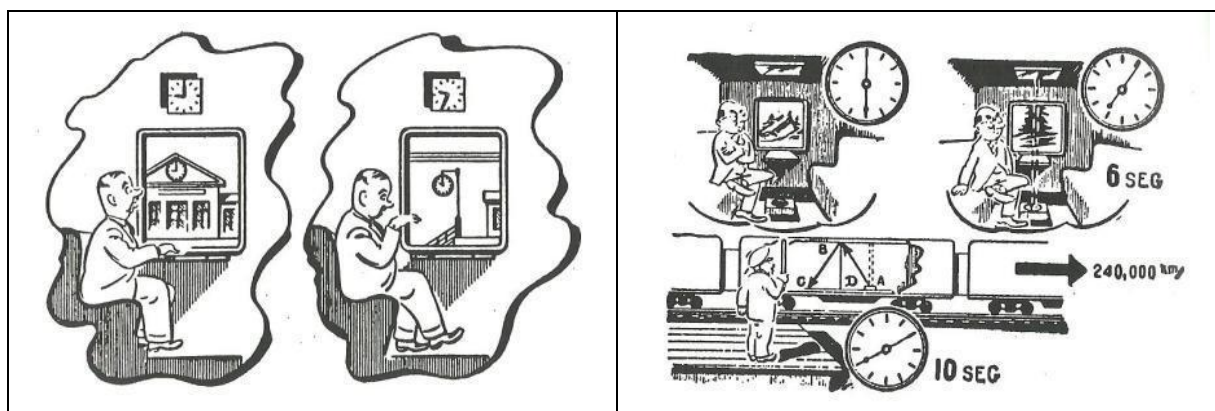
transformações de Lorentz. Para ela, parece que as equações são primordiais no ensino, talvez pelo fato de Camila ter, a partir delas, tido contato com os eventos da teoria.

A segunda imagem presente no quadro 3 é uma escolha de Cristiano. Ele é um estudante já formado em matemática (licenciatura) e realiza disciplinas complementares para ser licenciado em física. Ainda, Cristiano é professor em um cursinho preparatório para exames vestibulares, expressando claramente em seus discursos, durante as atividades em sala de aula, sua defesa a favor do uso de equações matemáticas no ensino e de exercícios a serem resolvidos.

Diferentemente dos discursos de Camila, Cristiano aparentemente não utiliza experiências vivenciadas no ensino médio, provavelmente pelo fato de não ter estudado relatividade neste nível de ensino e também ainda não a ter estudado na universidade. Para a escolha feita, Cristiano utiliza aquela que talvez seja a sua referência para obtenção de informações formais da teoria da relatividade, ou seja, o livro didático de estudo, utilizado pelos seus professores em disciplinas básicas na graduação (Halliday), no qual provavelmente obteve o primeiro contato com essa teoria.

De maneira semelhante à de Camila, o estudante seleciona o triângulo isósceles utilizado para explicar o atraso dos relógios. Para ele o uso do triângulo isósceles contribui fortemente para a explicação da dilatação do tempo.

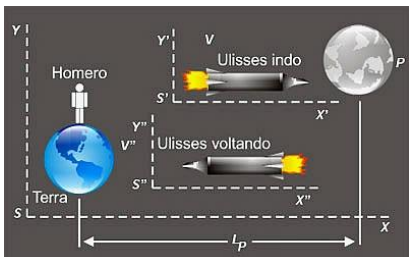
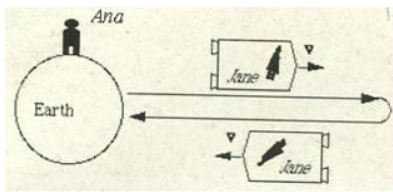
Cabe ressaltar que Cristiano menciona em seu discurso duas imagens trabalhadas em uma atividade da disciplina. As imagens a que ele se refere estão presentes em um livro de divulgação científica escrito por L. Landau e Y. Rumer e intitulado “O que é a Teoria da Relatividade?”. As imagens mencionadas são reproduzidas no quadro 4.

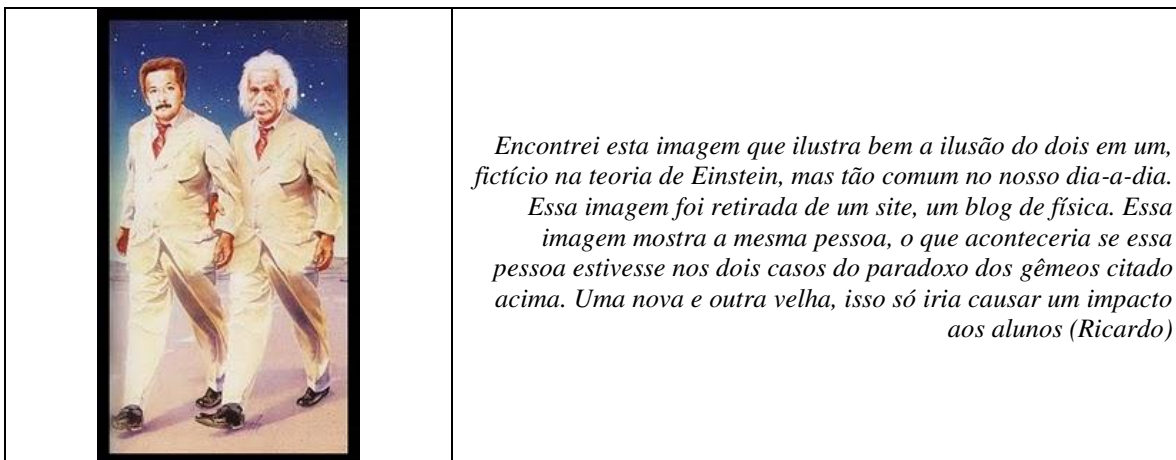


Quadro 4 – Imagens mencionadas por Cristiano, reproduzidas de Landau e Rumer (1963)

A última imagem, deste segundo conjunto, é uma escolha de Ronaldo. Com o pronunciamento desse aluno é possível afirmar que, assim como em outros discursos, o estudante selecionou primeiramente o conteúdo que considerava importante ser ensinado, para depois escolher uma imagem que pudesse auxiliar no ensino desse conteúdo, no caso a dilatação do tempo.

O último conjunto de imagens, escolhidas pelos estudantes, que apresentaremos diz respeito ao paradoxo dos gêmeos. As imagens escolhidas para explicar esse assunto são reproduzidas no quadro 5.

Imagem escolhida	Argumento
 Fonte: Paul Tipler, "Física", Vol. 1, 4ª edição, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2000	<i>Esta imagem pode ser muito útil para explicar aos alunos sobre o paradoxo dos gêmeos (apesar de que na figura Homero e Ulisses não eram gêmeos), pois podemos fazer uma pergunta interessante aos alunos: 1) Se Homero ficar na Terra e Ulisses for viajar numa nave espacial com uma velocidade perto da velocidade da luz, depois de alguns anos em relação a nós mesmos, Ulisses volta, os dois estarão com a mesma idade? Provavelmente a maioria dos alunos responderia que o tempo passaria igual para ambos, porém não é verdade. Como Ulisses estivesse viajando perto da velocidade da luz, o tempo para ele passou mais devagar, logo com toda a certeza, se antes da viagem Ulisses e Homero tivesse a mesma idade, após ela o tempo para Ulisses passou mais devagar com relação a Homero. Mais importante do que ficarmos passando fórmulas aos estudantes, as imagens podem ser de imensa ajuda e muitas vezes mais claras que as fórmulas (Jaqueline)</i>
	<i>A terceira imagem é a do paradoxo dos gêmeos (na minha imagem são gêmeas, Ana e Jane). Acredito que meu professor do ensino médio aguçou a minha e a dos demais alunos com essa idéia de envelhecer em tempos diferentes. Ele conseguiu a atenção de toda a sala dizendo que conseguiríamos entender este exemplo através da famosa teoria da relatividade. A atividade (filme) foi ótima, e realmente consegui entender o que estava sendo dito, apesar de não saber as consequências da teoria. Acredito que a maioria dos alunos tem curiosidades sobre a teoria da relatividade e filmes como Universo Mecânico pode nos ajudar na introdução do conceito devido a forma ser mais próxima a realidade deles (vídeo) e com uma linguagem compreensível para o ensino médio (Camila)</i>



Quadro 5 – Terceiro conjunto de imagens selecionadas e justificativas apresentadas pelos estudantes

Neste conjunto de imagens selecionamos como exemplos as escolhas de Jaqueline, Camila e Ricardo. Na primeira, Jaqueline não faz referência explícita das justificativas para a escolha que fez. Em seu discurso apenas tenta explicar o paradoxo e mencionar como iria proceder em um contexto de sala de aula. Ao final, ela discursa sobre a importância das imagens em comparação com expressões matemáticas. Talvez por estar realizando pesquisa em física aplicada, informação mencionada no questionário inicial, Jaqueline tentou explicar para o leitor de sua produção o referido paradoxo, mostrando que possui forte conhecimento conceitual do assunto em questão. Um indicativo disso é o fato dela ter selecionado uma imagem extraída de um livro utilizado nos cursos básicos de graduação.

O discurso de Camila parece evidenciar, quando pronuncia “*na minha imagem*”, que ela recorre a imagens mentais e, a partir delas, “*vai*” à procura de uma imagem visual fixa que represente suas intenções de uso no papel ou no plano. Ainda, a aluna não nota que o paradoxo já é uma consequência da teoria.

A estudante retorna a mencionar a experiência de vida que teve, qual seja, a de assistir a um filme¹ em sua formação básica. Há indícios no seu discurso que o fato do professor ter conseguido a atenção de toda a sala parece ser um indicativo de abordar o

¹ O Universo Mecânico é uma série, em 52 episódios, produzida em 1985 pelo *Caltech* (Instituto de Tecnologia da Califórnia) e pela *INTELECOM Intelligent Telecommunications*, que foram exibidos na televisão americana em 1985 e 1986. Nesta série são utilizadas dramatizações históricas e diversas animações. Trata-se de uma fascinante por todo o universo da Física, sua história, personagens e conceitos, desde a mecânica clássica até a quântica, direcionada ao público em geral, mas com profundidade suficiente para também prender a atenção dos mais curiosos.

paradoxo e que esse fato possa, talvez, vir a se repetir novamente em suas aulas, quando for professora. Talvez Camila esteja preocupada em obter a atenção de seus alunos. Por outro lado, fica evidente sua preocupação com uma linguagem acessível para tratar a relatividade.

Por último, no discurso de Ricardo há indícios de que a imagem escolhida por ele poderia causar um impacto nos alunos. Ao mencionar, em sua justificativa, o trecho “*isso só iria causar um impacto aos alunos*”, Ricardo indica que um dos seus objetivos é o de impressionar os alunos quando do ensino do paradoxo, deixando-os surpresos e, ao mesmo tempo, atentos/motivados para a aprendizagem desse assunto. De maneira semelhante a Camila, talvez Ricardo esteja preocupado em obter a atenção de seus alunos.

Os discursos proferidos pelos estudantes parecem indicar não propriamente escolhas de determinadas imagens que podem ser usadas, mas assuntos e/ou aspectos que devem ser discutidos quando o professor ensinar a Relatividade Restrita no Ensino Médio, entre eles a figura de Albert Einstein, as equações de Lorentz, dilatação do tempo e a discussão do paradoxo dos gêmeos.

Há uma relação nos discursos dos estudantes que se refere às escolhas das imagens em virtude do conteúdo a ser ensinado, ou seja, o conteúdo a ser trabalhado condiciona a seleção da imagem, como é percebido no discurso de Ronaldo (quadro 3).

Parece que, independentemente das imagens a serem utilizadas, é fundamental apresentar uma que exiba o elaborador da teoria, até mesmo como maneira de discutir o contexto histórico da criação da teoria, como se percebe no primeiro discurso de Gustavo (quadro 2).

No imaginário dos estudantes, outra imagem importante de ser utilizada é aquela que apresenta o triângulo isósceles para explicar a dilatação do tempo, uma vez que ela favoreceria o entendimento desse assunto.

É importante destacar que, provavelmente a mídia, seja ela impressa ou televisiva, tenha influenciado nas escolhas das imagens pelos estudantes, ao menos no primeiro conjunto, apresentado no quadro 2, o que pode ser notado por meio de referências explícitas a esses meios de informação, como no caso de Camila (televisiva), Ricardo (impressa) e Henrique (digital).

Nos discursos pronunciados, percebemos elementos de suas memórias discursivas, principalmente ao considerarem suas histórias anteriores para selecionarem as imagens, como nos casos dos estudantes Camila e Gustavo (quadro 2) e Cristiano (quadro 3).

Os discursos aqui proferidos parecem indicar ao menos dois tipos de funcionamentos para as imagens. No primeiro as imagens funcionariam como motivadoras para a aprendizagem, capturadoras da atenção dos alunos, despertadoras da curiosidade e causadoras de impacto como, por exemplo, as imagens de Einstein com cabelos erguidos e língua de fora e a imagem para abordar o paradoxo dos gêmeos, ambos com idades diferentes, um com idade superior ao outro. No segundo elas funcionariam no entendimento do conteúdo ensinado como, por exemplo, as imagens com trens e com a presença do triângulo isósceles para a explicação da dilatação do tempo.

4.2 INTERPRETAÇÕES ESPECÍFICAS DE ALGUNS LICENCIANDOS

Consideramos importante compreender as interpretações de alguns licenciandos, percorrendo as produções destes estudantes ao longo do desenvolvimento de todo o nosso estudo. Iremos apresentar as posições dos estudantes nas atividades solicitadas (atividade por atividade), procurando compreender os sentidos atribuídos por eles no que tange ao funcionamento de imagens na leitura da relatividade restrita. Optamos por apresentar as interpretações de três estudantes (Carlos, Henrique e Karina). O primeiro foi escolhido em virtude de sua grande participação nas atividades de sala de aula. Carlos era comprometido, presente nas aulas. O segundo estudante foi escolhido pela sua trajetória escolar e pela sua participação constante nas discussões realizadas, além de já possuir incursões no campo da Educação em Ciências. A terceira aluna foi escolhida por seus discursos possuírem características bem diferentes dos dois anteriores. Karina apresenta em suas interpretações críticas ao uso de imagens, em especial aquelas usadas em explicações textuais de relatividade restrita.

Com estes três casos pensamos ser possível obter um quadro razoavelmente configurativo do funcionamento de imagens e dos sentidos atribuídos à Relatividade Restrita, para esse grupo de licenciandos.

4.2.1 As interpretações do estudante Carlos

Encontramos em Orlandi (2006) que a noção de interpretação passa por ser transparente quando na realidade são muitas e diferentes suas definições. Segundo a autora a interpretação está presente em toda e qualquer manifestação da linguagem. Para ela, não há sentido sem interpretação, ou seja, interpretar é atribuir sentidos. Assim, ao analisarmos os discursos proferidos estamos procurando compreender os sentidos atribuídos pelos sujeitos.

Perguntamos, no questionário inicial, o que Carlos pensava sobre ensinar Relatividade no Ensino Médio. Para a questão Carlos respondeu:

Acho muito válido. É um conteúdo que pode ser assimilado pelos alunos, que possibilita uma visão crítica a respeito de conceitos físicos, bem como o do próprio desenvolvimento da ciência. Creio que uma abordagem a partir da História da Física, pois dá aos alunos alguma ideia a respeito da construção e formulação de novas teorias.

Na fala de Carlos percebemos que, para ele, a Relatividade “*pode ser assimilada pelos alunos*” com “*uma abordagem a partir da história da Física*”, sendo que esta “*possibilita uma visão crítica a respeito de conceitos físicos, bem como o do próprio desenvolvimento da ciência*”. Talvez Carlos tenha mencionado a história da física como possibilidade para o ensino da relatividade em detrimento a um ensino meramente matematizado, uma vez que ele já passou pela aprendizagem da teoria em questão. Também é possível que tenha gostado de aspectos dessa estratégia, trabalhados em outra disciplina.

Por outro lado, no discurso fica implícito, pelo uso do termo “assimilado”, que a relatividade para o estudante não pode ser realmente aprendida mas “assimilada”. Achard (2007) relata que a representação usual do funcionamento de implícitos consiste em considerar que estes são sintagmas cujo conteúdo é memorizado e cuja explicitação constitui uma paráfrase controlada por esta memorização. Para ele, essa memorização repousaria sobre um consenso.

Do ponto de vista discursivo, o implícito trabalha então sobre a base de um imaginário que o representa como memorizado, enquanto cada discurso, ao pressupô-lo, vai fazer apelo a sua (re)construção, sob a restrição “no vazio” de que eles respeitam as formas que permitam sua inserção por paráfrase. Mas jamais podemos provar ou supor que esse implícito (re)construído tenha existido em algum lugar como discurso autônomo. (ACHARD, 2007)

No questionário inicial perguntamos, também, a opinião de Carlos sobre as características que um texto de divulgação científica deveria possuir e se ele possuía o hábito de leitura deste tipo de texto. Obtivemos como resposta:

O texto deve apresentar uma linguagem acessível, ou seja, deve-se explicar cada termo de forma que o leitor entenda, considerando-se também que esse leitor não conhece o 'vocabulário científico'. Além disso, o texto tem que ser atraente e mostrar a importância do assunto na vida das pessoas.

Nessa declaração, Carlos explicita a preocupação com a linguagem, que deve ser acessível e com explicação de termos específicos que, por ventura, venham a ser usados pelo autor sobre o assunto abordado. Ainda, o texto deve ser atraente e mostrar as relações do assunto abordado no dia-a-dia das pessoas, ou seja, mostrar aplicações do assunto no cotidiano do leitor. Carlos não apresenta nenhuma argumentação para o uso do termo “*atraente*” nem para o uso das expressões “*mostrar a importância do assunto na vida das pessoas*”. Podemos notar que esses elementos estão em sua memória como aspectos relevantes no ensino de física. Talvez o ensino de física para Carlos tenha ocorrido sem as possíveis relações dos conteúdos com seu cotidiano.

No que se refere a linguagem utilizada em um texto que aborda um assunto de física, perguntamos, ainda no questionário inicial, sobre possíveis elementos constitutivos desse texto (escrita comum/coloquial, equações matemáticas, desenhos, fotografias, quadrinhos/tirinhas, charges, apoio na história, referência a cultura popular, ironia, humor, analogias e metáforas, experimentos, vínculo com o cotidiano), quais julgava relevante para que um leitor aprendesse física ao realizar a leitura.

Creio que todos elementos são relevantes, pois trabalham a Física em uma linguagem diferente, o que pode despertar um interesse em determinado público. O elemento usado está ligado ao público que se deseja atingir.

Em seu posicionamento, supomos que, ao mencionar “*trabalham a Física em uma linguagem diferente*”, ele está comparando um texto que contempla os elementos citados, o qual para ele é diferente, com aquele que em geral os alunos têm contato quando estudam assuntos de física e que, basicamente, não possuem tais elementos. Ainda, para ele o uso de determinado elemento é condicionado pelo público a ser atingido, ou seja, se o público são

alunos de ensino médio o uso de determinados recursos linguísticos parece ser mais indicado e, por sua vez, caso o público seja estudantes de nível superior os recursos a serem utilizados são outros.

A fala de Carlos evidencia novamente que ele traz elementos de sua memória relacionados a posição sobre como deve ser o ensino. Neste caso, uma posição relacionada ao tipo de linguagem que deve ser utilizada.

A última pergunta realizada para Carlos, no questionário inicial, foi: como você considera que funcionam as imagens/ilustrações/figuras enquanto recursos de ensino e como elas deveriam funcionar no caso específico de conteúdos de física? Justifique sua resposta e, se possível dê exemplos. Para esta pergunta o estudante respondeu:

Creio que elas têm um carácter motivacional e podem gerar bons debates. É comum observar jornais que trazem tiras, charges e quadrinhos a respeito de cientistas ou conceitos da ciência.

Como explicitado por Carlos, tiras, quadrinhos e charges estão quase sempre presentes no dia a dia, em jornais, revistas, outdoors, além de provocarem o humor e, consequentemente, o prazer no leitor. Notamos, nesse estudante, uma predisposição ao uso de diferentes tipos de linguagem no ensino. No seu discurso o estudante aponta a motivação como elemento que justificaria o uso de charges e quadrinhos, além de possibilitarem o debate.

Após conhecermos as concepções iniciais de Carlos sobre alguns assuntos que iríamos abordar no desenvolvimento da disciplina, adentramos em nosso estudo. Perguntamos em sala de aula, no segundo encontro, se os estudantes já haviam estudado relatividade, em qual disciplina e como era realizado o ensino desse tópico curricular. Especificamente, Carlos responde:

Sim, estudei relatividade nas disciplinas de Física Básica IV e Estrutura da Matéria. O assunto era abordado com base no formalismo matemático, não houve ênfase na discussão dos conceitos, mas uma série de exercícios que proporcionam maior entendimento a respeito de conceitos.

Tal como infere Achard (2007), pelas necessidades de análise, vamos supor um funcionamento linguageiro que comporta apenas um registro discursivo, e colocar aí o problema do “*sentido de uma palavra*”. Admitiremos (como hipótese lexicológica) que o que

caracteriza a palavra é sua unidade, sua identidade a si mesma, que permite reconhecê-la em seus diferentes contextos.

No discurso de Carlos, acima reproduzido, destacamos o uso do termo “*proporcionam*”. No caso desse discurso, o uso desse termo pode ser considerado como uma unidade simbólica que contribui na construção de um sentido, qual seja, uma série de exercícios teria proporcionado entendimento de conceitos relativos à relatividade.

Como nosso objeto de estudo é o funcionamento de imagens na leitura da relatividade restrita, ao final da segunda aula, solicitamos aos estudantes que escolhessem ao menos três imagens que utilizariam para explicar assuntos/conceitos de relatividade restrita. A questão formulada foi: *Se você fosse utilizar uma imagem para ensinar um assunto/conceito de relatividade restrita, qual imagem você escolheria/selecionaria? Justifique sua escolha e exponha os critérios que utilizou para a seleção.*

A primeira imagem escolhida por Carlos é reproduzida na figura 3.

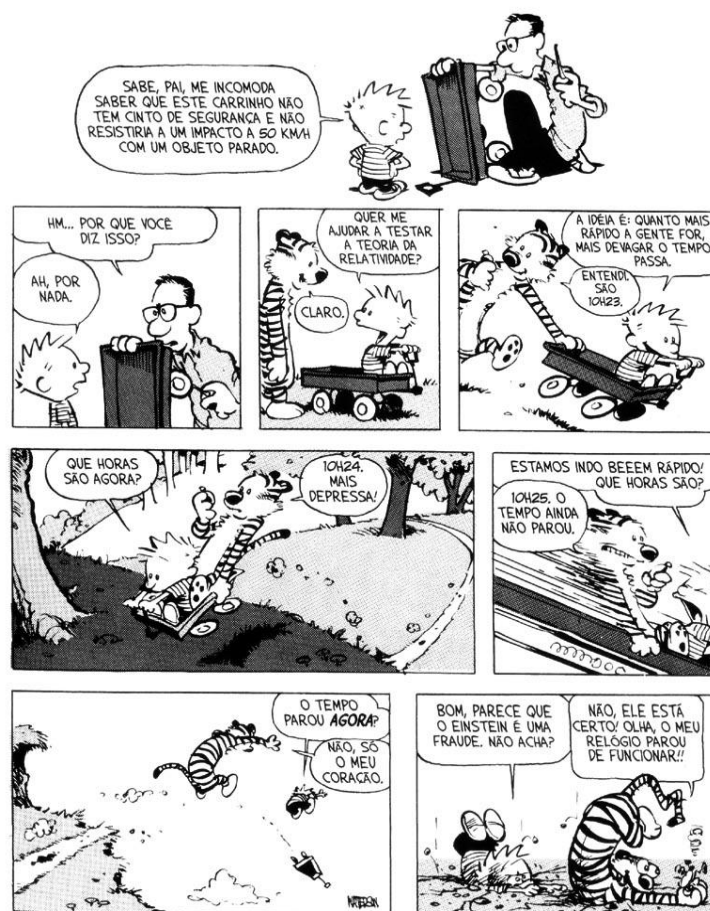


Figura 3 – Primeira imagem escolhida por Carlos

A justificativa de Carlos para a escolha da imagem foi a seguinte:

Creio que esta tirinha é uma maneira bem viável de começar o assunto de relatividade no ensino médio, visto que a curiosidade dos alunos seria aguçada pelo humor, e o conceito de relatividade seria menos complicado de ser passado, já que é uma área da física bem difícil de ser compreendida pela maioria das pessoas.

No pronunciamento de Carlos notamos aspectos já mencionados nas respostas ao questionário inicial, ou seja, a tendência dele para o uso de tiras/Histórias em Quadrinho. Essa posição aparece em seu discurso, no geral, ou seja, o humor facilitaria de modo geral passar o conceito de relatividade. Podemos notar que, no imaginário desse estudante, conceitos podem ser passados e que o humor seria um recurso facilitador dessa passagem.

Mendonça (2002) caracteriza as tiras como:

[...] um subtipo de HQ; mais curtas (até 4 quadrinhos) e, portanto, de caráter sintético, podem ser sequenciais (capítulos de narrativas maiores) ou fechadas (um episódio por dia). Quanto às temáticas, algumas tiras também satirizam aspectos econômicos e políticos do país, embora não sejam tão “datadas” como a charge. Dividimos as tiras fechadas em dois subtipos: a) tiras-piadas, em que o humor é obtido por meio das estratégias discursivas utilizadas nas piadas de um modo geral, como a possibilidade de dupla interpretação, sendo selecionada pelo autor a menos provável; b) tiras-episódio, nas quais o humor é baseado especificamente no desenvolvimento da temática numa determinada situação, de modo a realçar as características das personagens [...]. (p.199)

Esse mesmo autor apresenta a seguinte noção para as HQ.

Podemos, então, caracterizar provisoriamente a HQ como um gênero icônico ou icônico verbal narrativo cuja a progressão temporal se organiza quadro a quadro. Como elementos típicos, a HQ apresenta desenhos, os quadros e os balões e/ou legendas, onde é inserido o texto verbal (MENDONÇA, 2002, p.199).

Já a charge pode ser considerada, nas palavras de Ferreira (2010, p. 47), como:

[...] um estilo de ilustração que tem por finalidade satirizar por meio de caricatura algum conhecimento atual. Sendo de origem etimológica francesa, o termo charge significa carga e, como tal, exagera traços de pessoas e de espaços, de tal forma que os torna burlescos, um burlesco contundente em sua crítica.

Com significado de carga, a charge “representa um ataque onde a realidade é reapresentada como o auxílio de imagens e palavras” (SANTOS, 2007). Ainda,

[...] a charge é uma imagem pictórica, desenhada por pigmentos, sobre algum suporte, utilizando-se de técnicas do desenho. Seria, então, uma imagem pictórica figurativa, representando algo existente materialmente: pessoas, espaço histórico-político de manifestos, construindo relação entre o produtor e receptor para desvelar o não-manifestado, escondido, mas não menos conhecido. (FERREIRA, 2010, p. 48)

O estudante preocupa-se em aguçar a curiosidade dos alunos e, para ele, uma possível maneira para isso seria via efeito humorístico, com o uso de tiras. Ainda, segundo ele, “*o conceito de relatividade seria menos complicado de ser passado, já que é uma área de física bem difícil de ser compreendida pela maioria das pessoas*”. Talvez o trecho final de seu discurso possa estar relacionado com sua própria experiência quando de sua aprendizagem da teoria da relatividade.

Em relação ao humor na HQ, Quella-Guyot (1994) expõe

A narração humorística é suficientemente conhecida para que demos notícia de mais do que alguns aspectos. Muitas vezes fundada na comicidade da situação retratada, a HQ tem a vantagem de poder, ao mesmo tempo, mostrar a cena e fazer as personagens falar, pronta a fazer que o dito contrarie o mostrado.

Certamente a primeira escolha de Carlos está pautada primeiramente pelo público ao qual a imagem irá se destinar, talvez por isso a escolha de uma História em Quadrinho, tal como ele discursou anteriormente pronunciando “*o elemento usado está ligado ao público que se deseja atingir*”. Por outro lado, cabe ressaltar a possibilidade não levantada por Carlos de que o humor possa não funcionar da mesma maneira para todos os alunos.

A segunda e a terceira imagem escolhidas são apresentadas na sequência. Em sua produção o estudante expõe:

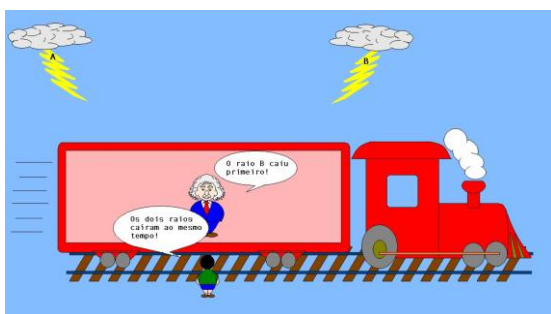


Figura 4 – Segunda imagem escolhida por Carlos

Na teoria de Einstein, o tempo de um observador se dilata em relação a outro. E para mostrar como isso ocorre deve-se entrar antes no conceito de simultaneidade. A melhor forma de apresentar o caráter relativístico é através do clássico exemplo, onde temos um vagão de trem que é atingido por dois raios A e B, respectivamente. Sendo nesse momento onde aparece a figura para podermos explicar a simultaneidade.

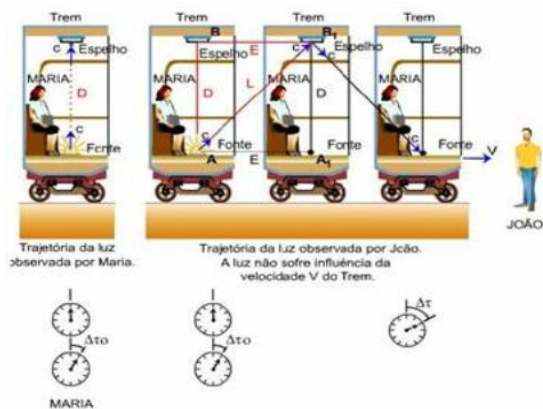


Figura 5 – Terceira imagem escolhida por Carlos

Depois de apresentado os conceitos de simultaneidade entramos na dilatação do tempo, retornamos ao exemplo do trem, no qual Maria viaja observada por Pedro, que está parado na plataforma e através da figura verificar que a dilatação do tempo depende do referencial de observação, tendo aí um tempo próprio e tempo dilatado, e mostrando aos alunos que o tempo não é mais absoluto como era proposto pela mecânica newtoniana.

Basicamente essas seriam as figuras principais para podermos explicar a teoria da relatividade restrita, sem muitas dificuldades. Uma vez que se o professor dispuser apenas de um quadro com giz, não terá dificuldades de estar ilustrando-as. Caso o professor dispor de recursos como Data Show pode “brincar” mais um pouco as imagens e simulações para ajudar o aluno a visualizar a compreender os conceitos físicos envolvidos.

Na segunda imagem, Carlos inicialmente expõe o conteúdo a ser discutido (dilatação do tempo). Ele considera a necessidade de se conhecer a noção de simultaneidade, apresentando em seguida a imagem a ser utilizada para abordar esse conceito, qual seja “através do clássico exemplo, onde temos um vagão de trem que é atingido por dois raios A e B”. Na sequência, ele mostra a terceira imagem escolhida que dará conta da discussão da dilatação do tempo, explicando o conteúdo presente na imagem.

Em seu discurso o estudante enfatiza que “a melhor forma de apresentar o caráter relativístico é através do clássico exemplo, onde temos um vagão de trem que é atingido por dois raios A e B, respectivamente”. O estudante atribui um sentido importante ao exemplo por ele explicitado. Podemos inferir que esse exemplo foi mobilizado de sua memória discursiva. Davallon (2007) esclarece que

[...] lembrar um acontecimento ou um saber não é forçosamente mobilizar e fazer jogar uma memória social. Há necessidade de que o acontecimento lembrado reencontre sua vivacidade; e sobretudo, é preciso que ele seja reconstruído a partir de dados e de noções comuns aos diferentes membros da comunidade social. (p.25).

Podemos inferir que para Carlos o exemplo do vagão de trem mostrou-se potencialmente útil quando da sua aprendizagem da Relatividade Restrita. Perante isso, o exemplo lembrado reencontrou vivacidade e se fez presente no discurso do estudante.

Na continuidade o estudante expõe: “*Sendo nesse momento onde aparece a figura para podermos explicar a simultaneidade*”. Seria então a imagem operador da memória de Carlos? Por que a imagem?

Em Davallon (2007) encontramos uma resposta. Segundo ele, a imagem oferece – ao menos em um campo histórico que vai do século XVII até nossos dias – uma possibilidade considerável de reservar a força: a imagem representa a realidade, certamente; mas ela pode também conservar a força das relações sociais (e fará então impressão sobre o espectador (DAVALLON, 2007, p. 27).

Cabe aqui notar que, possivelmente, Carlos considera que a aprendizagem ocorrerá para outros indivíduos como ele considera que ocorreu para ele, sem levar em conta que leitura de imagens, como leitura de textos, tem de ser aprendida.

Na terceira aula adentramos no objeto de interesse de nosso estudo. Iniciamos o estudo das imagens discutindo o texto de Martins *et al.* (2005). Discutimos também a produção de Guerra *et al.* (2007). Na quarta aula continuamos a discussão com o artigo de Silva *et al.* (2006) e de Andrade *et al.* (2005).

Com os quatro textos finalizamos a discussão teórica sobre imagens, sendo eles, além de condições associadas à sua história de vida, as condições de produção que Carlos e os demais estudantes possuíam, até aquele momento, as quais poderiam interferir nos discursos que pudessem surgir a partir desta aula, quanto ao funcionamento de imagens.

Perguntamos oralmente, para os estudantes, na quarta aula, como funcionam as imagens nos processos de ensino e de aprendizagem? Solicitamos que a resposta fosse registrada em uma produção textual. Para essa questão Carlos respondeu:

Funcionam como facilitadoras da visualização do objeto de estudo, se ganha tempo e qualidade sobre outra desenhada na lousa. Exigem menos esforço do aluno para imaginar uma situação, podendo focá-lo mais no objeto de estudo. Elas se aproximam da realidade da atual sociedade, bombardeada por imagens diversificadas: na TV, do vídeo game, da internet, de outdoors, de revistas, de propagandas etc, em contraponto à forma clássica de aula: leitura de texto, discussões, palestras etc, e ao cotidiano antigo: visão de objetos reais, rádio, etc. Em uma única imagem pode-se explorar vários tópicos, ajudam na questão da multidisciplinariedade.

Na fala acima percebemos que para o estudante as imagens funcionam menos pelo que elas podem representar, pela informação que elas podem oferecer ou pelo modo como elas efetuam um ou outro destes processos, ou seja, não considera sua eficácia simbólica. Por outro lado, o funcionamento é o de *“facilitadoras da visualização do objeto de estudo, se ganha tempo e qualidade sobre outra desenhada na lousa. Exigem menos esforço do aluno para imaginar uma situação”*.

Davallon (2007) já argumentava que

Com efeito, aquele que observa uma imagem desenvolve uma atividade de produção de significação; esta não lhe é transmitida ou entregue toda pronta. Esse estado de coisas abre, como aliás insistem em nos fazer observar, a uma liberdade de interpretação (o que quer dizer que o conteúdo “legível”, ou antes “dizível”, pode variar conforme as leituras); mas o que faz também – e não se poderia esquecer este ponto – com que a imagem comporte um programa de leitura: ela assinala um certo lugar ao espectador (ou melhor: ela regula uma série com a passagem de uma a outra posição de receptor no curso da recepção) e ela pode “rentabilizar” por si mesma a competência semiótica e social desse espectador. (p. 29)

Concordamos com Davallon quando argumenta que ler uma imagem é atribuir significados que não podem ser transmitidos, mas dependem de uma interpretação, a qual por sua vez depende daquele que a interpretou, de sua história de leitura, de sua memória discursiva, entre outros aspectos, o que não foi levado em conta no discurso de Carlos. Por outro lado, uma evidência de que ele considera que as imagens ensinam pode ser notada quando fala do tempo que elas economizam. Além disso, nota-se que, para ele, o que o professor pode desenhar na lousa não seria uma imagem. Nota-se também que não pensa a imagem como parte de um texto, como algo a ser lido.

Perguntamos, também, quais as características que uma imagem deveria possuir. A resposta de Carlos em sua produção textual foi

Independente do uso, ela não pode conter erros conceituais, fora isso, as características dependem muito do uso. Porém, alguns aspectos, em geral, são bastante desejáveis: ter legenda; estar num contexto adequado; ser colorida; desenho razoavelmente bem feito; boa centralização; focalização e contraste do objeto de estudo; indicação de escala ou possuir objetos conhecidos para comparar dimensões

Na perspectiva de Davallon (2007, p. 30), existe uma espécie de aproximação entre as oposições formais (de forma, de cor e de topologia) e a instância textual e discursiva. O autor cita, por exemplo, o caso da publicidade, na qual certa relação de cor ou certo contraste de forma retém o olhar e, ao mesmo tempo, quer nos dizer da qualidade que distingue um produto dos outros.

Questionamos os estudantes se consideravam que alguns assuntos de física são mais propícios ou necessitam mais a utilização de imagens. Solicitamos justificativa para a questão e, em caso positivo, quais conteúdos eles destacariam. Além disso, interrogamos, qual a importância que eles atribuíam às imagens no ensino de conteúdos de física e que justificassem suas respostas.

Acho que todos os conteúdos são melhores trabalhados com imagens e todos possuem bons potenciais de uso. Talvez assuntos cujos fenômenos são menos tangíveis demandem mais o uso de imagens.

Ajuda na observação de vários aspectos que integram um conceito, além de ajudar a torná-los mais “reais”, mais “concretos”, algo importante quando se introduz um novo conceito.

Em sua produção escrita, reproduzida nos trechos acima, realizada na quarta aula, o estudante Carlos destacou o uso de imagens para aqueles conteúdos os quais considera “menos tangíveis”. Ao usar o termo “*tangíveis*”, talvez o estudante esteja se referindo aos conteúdos que fogem na percepção visual, ou seja, aqueles conteúdos de natureza microscópica. Para Carlos as imagens ajudam “*na observação de vários aspectos que integram um conceito*” e tornam estes mais “*reais/concretos*”. Ou seja, em seu imaginário aparentemente as imagens facilitariam na abstração.

Após, realizamos a seguinte questão: E se pensarmos no ensino de relatividade (que vocês terão que elaborar uma unidade de ensino)? Explique/Justifique sua resposta.

A resposta e a justificativa de Carlos, em sua produção escrita para essa pergunta direcionada para o ensino da Relatividade Restrita, foi:

Poderia dizer, sem perda de generalidade que o ensino de ciências, em especial a física, é uma ciência inteiramente visual. Na relatividade, por exemplo, para

falar de eventos simultâneos é indispensável o uso de imagens, lembrando que as imagens devem ser trabalhadas com cuidado uma vez que elas não são transparentes.

Notamos na oralidade desse estudante o argumento da indispensabilidade do uso de imagens no ensino, por exemplo, de eventos simultâneos. Destaque é dado ao cuidado no uso das imagens “*uma vez que elas não são transparentes*”.

Ao discutir sobre autoria e interpretação, Orlandi (2006) destaca

Quando o sujeito fala, ele está em plena atividade de interpretação, ele está atribuindo sentido às suas próprias palavras em condições específicas. Mas ele o faz como se os sentidos estivessem nas palavras: apagam-se suas condições de produção, desaparece o modo pelo qual a exterioridade o constitui. Em suma, a interpretação aparece para o sujeito como transparente, como sentido lá (ORLANDI, 2006).

Em relação a autoria, Orlandi esclarece

[...] a função de autor é tocada de modo particular pela história: o autor consegue formular, no interiô do formulável, e se constitui, com seu enunciado, numa história de formulações. O que significa que, embora ele se constitua pela repetição, esta é a parte da história e não mero exercício mnemônico. Ou seja, embora não instaure discursividade, produz, no entanto, um lugar de interpretação no meio dos outros. Esta é sua particularidade. O sujeito só se faz autor se o que ele produz for interpretável. Ele inscreve sua formulação no interdiscurso, ele historiciza seu dizer. Porque assume sua posição de autor (se representa nesse lugar), ele produz assim um evento interpretativo. O que só repete (exercício mnemônico) não o faz (ORLANDI, 2006).

Diante disso, a autora distingue três tipos de repetições, são elas:

- a) repetição empírica - exercício mnemônico que não historiciza;
- b) repetição formal – técnica de produzir frases, exercício gramatical que também não historiciza;
- c) repetição histórica – a que inscreve o dizer no repetível enquanto memória constitutiva, saber discursivo, em uma palavra: interdiscurso.

Percebemos que as condições de produção da disciplina exerceram influência na construção do discurso de Carlos, ou seja, em sua interpretação, ao menos no que se refere ao cuidado no trabalho com as imagens, uma vez que ele reproduz, explicitamente, o

discurso de outra produção de nossa área. Carlos faz uso da obra de Silva et al. (2006). Podemos considerar o discurso de Carlos como repetição histórica, uma vez que sua fala se inscreve no repetível.

Em continuidade, ainda na quarta aula, perguntamos aos estudantes como eles pensavam que autores e professores deveriam usar/utilizar as imagens como recurso de ensino no caso da relatividade e as recomendações que indicariam para o uso de imagens nesse tópico. A resposta de Carlos foi

Acredito que o uso de imagens é indispensável como uma grande ferramenta de aprendizagem. Tomando o cuidado com a não transparência das imagens, de forma a deixar claro o objetivo do uso de determinada imagem para complementar o ensino de determinado conteúdo, não ficando apenas no caráter verbal.

Notamos novamente no discurso de Carlos a apropriação de condições de produção da disciplina. Tal discurso, como já mencionamos acima, pode ser considerado como “repetição histórica”, ou seja, quando há incorporação de sentido próprio do aluno à memória constitutiva, isto é, o aluno passa a assumir o discurso como seu: a autoria, nos termos de Almeida *et al.* (2008). Neste caso, Carlos parece considerar a imagem como complemento de outros tipos discursivos, situação não incluída em nenhum dos textos trabalhados na disciplina.

O último questionamento, realizado ao final da quarta aula, está relacionado ao texto de Martins *et al.* (2005), as quais questionam a “transparência” das imagens, ou seja, desafiam a ideia de que as imagens comunicam de forma mais direta e objetiva do que as palavras. Perguntamos se o argumento apresentado pelas autoras poderia ser refletido para as imagens utilizadas na relatividade restrita como, por exemplo, as utilizadas por Landau e Rumer (1963) ou as trabalhadas em sala de aula?

Carlos respondeu:

Sim, diferentemente do ditado, uma imagem não vale mais do que mil palavras. Não se pode analisar e definir um relâmpago apenas com imagens e desconsiderar uma boa explicação do movimento de elétrons, ou estudar difração apenas utilizando a imagem de um prisma e ignorar a Lei de Snell. Uma imagem dependendo de como o professor a expõe ou de como os alunos a interpretam pode ficar nos alunos ideias errôneas. Deve-se considerar o fato

de que uma fotografia, por exemplo, representa somente um determinado instante, e não a representação do fenômeno como um todo em movimento.

Carlos concorda com o argumento apresentado pelas autoras verbalizando que “[...] *diferentemente do ditado, uma imagem não vale mais do que mil palavras*”. Talvez ele tenha concordado por estar na posição de estudante, que pretendia obter aprovação na disciplina e por pensar que os responsáveis pelo desenvolvimento dela são também partidários ao argumento.

O estudante apresenta, ainda, dois exemplos para justificar sua concordância com as autoras, questionando que uma imagem “*representa somente um determinado instante, e não a representação do fenômeno como um todo em movimento*”. No que tange a segmentação, de acordo com Davallon (2007)

[...] a imagem teria assim capacidade para integrar os elementos que a compõem em uma totalidade. É por que compreenderíamos o sentido global antes de reconhecer a significação os elementos; e atingiríamos primeiro o efeito dessa integração; estaríamos sob o charme desse efeito formal, estético; toda imagem pareceria assim se apresentar como única origem dela mesma assim como de sua significação; e enfim, ela introduziria uma diferença de natureza, um salto qualitativo entre os componentes (os que a análise pode repertoriar) e ela mesma considerada em sua totalidade. (p. 30)

Após expormos as posições de Carlos sobre alguns aspectos concernentes às imagens, apresentamos suas interpretações quanto à leitura de textos, afim de nos aproximarmos mais de nosso objeto de estudo, ou seja, o funcionamento de imagens na leitura da relatividade restrita a partir de textos de divulgação científica elaborados por cientistas.

Na quinta aula discutimos, primeiramente, o texto de Silva (2006) e, após, a obra de Landau e Rumer (1963). Iniciamos o debate da obra de Landau e Rumer (1963), realizando a leitura da contracapa, na qual consta:

Esta popularização, feita por dois grandes físicos soviéticos, tem seus méritos. A teoria da relatividade é um assunto no qual muitas tentativas têm sido realizadas, a maioria das quais falhou. As analogias engenhosas nunca satisfazem completamente; os trens, relógios, réguas e lanternas, coisas inocentes e familiares, com as quais, no começo, o leitor se sente à vontade, ficam desorientados logo que o enredo se complica. Landau e Rumer aproximam-se, mais do que os outros, do seu objetivo. As ideias são realmente as mesmas, todos os velhos apetrechos são usados. Tudo que é necessário está aqui, mesmo que

para compreender as histórias daqueles viajantes espaciais que, elegantemente, mordiscam o tempo enquanto o nosso, em casa, se escora com rapidez.

Perguntamos se os estudantes concordavam ou não com a posição assumida pelos autores e justificativa. A resposta de Carlos captada na vídeo-gravação realizada desta aula foi:

Não sei de quando é o texto, pode ser que os desenhos e o não aparecimento de fórmulas tenham tirado um caráter mais sisudo, científico do texto.

Os desenhos e a ausência de equações são elementos que ganham destaque na fala de Carlos, os quais contribuíram para dar ao texto um caráter mais informal. No entanto, a leitura do não dito permite inferir que a presença de equações é que confere cientificidade ao texto. Na continuação do debate, o professor-pesquisador perguntou: que aspectos que compõem e estão presentes no texto chamou mais a atenção de vocês durante a leitura da obra de Landau e Rumer (1963), ou seja, que aspectos utilizados pelos autores vocês destacariam como importantes? Especificamente, Carlos destacou:

O modo de escrita do autor e alguns de seus exemplos são excepcionais, acho que é isso que torna tal texto bom, pois ele têm uma escrita simples e não cansativa, com exemplos do cotidiano ou de simples entendimento.

Além de destacar o uso de imagens e a ausência de equações, o estudante enfatizou como aspectos positivos os exemplos utilizados pelos autores e a escrita que é, na visão dele, “[...] simples e não cansativa, com exemplos do cotidiano ou de simples entendimento”. Notamos, novamente, a preocupação do estudante com o uso de exemplos do cotidiano. Parece que esse é um dos critérios utilizados pelo estudante para considerar o texto como “bom”.

Nesta aula, solicitamos, também, que os estudantes respondessem algumas questões por escrito, na medida em que íamos debatendo os assuntos na aula. A primeira foi: qual a sua posição sobre o uso de livros de divulgação científica? A resposta de Carlos em sua produção é reproduzida a seguir.

Acho uma ótima maneira de interagir o aluno com o mundo científico, ao invés de colocá-lo em contato somente com o livro didático durante toda a sua carreira escolar. Os livros de divulgação científica levam os alunos a ter um maior contato com a realidade e a atualidade, faz com que ele fique mais próximo dos conteúdos que também são utilizados nas universidades.

Ao argumentar “*ao invés de colocá-lo em contato somente com o livro didático durante toda a sua carreira escolar*”, Carlos vislumbra a possibilidade de uso de outro material alternativo ao livro didático. Terrazzan (2000) já argumentava que os textos de divulgação científica não têm preocupação didática explícita, não ficam presos à ideia de pré-requisitos e nem sequências de conteúdos. Além disso, a linguagem utilizada nestes textos se aproxima da linguagem jornalística, com a qual, possivelmente, parte dos alunos tem contato.

A segunda questão solicitada por escrito foi: qual a contribuição do texto de Landau e Rumer (1963) para o entendimento/compreensão da relatividade restrita e como compreende a utilização de textos de divulgação científica de cientistas? Para essas perguntas Carlos proferiu em sua produção escrita

Acho que pode ser bastante proveitoso. Principalmente, foge-se dos “contratos escolares”, onde os alunos sabem o que esperar dos textos e professores. Em segundo lugar pode-se trabalhar a leitura de textos científicos, que usa a linguagem científica e mostra o cuidado ao se falar algumas palavras e termos. Além disso, mostra a preocupação de cientistas em expor claramente suas ideias tanto para o público leigo como para outros cientistas.

Na fala acima reproduzida, o estudante destaca a possibilidade de leitura de textos científicos pelo fato deles utilizarem linguagem científica e cuidado com palavras e termos. Além disso, o estudante destacou “*a preocupação de cientistas em expor claramente suas ideias tanto para o público leigo como para outros cientistas*”. Se pensarmos na linguagem utilizada no texto ou, de maneira mais ampla, na autoria do texto, lembremos que, de acordo com Orlandi (2006)

Há, nas diferentes formas da sociedade, diferentes maneiras de se constituir a autoria. A forma própria de nossa formação social é a de que vê no autor o responsável pelo texto, garantindo sua coerência, não-contradição, unidade, progressão e fecho. Ou seja, a obscuridade (o a-saber) desloca-se de Deus para a língua e desta para o homem (sujeito). Quando pensamos o autor de um texto científico, certamente estas exigências ganham especificidade e instituem formas de leitura. (p. 142)

Nas falas de Carlos, reproduzidas logo acima, notamos que a leitura do texto contribuiu na compreensão da teoria da relatividade visto que o estudante argumenta que

“conceitos e até mesmo experimentos imagináveis ficaram mais simples e fizeram mais sentido [...]. Particularmente a parte de porque a velocidade da luz é a velocidade limite”.

A seguir, discutimos sobre a utilização deste tipo de texto e, em especial o de Landau e Rumer (1963) para ensinar Relatividade Restrita para alunos do Ensino Médio. Solicitamos aos estudantes que se posicionassem quanto à utilização. Por meio da videogravação foi possível perceber que Carlos posicionou-se favorável justificando que:

[...] usaria principalmente pelo fato de ter um caráter motivador, creio que o importante seja não só a leitura do texto, mas também o acompanhamento do professor e comentários compartilhados com companheiros de sala.

Na fala de Carlos observamos, mais uma vez, o uso da expressão “motivador”, a qual parece caracterizar o sentido atribuído pelo estudante ao funcionamento de textos de divulgação no contexto escolar. No entanto, o estudante destaca a mediação do professor como um fator a ser levado em consideração durante o processo de ensino, bem como a discussão com a sala de aula.

Como estávamos interessados em investigar o funcionamento de imagens na leitura da relatividade restrita, iniciamos a discussão deste assunto perguntando se as imagens presentes no texto ajudaram a compreender o que o autor desejava explicar, e em que medida, ou seja, questionamos que contribuições, na opinião dos estudantes, as imagens utilizadas pelo autor trouxeram, para a leitura e compreensão da Relatividade Restrita. Os alunos deveriam responder a pergunta por escrito e entregar para o professor.

Para estas questões Carlos posicionou-se afirmando que

Analisando todas as imagens do texto, posso dizer que essas contribuíram, ainda mais para o caso de imaginarmos uma leitura por um leigo, que não estaria acostumado a imaginar e fazer esses tipos de construções mentais das situações, já que em várias delas acaba ficando difícil entender exatamente o que o texto quer dizer ou mostrar, e ainda mais, dependendo da pessoa, ela pode imaginar uma situação diferente da qual o autor se refere. Sendo assim, as imagens se fizeram necessárias para evitar, ou pelo menos, reduzir qualquer tipo de má interpretação por parte do leitor. Dependendo da situação até para um leitor não-leigo pode ficar difícil imaginar exatamente a situação descrita pelo texto, mas não foi o caso nessa leitura.

No imaginário desse estudante as imagens podem contribuir para o entendimento do texto, em especial para o caso de um leitor leigo no assunto. Além disso, as imagens funcionariam como agentes nas construções mentais das situações expostas no texto, contribuindo para evitar/reduzir uma má interpretação por parte dos leitores.

Pedimos para os estudantes identificarem e justificarem, em suas produções escritas, quais imagens destacariam como significativas, entre aquelas utilizadas pelos autores. As imagens destacadas por Carlos são reproduzidas a seguir.

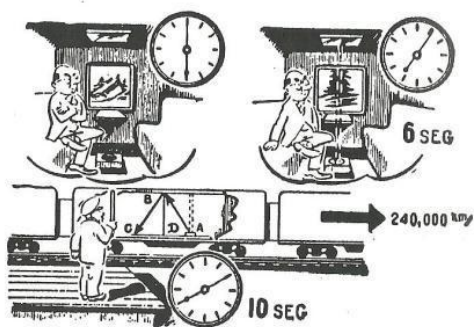


Figura 6 – Primeira imagem destacada por Carlos

A segunda imagem que aparece no texto ajuda a compreender a ideia de dilatação temporal no sentido de exemplificar como é a trajetória da luz para o passageiro dentro do trem e como ela é vista por alguém de fora do trem, essa diferença de percurso, somada a constância da velocidade da luz faz com que o tempo e o espaço se comportem de maneira diferente quando observados a altas velocidades.

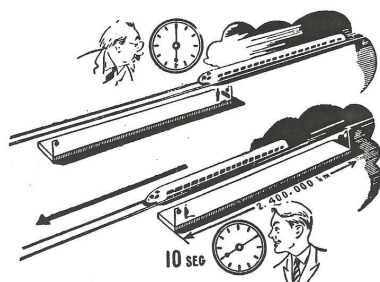


Figura 7 – Segunda imagem destacada por Carlos

As duas imagens localizadas nas páginas 92 e 93, respectivamente, são significativas para esclarecer que a medição, tanto do tempo quanto do comprimento depende do referencial em questão e varia de referencial para referencial de acordo com as transformações de Lorentz.

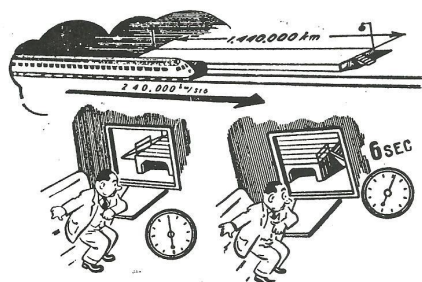


Figura 8 – Terceira imagem destacada por Carlos

A primeira imagem escolhida por Carlos é aquela já mencionada por outros colegas de sua turma. A imagem é a do triângulo isósceles. Carlos volta a selecionar a imagem que já havia escolhido na primeira atividade da disciplina. O estudante também destaca as imagens que no seu imaginário são significativas para explicar que a medição é dependente do referencial, e ela varia de referencial para referencial.

Tendo em vista que as imagens estavam inseridas em um texto, podemos dizer que tanto as imagens como o texto, contribuíram para a compreensão da mensagem transmitida pelos autores, como pode ser comprovado mediante a leitura do discurso de Carlos ao mencionar que *“as imagens se fizeram necessárias para evitar, ou pelo menos, reduzir qualquer tipo de má interpretação por parte do leitor”*.

Finalizamos a aula com a discussão da interpretação dos estudantes sobre a relatividade restrita após a leitura da obra de Landau e Rumer (1963). Indagamos se o texto teve algum significado/sentido para eles. Solicitamos novamante que a resposta fosse registrada em uma produção escrita. O estudante Carlos respondeu afirmando que

Este texto mostrou como alguns assuntos que parecem extremamente complexos podem ser explicados e entendidos de maneira simples e prática. Alguns conceitos e até experimentos inimagináveis ficaram mais simples e fizeram mais sentido. Particularmente a parte de porque a velocidade da luz também é a velocidade limite.

No sexto encontro, após já terem lido os textos de Landau e Rumer (1963) e Einstein e Infeld (1998), perguntamos qual texto os estudantes gostaram mais de ler e as justificativas. As respostas deveriam ser registradas por escrito e, após, discutidas oralmente com o grande grupo. Carlos posicionou-se argumentando

Embora eu tenha gostado muito do texto do Einstein ele é bem denso e comprido, cheio de experiências e com uma certa ausência de figuras. Causando muita desatenção. Porém, não sei se isso foi causado por já conhecer o assunto e por isso ocasionou um certo desinteresse. Todavia o texto aplica muitíssimo bem a teoria. O texto de Landau e Rumer já era mais simples, e também continha todas as explicações.

Na argumentação do estudante, percebemos menção à falta de imagens, o que pode ter provocado a desatenção dele durante a leitura. A leitura do não-dito nos permite dizer que, para Carlos, as imagens, caso estivessem presentes, poderiam funcionar como

concentradoras da atenção do leitor. No entanto, ele explicita que o fator “já conhecer o assunto” pode ter causado o desinteresse.

Interrogamos, na sequência, por qual texto os estudantes optariam para dar aula de relatividade no Ensino Médio e, qual texto em termos de linguagem facilitou a leitura do assunto? Em sua produção textual Carlos escreveu

Eu usaria certamente o texto de Landau e Rumer para auxiliar no ensino da relatividade restrita, ele é um texto bastante completo e cuja maioria das figuras é boa, possui apenas algumas partes confusas. Eu gostei muito desse texto. Eu acho que, se o texto foi feito pelo cientista que elaborou a teoria, ele não teria erros, ou teria menos erros do que um texto resumido ou escrito por jornalistas. Se o cientista está preocupado com uma divulgação científica, também ele irá escrever numa linguagem de fácil acesso e provavelmente explicará todos os pormenores importantes da teoria. Assim, acho que são textos válidos para utilização em salas de aula, também por perceber que eles, mesmo não contendo as fórmulas e equações, explicam a teoria em si e algumas vezes também o contexto sociocultural em que surgiu.

Notamos, no discurso de Carlos, que ele confere credibilidade ao texto pelo fato de ser escrito por cientistas e, de acordo com suas palavras, o texto não ter erros, ou ter menos erros do que um texto resumido ou escrito por jornalistas. Carlos destaca alguns aspectos linguísticos, que para ele parecem ser importantes em um texto destinado à divulgação de uma teoria, para um público não especializado. Isso pode ser comprovado pelo uso das seguintes expressões “*linguagem de fácil acesso*”, “*não contendo as fórmulas e equações*”, “*contexto sociocultural em que surgiu*”. Estas expressões parecem indicar possíveis sentidos atribuídos aos textos de Landau e Rumer (1963) e Einstein e Infeld (1998).

Após, debatemos sobre a existência de diferenças entre os diversos textos trabalhados na disciplina. A pergunta realizada aos estudantes foi: a leitura do texto “A evolução da Física” de autoria de Einstein e Infeld difere dos demais textos trabalhados nesta aula e, em especial, daquele escrito por Landau e Rumer “O que é a teoria da relatividade”? Em caso positivo, em que aspectos eles diferem segundo suas interpretações? Novamente solicitamos que os estudantes registrassem suas respostas. A produção de Carlos para a pergunta do pesquisador é reproduzida a seguir.

Para um aluno de ensino médio o texto de Landau contém mais “desenhos” e menos gráficos, com uma linguagem mais simples e acessível, ilustrações bem colocadas, além de um toque de humor. Enquanto a obra de Einstein e Infeld

trata mais detalhadamente com uma abordagem mais epistemológica e linguagem sóbria a teoria da Relatividade, a obra de Landau e Rumer trata de maneira mais superficial, com muitas imagens e linguagem simples. Além disto, o próprio ponto de partida dos dois tratamentos são diferentes, sendo que a obra de Einstein leva em conta a invariância das equações de Maxwell frente às transformações de Lorentz, enquanto Landau/Rumer não menciona isto.

O uso das palavras “desenho”, “menos gráficos”, “*linguagem mais simples e acessível*”, “*ilustrações bem colocadas*”, “*toque de humor*”, parece indicar, no discurso de Carlos, certo destaque conferido a estas características e que, no seu entendimento, são mais apropriadas a um texto destinado a alunos do Ensino Médio, ou que contribuiriam para ensinar relatividade, caso o texto fosse utilizado com alunos deste nível básico. Orlandi (2010) expõe que

Quando o sujeito fala, ele está em plena atividade de interpretação, ele está atribuindo sentido às suas próprias palavras em condições específicas. Mas ele o faz como se o sentido estivesse nas palavras - e não na inscrição das palavras em formações discursivas - apagando-se assim suas condições de produção, desaparecendo o modo pelo qual a exterioridade o constitui. Em suma, a interpretação aparece para o sujeito como transparência, como o sentido lá. (p.25).

Neste sentido, podemos dizer que Carlos interpreta a obra “O que é a teoria da relatividade?”, atribuindo sentido às próprias palavras, ao dar destaque a determinadas características linguísticas presentes nela. Por outro lado, as características destacadas por Carlos aparecem como transparentes, ou seja, o estudante supõe que elas seriam plenamente compreendidas pelos alunos, uma vez que para ele elas o foram.

Em continuidade, na sétima aula, discutimos o livro “Relatividade para todos”, de autoria de James A. Coleman. Como relatado anteriormente, esse livro foi escolhido por conter um conjunto significativo de imagens. Utilizamos o mesmo procedimento de aulas anteriores. Assim, inicialmente, perguntamos aos estudantes se as imagens ajudaram a compreender o que o autor desejava explicar e, em que medida, ou seja, questionamos que contribuições as imagens utilizadas pelo autor trouxeram, para a leitura e compreensão da relatividade restrita e quais imagens destacariam como significativas entre aquelas utilizadas pelo autor? As respostas foram registradas em produções escritas entregues ao professor-pesquisador no final da aula.

Reproduzimos, a seguir, as respostas de Carlos, juntamente com as imagens escolhidas e justificativas.

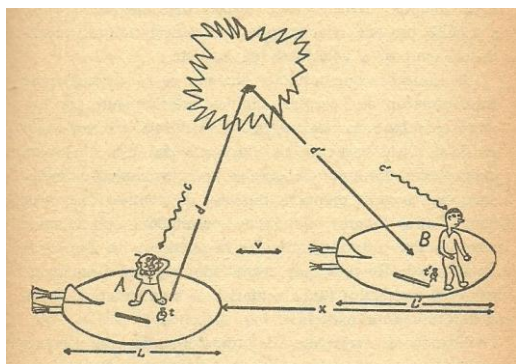


Figura 9 – Primeira imagem destacada por Carlos no texto de Coleman

Sim. Na realidade, sem a leitura textual, as imagens não podem ser completamente entendidas e apreciadas, por exemplo, a figura da página 121. Ela não é fácil de entender, é necessária a leitura, isso ocorre com todas as imagens praticamente.

Rego e Gouvêa (2010) amparam-se em Bachelard (2005) para inferirem que “as imagens presentes em materiais didáticos para o ensino de Ciências apresentam particularidades relacionadas à finalidade de estabelecer conceitos científicos que, geralmente, diferem dos que os estudantes adquirem de sua experiência cotidiana com os fenômenos e objetos ao redor” (p.3). Ainda, para as autoras

[...] faz-se necessário trabalhar com imagens que possuem alto grau de abstração e, conseqüentemente, pouca semelhança com a realidade conhecida por eles, mas que ajudem na construção de modelos que expliquem aspectos ou fenômenos da natureza, que possam ser generalizados e sirvam para uma aplicação tecnológica. A imagem ao perder em analogia e ganhar em abstração, admite funções de símbolos, em que são necessárias apropriações de convenções culturais elaboradas para o reconhecimento dos elementos que a compõem. (p.3).

Neste sentido, podemos dizer que a primeira imagem mencionada por Carlos, acima reproduzida, possui alto grau de abstração, uma vez que para ele “sem a leitura textual, as imagens não podem ser completamente entendidas e apreciadas”. Ainda, para ele “Ela não é fácil de entender, é necessária a leitura, isso ocorre com todas as imagens praticamente”.

Tal como argumenta Rego e Gouvêa (2010), hoje, admite-se que, ambos, texto e imagem, exercem seu papel na leitura da mensagem que se quer transmitir, seja no entendimento do significado literal da mensagem e/ou na compreensão de sentidos para os quais o autor pretende dirigir o leitor. Neste sentido, estas autoras citam Schollhammer (2007) para o qual:

A tradicional complementaridade entre palavra e imagem é hoje percebida com base na distinção das respectivas qualidades e deficiências de um e de outro meio de expressão. Às vezes a imagem é designada para ‘ilustrar’ a palavra, isto é, iluminar algo que se presume ‘obscuro’ no sentido imanente da palavra. Em outros casos, a palavra determina o sentido da imagem contra o poder sedutor da representação imediata. (SCHOLLHAMMER, 2007 apud REGO e GOUVÊA, 2010, p.10)

Notamos no discurso de Carlos que a atribuição de sentidos deu-se pela leitura texto/imagens. As outras imagens destacadas por Carlos são reproduzidas abaixo.

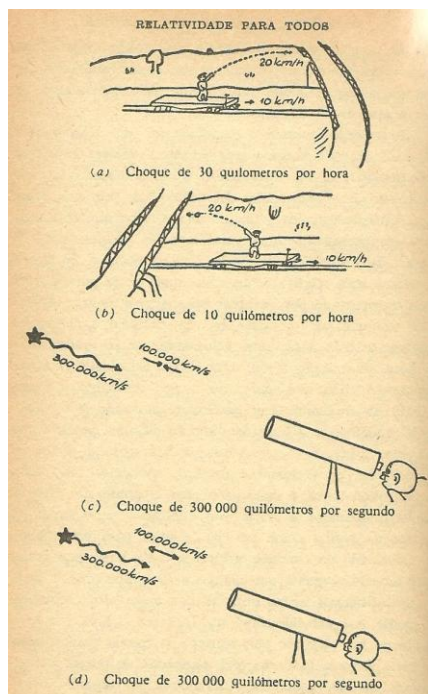


Figura 10 - Segunda imagem destacada por Carlos no texto de Coleman

As imagens mostram experimentos sobre a teoria galileana e a teoria da relatividade, mostra a diferença entre elas. São imagens completas e fáceis de entender. O texto toma forma com as imagens simples.

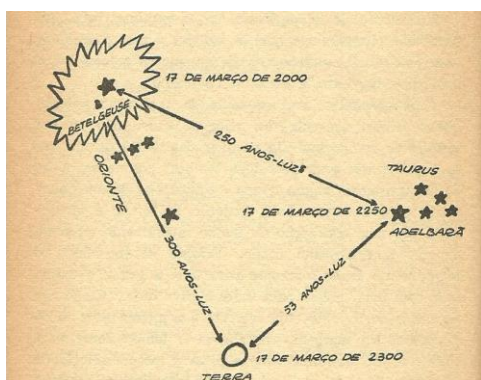


Figura 11 – Terceira imagem destacada por Carlos no texto de Coleman

Essa outra imagem ilustra mais um experimento. Também a achei bastante útil pois esclarece a ideia do texto sobre o tempo ser distinto para vários observadores.

No que diz respeito a segunda e a terceira imagem, talvez para Carlos elas tenham se mostrado menos abstratas do que a primeira, uma vez que em seus discursos ele pronunciou “*São imagens completas e fáceis de entender. O texto toma forma com as imagens simples*” e, ainda, “[...] *bastante útil pois esclarece a ideia do texto [...]*”.

O uso da expressão “*O texto toma forma*” parece indicar que as imagens cumpriram um determinado papel nas explicações textuais realizadas pelo autor, ao menos na diferenciação entre a teoria galileana e a teoria da relatividade, bem como na explicação “[...] *sobre o tempo ser distinto para vários observadores*”.

A penúltima aula foi destinada para a primeira avaliação da disciplina, enquanto que a última foi reservada para a apresentação e entrega do episódio de ensino enfocando “*Algumas Raízes e Consequências da Relatividade*”.

✓ O episódio de ensino de Carlos

Neste momento, estamos interessados em compreender de que maneira os estudantes se apropriaram das condições de produção da disciplina na elaboração de seus episódios para o ensino da relatividade restrita e, quais condições de produção foram apropriadas. Lembremos que, segundo Orlandi (2010)

As condições de produção incluem pois os sujeitos e a situação. A situação, por sua vez, pode ser pensada em seu sentido estrito e em sentido lato. Em sentido estrito ela compreende as circunstâncias da enunciação, o aqui e o agora do dizer, o contexto imediato. No sentido lato, a situação compreende o contexto sócio-histórico, ideológico, mais amplo.

Passamos a relatar o produto final de Carlos, ou seja, o seu episódio de ensino. Na introdução Carlos escreve

Me apoiarei em algumas abordagens como história da ciência; uso de textos de divulgação científica e experimentação em sala de aula. Dentre os recursos didáticos destaco o uso de quadros, leitura de imagens e animações, atividades corporais para ilustrar experiências de pensamento e experimentos a serem realizados em sala de aula. Por fim, proponho como avaliação uma série de questões, que envolvem por exemplo análises de tirinhas de humor que fazem alguma menção ao assunto abordado, a intenção é observar se os alunos conseguem interpretar as questões a partir do que lhes foi passado em aula e principalmente explorar o lado lúdico desses recursos, com seu caráter motivacional.

Em seu discurso, notamos forte presença da posição inicial de Carlos, já manifestada nas primeiras produções, em especial, no questionário inicial. Carlos afirma que irá se apoiar em três abordagens: histórica, linguística (uso de textos de divulgação científica) e experimental. Vejamos, então, como o estudante faz uso destas abordagens em sua produção.

Ao apresentar a síntese de seu episódio, o estudante expõe que ele será dividido em 8 aulas. No que diz respeito a abordagem história, Carlos argumenta

A abordagem história da ciência será usada principalmente para introduzir o assunto, além de despertar para um pensamento crítico a respeito da ciência, mostrar aos alunos que o conhecimento humano é construído por diversas pessoas, dando uma ideia de como ocorre o desenvolvimento científico; também tenho como intenção, com essa abordagem, mostrar como surgem e se desenvolvem alguns conceitos e postulados.

Notamos, mediante a leitura do episódio e da argumentação reproduzida, que as condições de produção da disciplina não exerceram influência exclusiva na construção do estudante, ao menos no que se refere a abordagem histórica, uma vez que ele se utiliza, explicitamente, de outra produção, presente na literatura da área, para construir sua proposta. Carlos faz uso da produção intitulada “Relatividade no Ensino Médio: Uma Experiência com Motivação na História”. Em particular, o estudante faz uso de um trecho da produção de Mors e Wolff (2006), no qual estes autores expõem:

A abordagem histórica do texto dos alunos propiciou-lhes a construção de um conhecimento mais crítico e abrangente da evolução científica. Contribuiu para desmistificar a imagem do cientista como gênio, que de forma individual descobre toda a teoria, omitindo o papel da comunidade científica na construção das teorias. (p.20).

A comparação dos trechos, reproduzidos acima, permite constatar que o episódio de ensino de Carlos foi fortemente influenciado pela produção de Mors e Wolff (2006). Este aspecto é de certa maneira relevante pois mostra que o estudante extrapolou as condições de produção da disciplina amparando-se em outras produções da área, ou seja, indo além daquelas discutidas na disciplina. Na sequência Carlos expõe:

A intenção é apresentar aos alunos os cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da Relatividade Especial, bem como o contexto do período em que a teoria foi construída; mostrando que Einstein, se apoiou no trabalho de outros

pensadores para desenvolver seu trabalho (1 aula). Além disso, também busca-se que os alunos compreendam o princípio da relatividade e sua importância na construção da teoria da relatividade e toda questão histórica em torno desse princípio (2 aulas); a questão da constância da velocidade da luz em relação a qualquer referencial, bem como uma breve apresentação de todo debate histórico em torno desse assunto (1 aula); e a relatividade dos conceitos de espaço e tempo segundo a teoria de Einstein, ilustradas por uma breve demonstração das transformações de Lorentz (2 aulas).

Pensando em uma formação crítica, também proponho uma análise do impacto que a Teoria da Relatividade trouxe para a sociedade que contemplou seu surgimento, além mostrar como ela está presente em nossas vidas atualmente, mostrando as áreas tecnológicas em que essa teoria é de fundamental importância, despertando uma reflexão a respeito da tecnologia na vida do homem (2 aulas).

Na produção de Carlos, verificamos, novamente, forte presença de aspectos contemplados na produção de Mors e Wolff (2006). Esses autores, por exemplo, mencionam que o texto por eles produzido, destinado aos alunos, *“possui uma abordagem histórica e conceitual sobre a evolução do pensamento da humanidade até a construção da TRE, contemplando os principais fatos históricos, desde Aristóteles até as conclusões de Albert Einstein”*. Esse trecho pode ser comparado ao exposto por Carlos, na síntese de seu episódio, quando ele escreve: *“A intenção é apresentar aos alunos os cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da Relatividade Especial, bem como o contexto do período em que a teoria foi construída; mostrando que Einstein, se apoiou no trabalho de outros pensadores para desenvolver seu trabalho”*. Uma justificativa para o estudante se apoiar em outras condições de produção é a falta de um texto que aborde o ensino da Relatividade Restrita, por meio de uma abordagem histórica, no cronograma da disciplina.

Se na abordagem histórica as condições de produção não exerceram forte influência no episódio de ensino do estudante, não podemos falar o mesmo no que se refere a abordagem linguística e experimental. No que diz respeito à leitura de textos de divulgação científica, o estudante justifica o seu uso uma vez que

[...] pode servir como uma forma de leitura em ciência considerando que essa leitura está aberta a diversas interpretações a partir dos alunos, com isso pode-se gerar o debate entre os alunos, promovendo assim uma construção do conhecimento entre os próprios alunos. Dessa forma ressalta-se a importância do uso do texto de divulgação, bem como a postura diante deste texto, daí a importância da instrução do professor a respeito das leituras.

Percebemos que Carlos se apropriou das condições de produção da disciplina ao se apoiar na leitura de Almeida (2004), reproduzindo em seu episódio uma citação dessa autora, reproduzida a seguir.

A maioria dos alunos lê um texto de divulgação científica como se fosse um manual didático, quando ele está acompanhado de questões como: O que é? Como você entende? E outras semelhantes. O efeito não é o mesmo se as perguntas forem do tipo: O que mais você gostaria de saber sobre esse assunto? Você concorda ou discorda do autor? [...] Trabalhadas com um texto de divulgação, um texto que se aproxime do texto científico, diferente deste no grau de abstração da linguagem, mas que mantenha um certo grau de aprofundamento, quanto aos processos de produção dos saberes divulgados, essas questões podem se constituir numa ponte para um diálogo do aluno com o conhecimento científico. (ALMEIDA, 2004, p.67).

Em relação à leitura, o estudante propõe num primeiro momento a leitura de um texto, intitulado “Einstein no cotidiano”, publicado na revista Scientific American (ver anexo 3), o qual aborda a influência das teorias de Einstein em aparelhos movidos a energia solar, unidades GPS, câmeras digitais e lasers em DVDs, canetas para apresentação e brinquedos. Talvez a escolha deste texto esteja relacionada pela preocupação de Carlos relacionar as ideias de Einstein ao cotidiano dos alunos, como mencionado por ele em vários trechos de seus discursos, já reproduzidos anteriormente como, por exemplo, ao pronunciar que

[...] o texto tem que ser atraente e mostrar a importância do assunto na vida das pessoas”

“Pensando em uma formação crítica, também proponho uma análise do impacto que a Teoria da Relatividade trouxe para a sociedade que contemplou seu surgimento, além mostrar como ela está presente em nossas vidas atualmente, mostrando as áreas tecnológicas em que essa teoria é de fundamental importância, despertando uma reflexão a respeito da tecnologia na vida do homem (2 aulas).

Segundo o discurso de Carlos, a intenção com o texto é propiciar a formação crítica e, para ele, a leitura de textos poderia ser uma oportunidade para isso. No que tange a abordagem experimental, Carlos justifica o seu uso argumentando que:

O uso de experimento em sala de aula é tomado, no sentido de experimentar, ou seja, experimentar o movimento, observar a queda dos corpos, etc. O objetivo não é uma observação sistemática, com subsequente coleta e tratamento de dados, mas sim experimentar o que se fala como, por exemplo, podemos citar a experiência de

Karam et al. (2007) em que desenvolvem um episódio de ensino onde discutem a relatividade valendo-se de experimentos reais e mentais, procurando sempre questionar os alunos. Também podemos citar a trabalho de Barreto (2001), que descreve um episódio de ensino em que os alunos participam ativamente, construindo o conhecimento.

Na abordagem experimental, Carlos apropriou-se das condições de produção da disciplina uma vez que faz uso de atividades relatadas no artigo de Karam et al. (2007). Especificamente, as atividades utilizadas são aquelas nas quais os autores utilizam-se de experimentos reais e mentais para o ensino das relatividades. Os autores e, conseqüentemente, Carlos utilizam a situação de um caminhão (com uma grande caçamba) que se desloca com velocidade constante de 10 m/s em uma estrada retilínea e plana. Em cima deste caminhão, está uma pessoa e uma caixa, fora dele uma outra pessoa o observa. Os autores questionam os alunos sobre as noções de movimento e repouso absolutos e sobre a necessidade do estabelecimento de um referencial.

Em continuidade, com o objetivo de promover um conflito cognitivo, os autores relatam a realização de uma experiência análoga à situação proposta anteriormente, abandonando um pedaço de papel molhado de um skate em movimento. Na sequência, utiliza-se outras experiências feitas no interior de aviões.

Em seu episódio, Carlos não explicita o entendimento sobre atividade experimental. Vale lembrar que Alves Filho (2000), em sua tese de doutoramento, intitulada “Atividades experimentais: do método à prática construtivista”, argumentava que

A experiência está fortemente ligada ao cotidiano do ser humano, às suas interações mais livres e mais descomprometidas formalmente com o seu entorno socioambiental. Por outro lado vê-se que a experimentação está mais ligada ao homem investigador, aquele que busca organizar seus pensamentos na construção de elementos que lhe forneçam respostas sobre as coisas que o rodeiam e sobre si mesmo. A experiência é um fazer mais livre, um proceder fortemente guiado pela intuição no especular das coisas. A experimentação é um fazer elaborado, construído, negociado historicamente, que possibilita através de processos internos próprios estabelecer “verdades científicas. (p. 150)

Alves Filho (2000) mostra que a experiência é um atributo inerente do ser humano e responde por suas interações com o meio ambiente. Para ele, a experiência é elemento presente na composição das experiências pessoais do ser humano, assim como se constitui em fonte de dados para a elaboração do senso comum. O autor apresenta a experimentação

como uma atividade historicamente construída pelos investigadores para uso exclusivo na construção do conhecimento científico. Segundo ele, tanto a experiência como a experimentação, são objetos/ferramentas utilizadas para construir conhecimentos (senso comum ou científico). Conhecimentos diferentes na estrutura e na validade, que se constituem a partir de motivações e de critérios diferentes, mas que possuem pontos de intersecção comuns manifestados nos processos de produção individuais (ALVES FILHO, 2000, p 152).

Ao final de seu episódio, Carlos manifesta cuidado com a avaliação da aprendizagem. Para tanto, o estudante expõe

Os alunos são avaliados a medida que os conceitos são discutidos, com a intenção de acompanhar o envolvimento dos alunos e observar o entendimento a respeito dos conceitos. Para isso, faço uso de exercícios e produção de pequenos textos em que os alunos expressaram o que entenderam a respeito dos conteúdos. Por fim, farei a análise de tirinhas de humor (ver anexo 1) e alguns trechos ou reportagens de livros e revistas tratando a relatividade, como por exemplo “O que é a teoria relatividade” de Rumer e Landau, esperando-se uma análise crítica dos alunos, identificando elementos importantes nas leituras e até mesmo possíveis erros conceituais.

O uso de tiras/HQs aparece frequentemente nos discursos do estudante, ao longo de suas produções, e tiveram espaço reservado em seu episódio de ensino. Lembremos de alguns discursos de Carlos. No questionário inicial, o estudante mencionou ser “[...] *comum observar jornais que trazem tiras, charges e quadrinhos a respeito de cientistas ou conceitos da ciência*”. No momento da escolha de imagens que utilizaria para ensinar relatividade (atividade realizada na terceira aula), Carlos também seleciona uma HQ justificando sua escolha pelo fato de ser “[...] *uma maneira bem viável de começar o assunto de relatividade no ensino médio, visto que a curiosidade dos alunos seria aguçada pelo humor, e o conceito de relatividade seria menos complicado de ser passado, já que é uma área da física bem difícil de ser compreendida pela maioria das pessoas*”.

Talvez, no imaginário de Carlos os quadrinhos constituem uma ferramenta mais atraente que o livro didático, por articular imagens e palavras, e que pode levar os alunos a outras formas de leitura. Em seu episódio, o estudante retoma o uso de uma imagem/HQ escolhida na terceira aula. As tiras usadas por Carlos em seu episódio são reproduzidas no quadro 6.

A finalidade do uso desta histórias em quadrinhos é apresentada pelo estudante em seu episódio. Segundo ele

[...] tendo em mente os conceitos já apresentados, argumentaremos a respeito da questão do tempo relativo, argumentando a partir das transformações de Lorentz, mostrando como o tempo torna-se um conceito relativo.

A argumentação, a respeito do tempo relativo, seria completada com a leitura de outra HQ, reproduzida na parte inferior do quadro 6. Talvez Carlos tenha dado ênfase ao uso de HQ, as quais articulam imagens e palavras, por influência das condições de produção da disciplina, especificamente aquelas trabalhadas na 3a e 4a aulas, as quais discutem o uso de imagens no ensino de ciências/física.

As Histórias em Quadrinhos (HQs) podem ser consideradas como um meio de comunicação em que imagens e palavras se unem para constituir uma narrativa. Diferentemente de outras mídias, que usam elementos orais e não orais, as HQs somente podem ser entendidas como um conjunto único, uma vez que ao separarmos as palavras e as imagens elas se tornam-se incompletas.

Nos últimos anos surgiram algumas pesquisas que apresentaram a possibilidade do uso de tiras em quadrinho/tirinhas de humor/charges para o ensino de conceitos físicos (CARUSO e FREITAS, 2009; PENA, 2006; TESTONI e ABIB, 2005; TESTONI, 2004). O ensino por meio desse recurso ocorre mediante a leitura que visa à aprendizagem, em geral, via efeito humorístico.

A tendência de uso desse tipo de recurso ganhou destaque inclusive em muitos livros didáticos que passaram a incluir em suas páginas a análise de pressupostos e implícitos presentes na fala de personagens como, por exemplo, aquelas utilizadas por Carlos. Além disso, tornaram-se frequentes em questões de provas de exames vestibulares.

Diferente dos textos narrativos que descrevem o espaço de forma descritiva, as tiras descrevem o contexto da ação e da realização da fala por meio de ilustrações. As imagens atuam como marcas que ajudam a significar o texto verbal (SILVA, 2008).

A avaliação do potencial desse recurso para a aprendizagem ainda é incipiente. No entanto, os resultados encontrados até o momento mostram que atrás da brincadeira e das risadas que são transmitidas pelas mensagens, contidas nas tiras, há uma informação e que

esta permanece na estrutura cognitiva dos alunos. Entre as vantagens do uso de tiras encontram-se: a) motivam o aluno a estudar Física e aumentam o interesse deles pela Ciência; b) auxiliam o professor a incentivar os alunos para discutir Ciência em sala de aula.

Como exposto por Carlos em sua penúltima fala, ao final de sua produção o estudante faz uso de “[...] *alguns trechos ou reportagens de livros e revistas tratando a relatividade, como por exemplo “O que é a teoria relatividade” de Rumer e Landau, esperando-se uma análise crítica dos alunos, identificando elementos importantes nas leituras e até mesmo possíveis erros conceituais*”. Percebemos nesta fala, e em seu episódio, influência das condições de produção da disciplina, uma vez que o texto elaborado por Landau e Rumer (1963) foi discutido em nossas aulas. No entanto, Carlos não relata como seria essa utilização ou leitura por parte dos alunos. Ele apenas relata como ação do aluno a análise crítica desse texto, a identificação de elementos importantes e de possíveis erros conceituais.

Com a descrição do episódio de ensino de Carlos, encerramos as interpretações deste estudante e passamos para a descrição das interpretações do aluno Gustavo.

4.2.2 As interpretações do estudante Gustavo

Ao iniciarmos a apresentação das interpretações dos estudantes, logo no início da seção 4.2.1, amparados em Orlandi (2006), explicitamos que a interpretação, na perspectiva discursiva, está presente em toda e qualquer manifestação da linguagem, sendo que interpretar é atribuir sentidos. No entanto, cabe ressaltar que

A análise de discurso não pretende se instituir como especialista da interpretação, dominando ‘o’ sentido dos textos; apenas pretende construir procedimentos que exponham o olhar-leitor a níveis opacos à ação estratégica de um sujeito [...]. O desafio crucial é o de construir interpretações, sem jamais neutralizá-las, seja através de uma minúcia qualquer de um discurso sobre o discurso, seja no espaço lógico estabilizado com pretensão universal. (PÊCHEUX *apud* MAINGUENEAU, 2005, p.11)

Neste sentido, a tarefa do analista do discurso, na perspectiva de Zuccolillo (2000), é

[...] tentar reconstituir, a partir dos enunciados dos sujeitos concretos em situações empíricas, esses mecanismos, esse jogo de relações, essa rede de filiações

simbólicas no interior da qual tais enunciados se constituem e significam, num processo que é apagado pelo funcionamento da ideologia [...]. (p. 185)

Perante isso, buscamos compreender alguns dos mecanismos de processos ideológicos que durante as atividades desenvolvidas geraram sentidos atribuídos à relatividade restrita incluindo as imagens. Assim, passamos a compreender os sentidos produzidos pelo segundo estudante escolhido.

No questionário inicial perguntamos: o que você pensa sobre ensinar Relatividade no Ensino Médio? Justifique o porquê e se achar que esse conteúdo deve ser ensinado, sugira formas de inseri-lo. Para essa pergunta Gustavo respondeu:

Acho uma ideia interessante, já que a maioria dos aparatos tecnológicos usa conceitos desta teoria, como aparelhos de navegação por exemplo. A meu ver, sua inserção deve se pautar em um ensino mais qualitativo de sua teoria. Porém, como todos os conteúdos anteriores são baseados em fórmulas e exercícios em grande parte, esta tarefa de inserção não se mostra simples. Talvez algo linear ao longo de seu desenvolvimento, usando a história da física seja um caminho interessante.

Gustavo justifica o ensino da relatividade pelo fato dessa teoria explicar o funcionamento de muitos aparatos tecnológicos. A leitura de sua resposta permite constatar que para ele a “*tarefa de inserção não se mostra simples*” e deve “*se pautar em um ensino mais qualitativo*”, em detrimento de um ensino quantitativo, baseado em fórmulas e exercícios. Para Gustavo uma possibilidade de se ensinar é por meio da “história da física”. Ao fazer referência a esta abordagem, fica evidente, em seu discurso, vestígios de sua ideologia, construída possivelmente a partir de suas incursões no campo histórico e filosófico da ciência.

No questionário inicial, perguntamos também: na sua opinião que características deve ter um texto de divulgação científica? Você costuma ler textos desse tipo? Ao mencionar as características que um texto de divulgação científica deveria possuir, Gustavo destaca:

Principalmente uma linguagem menos formal, do ponto de vista daquela encontrada nos livros técnicos da área, e mais acessível ao público de maneira geral.

O estudante explicita, ainda, a importância desse tipo de produção não conter erros conceituais e isso, para ele, só seria possível com a participação de cientistas no processo de construção/escrita destes textos, como podemos observar em seu discurso, reproduzido a seguir. No imaginário deste estudante, a participação do cientista é que confere qualidade conceitual ao texto.

Porém, é importante que profissionais da área (cientistas) estejam ligados diretamente em sua produção, para que não encontremos erros de física básica como vemos em revistas de mais circulação.

No que diz respeito ao hábito de leitura de textos de divulgação, ela é realizada “*com interesse de informação pessoal primeiramente*” e, em alguns casos, para “procurar algo que possa ser utilizado em sala de aula”. Grigoletto (2005) menciona que:

O sujeito da AD não é o indivíduo, sujeito empírico, mas o sujeito do discurso, que carrega consigo marcas do social, do ideológico, do histórico e tem a ilusão de ser a fonte do sentido. A teoria do discurso trabalha a ilusão do sujeito como origem, através dos processos discursivos, mostrando que linguagem e sentido não são transparentes (GRIGOLETTO, 2005).

Ao exteriorizar a possibilidade do ensino da relatividade “[...] *usando a história da física*” e a leitura de textos de divulgação com o objetivo de “[...] *procurar algo que possa ser utilizado em sala de aula*”, Gustavo deixa explícito de que posição ideológica ele fala, a de um sujeito do discurso com formação no campo histórico e filosófico da ciência e da posição de professor da escola básica, como constatamos no questionário inicial. Grigoletto (2005) esclarece que:

[...] toda a discussão acerca da noção de sujeito, na teoria do discurso, vai considerar o sócio-histórico e o ideológico como elementos constitutivos dessa noção. Portanto, o lugar que o sujeito ocupa na sociedade é determinante do/no seu dizer. No entanto, ao se identificar com determinados saberes, o sujeito se inscreve em uma formação discursiva e passa a ocupar, não mais o lugar de sujeito empírico, mas sim o de sujeito do discurso (p.4).

Neste sentido, o sujeito fala de uma determinada posição social, afetada por diferentes relações de poder, e isso é materializado no seu discurso. Então, é por seu discurso que Gustavo se estabiliza numa determinada posição social. Nesse caso, é a maneira como ele expressa o seu

saber (vindo da sua formação acadêmica/história de vida) que sustenta e legitima socialmente o seu lugar de professor de física, comprometido com o processo de ensino.

No que se refere a linguagem utilizada em um texto que aborda um assunto de física, perguntamos, ainda no questionário inicial, sobre possíveis elementos constitutivos desse texto (escrita comum/coloquial, equações matemáticas, desenhos, fotografias, quadrinhos/tirinhas, charges, apoio na história, referência a cultura popular, ironia, humor, analogias e metáforas, experimentos, vínculo com o cotidiano), quais julgavam relevantes para que um leitor aprendesse física ao realizar a leitura. No dizer de Gustavo:

Em um nível básico e geral (como o ensino médio) acredito que os elementos citados que são pouco usados, poderiam ter uma importância e destaque maior no ensino de física. Primeira justificativa que encontro para isso é que a maioria dos estudantes desta disciplina não vão se formar cientistas ou seguir carreira tecnológica. Então porque estuda-la? Através dos elementos citados aproxima-se a física como algo importante para o desenvolvimento de um saber cultural e fenomenológico da natureza ao seu redor.

Nesta fala, destacamos a preocupação de Gustavo em apresentar “[...] *a física como algo importante para o desenvolvimento de um saber cultural e fenomenológico da natureza ao seu redor*”, ou seja, ao redor do aluno, e para ele os elementos citados podem contribuir para tanto, no caso particular do ensino da relatividade restrita.

Adentrando no nosso objeto de estudo, estávamos interessados em conhecer a posição inicial de Gustavo sobre o funcionamento de imagens enquanto recurso para o ensino de física. A pergunta realizada a Gustavo, no questionário inicial, foi: como você considera que funcionam as imagens/ilustrações/figuras enquanto recursos de ensino e como elas deveriam funcionar no caso específico de conteúdos de física? Justifique sua resposta e, se possível, dê exemplos. Para esta pergunta o estudante respondeu

Elas são importantes para se criar modelos de algo que a física estuda mas não têm “contato” na prática devido suas dimensões, como partículas em níveis atômicos ou até mesmo o sofisticado conceito de campo. Imagens são então importantes neste ponto de a abstração ser um pouco mais facilitada.

O uso do verbo “criar” e da expressão “*a abstração ser um pouco mais facilitada*” pode indicar um possível funcionamento atribuído por Gustavo às imagens. O estudante confere importância às imagens, no caso específico de conteúdos considerados por ele como

abstratos como, por exemplo, partículas e campos. No entanto, Gustavo silencia o fato das imagens necessitarem de interpretação para a sua compreensão. Ele não vislumbra a possibilidade de imagens utilizadas para o ensino de partículas e campos poderem ter alto grau de abstração. Podemos pensar que para esse estudante, ao iniciar a disciplina, as imagens são assumidas como transparentes.

No início do segundo encontro, perguntamos em sala de aula, se os estudantes já haviam estudado relatividade, em qual disciplina e como era realizado o ensino desse tópico curricular. Gustavo respondeu:

Já estudei relatividade em dois cursos, Física IV (F428) – disciplina básica que introduziu os conceitos, transformações e equações da teoria – e Estrutura da Matéria I (F589) – onde o corpo teórico da relatividade restrita foi apresentado de forma mais rigorosa matematicamente, com demonstrações, e também com resolução de alguns problemas de maneira formal (como o paradoxo dos gêmeos) e não mais com apenas aplicações das equações em exercício, como foi em F428.

Basicamente as informações prestadas por Gustavo são semelhantes às daquelas de Carlos, um ensino baseado na linguagem matemática, com resolução de exercícios, típico da maioria dos cursos de graduação em física.

Ao final da segunda aula, após discutirmos os textos de Renn (2004) e Karam *et al.* (2007), solicitamos a Gustavo, assim como aos outros estudantes, que escolhesse ao menos três imagens que utilizaria para explicar assuntos/conceitos de relatividade restrita. Relembrando que a questão formulada foi: Se você fosse utilizar uma imagem para ensinar um assunto/conceito de relatividade restrita, qual imagem você escolheria/selecionaria? Justifique sua escolha e exponha os critérios que utilizou para a seleção.

As imagens escolhidas por Gustavo são reproduzidas nas figuras 12, 13 e 14.



Figura 12 – Primeira imagem escolhida por Gustavo

Esta imagem é importante para se falar de relatividade pois provavelmente sem ele a relatividade teria levado mais tempo para ser publicada. Conhecer Einstein e um pouco de sua história é bom para um enriquecimento cultural quando se estuda relatividade pois saber apenas como funciona sem saber como surgiu é algo pobre no caráter de conhecimento.

Essa primeira imagem escolhida por Gustavo já foi apresentada na seção 4.1, especificamente na página 90 e, por isso, passamos a comentar a sua segunda escolha. A segunda imagem escolhida por Gustavo é reproduzida na figura 12.

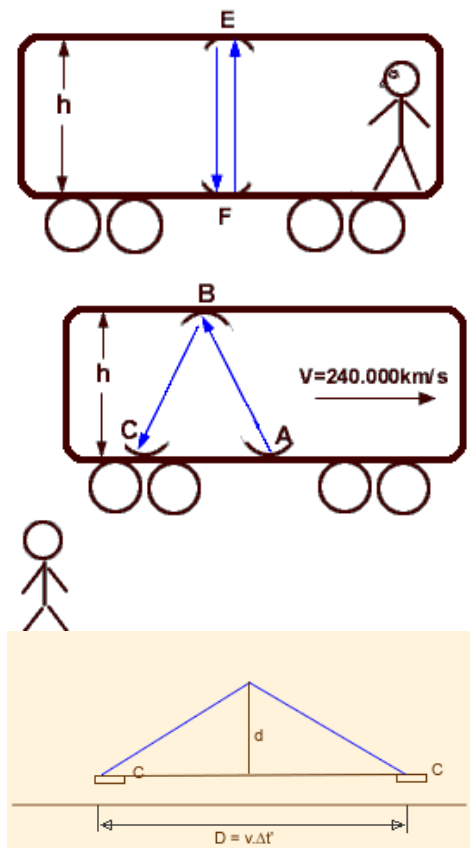


Figura 13 – Conjunto de imagens escolhido por Carlos

O melhor exemplo para explicar a dilatação do tempo com certeza é o experimento mental do trem em alta velocidade que possui um espelho acoplado ao teto e dispara um feixe de luz para cima que é refletido e retorna ao local em que foi disparado. A primeira imagem mostra a trajetória do feixe vista pelo passageiro do trem, que claramente contrasta com a segunda imagem que mostra a trajetória do feixe vista pelo observador parado na estação. A partir das imagens e baseando-se nos postulados da teoria da relatividade restrita é fácil demonstrar, utilizando a matemática elementar do Ensino Médio, que os dois observadores medirão tempos diferentes para o mesmo evento observado. Isso permite explicar uma das consequências fundamentais da teoria da relatividade: a de que o tempo não é absoluto em referenciais inerciais diferentes e que ocorre uma dilatação temporal, ou seja, o tempo passa mais lentamente para o observador em movimento. Através de complementações teóricas em torno do problema, o professor permite ao aluno um entendimento que eventos simultâneos em um dado referencial inercial não será necessariamente simultâneos em outro.

Mais uma vez encontramos, no discurso de um estudante, alusão à imagem do triângulo isósceles. Para Gustavo, o experimento mental do trem em alta velocidade é “*o melhor exemplo para explicar a dilatação do tempo*”. O discurso de Gustavo parece indicar que as imagens, neste caso, funcionariam como facilitadoras para demonstrar que dois observadores medirão tempos diferentes para o mesmo evento observado, uma vez que utilizariam uma “*matemática elementar do Ensino Médio*”. Talvez a escolha recorrente dos estudantes a esta imagem seja a falta de outro exemplo em suas memórias discursivas. Também é preciso considerar que, provavelmente, estas imagens contribuíram para que Gustavo compreendesse a questão do tempo na Relatividade, em determinadas condições de produção. Dai ele extrapolar para os alunos de Ensino Médio. Estes, entretanto, têm outras histórias de vida.

As evidências que possuímos nos permitem pensar as imagens, ao menos para o caso daquela do triângulo isósceles, como um operador de memória social, usando as palavras de Davallon (2007). Para esse autor, a imagem é um operador de simbolização ou, ainda, um operador de memória social no seio de nossa cultura.

A terceira imagem escolhida por Gustavo (figura 14) é uma Litografia de M.C. Escher, intitulada “Relatividade” de 1953.

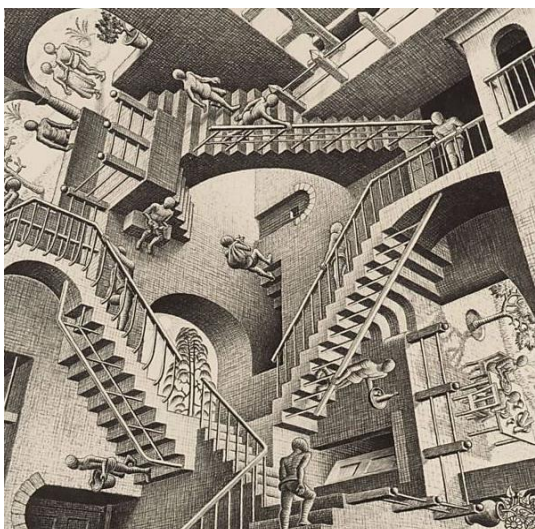


Figura 14 – “Relatividade”, M. C. Escher (1953)

Usaria também esse jogo de imagens para mostrar como as perspectivas podem mudar dependendo do observador.

Uma justificativa para a escolha de Gustavo talvez seja a influência da leitura do texto, discutido na quarta aula, intitulado “Influências da Teoria da Relatividade na Obra de Salvador Dali” de Andrade *et al.* (2005). Durante as discussões ocorridas na quarta aula, muitos estudantes posicionaram-se afirmando não ser possível ensinar relatividade por meio da leitura de obras de arte, tais como aquelas de Salvador Dali, apresentadas no artigo estudado. Gustavo, no entanto, posicionava-se a favor da utilização das obras de arte, argumentando que o uso dependia do objetivo de ensino que o professor almejava. Se o objetivo era o de uma formação cultural, em detrimento de uma formação conteudista, o uso das obras mostrava-se pertinente.

Na quarta aula, após já termos debatido na aula anterior o texto de Martins *et al.* (2005), continuamos a discussão sobre as imagens com o uso do artigo de Silva *et al.* (2006). Perguntamos oralmente, para os estudantes como funcionam as imagens nos processos de ensino e de aprendizagem? Solicitamos que a resposta fosse registrada em uma produção textual. Para Gustavo:

Muitas vezes as imagens ajudam a visualizar como ideias e conceitos se articulam entre si dentro de um todo maior, o que era antes difícil ou até mesmo impossível sem o uso das mesmas no ensino de certos conteúdos.

Na contramão desses dizeres de Gustavo, é preciso fazer uma ponderação, não restam dúvidas que as imagens ocupam um lugar de destaque na sociedade atual, o qual se amplia constantemente devido às novas tecnologias de criação de imagens mais elaboradas e disseminadas em alta velocidade. Perante isso, somos todos os dias bombardeados por um conjunto grande de imagens, seja por meio da televisão, computador, jornais e revistas, propagandas diversas, cinema, entre outras situações. Entretanto, o público consumidor recebe as imagens de maneira intuitiva, sem uma preparação criteriosa e reflexiva. Uma justificativa para isso, pode ser o fato de que as imagens ocupam papel de coadjuvantes no processo escolar, sendo, em geral, utilizadas como mera ilustração.

Esta última constatação pode ser percebida na fala de Gustavo, no momento que ele expõe discursiva “*ajudam a visualizar*”. A pergunta que resta fazer é se professores ou, no nosso caso, futuros professores, estão preparados para interpretar as imagens?

Perguntamos, também, as características que uma imagem deveria possuir, Gustavo mencionou:

Cores e formas bem definidas, assim como seus entornos, de forma, a retratar sem dúvida aquilo que se pretende; legendas ou títulos diretos e bem explicativos; rigor ao conteúdo que se pretende passar para não haver margem à conflito com a teoria envolvida naquilo que a imagem pretende explicar/ressaltar.

Enquanto nessa fala aparentemente as preocupações de Gustavo parecem se ater ao que poderia ser esperado de um livro didático, talvez, inclusive contraditoriamente com a proposta anterior dele sobre o uso de imagens de M. C. Escher. De acordo com Davallon (2007), se procurarmos o que serve de fundamento à eficácia da imagem, duas características parecem então bastante consideráveis. Em primeiro lugar o autor descreve que:

[...]uma imagem pode ser compreendida ou recebida segundo dois níveis diferentes. Cada um destes dois níveis possui regras de funcionamento que lhes são, ao menos parcialmente, próprias. [...] os códigos perceptivos mudam menos rápido que os códigos iconológicos; por isso ficamos sensíveis a composição ou representações de quadros da Renascença (ou de publicidade do início do século) de que ignoramos parcialmente a significação: a potência perceptiva perdura, enquanto as significações se perdem. Resta uma organização formal que continua a constituir um dispositivo. (p.29)

Em segundo lugar, a imagem é um operador de simbolização. [...] Entrecruzando esses dois níveis, a imagem teria assim a capacidade para integrar os elementos que a compõem em uma totalidade. É porque compreenderíamos o sentido global antes de reconhecer a significação dos elementos; e atingiríamos primeiro o efeito dessa integração; estaríamos sob o charme desse efeito formal, estético; toda imagem pareceria assim se apresentar como única origem dela mesma assim como de sua significação; e enfim, ela introduziria uma diferença de natureza, um salto qualitativo entre os componentes (os que a análise pode repertoriar) e ela mesma considerada em sua totalidade. (p.30)

A seguir, perguntamos se os estudantes consideravam que alguns assuntos de física necessitam mais a utilização de imagens. Solicitamos justificativa para a questão e, em caso positivo, quais conteúdos eles destacariam. Além disso, questionamos sobre a importância que atribuíam às imagens no caso específico do ensino de conteúdos de física. Para estas perguntas obtivemos como respostas de Gustavo:

Sim, aqueles em que a teoria recorre a conceitos mais abstratos e que não são palpáveis no dia-a-dia, como eletromagnetismo, atomística, eletricidade, relatividade, etc. Acredito que neste tipo de conteúdo as imagens desempenham papel fundamental dentro dos modelos propostos pelas teorias, já que conceitos ganham “forma e vida” pois querendo ou não a visão é o principal sentido humano para percepção do mundo ao seu redor e quando esta está presente, acaba se sobressaindo em relação aos demais sentidos.

Como já dito anteriormente, as imagens fazem com que a abstração de certos conceitos ganhem “forma e vida”, tornando mais fácil a compreensão do papel de cada parte em relação ao todo e as suas conexões dentro do modelo proposto (tudo isso considerando o uso de uma boa imagem).

O seu pronunciamento indica que as imagens são mais propícias para conteúdos considerados como abstratos e, portanto, “[...] não são palpáveis no dia-a-dia [...]”, sendo os conteúdos de eletromagnetismo, atomística e relatividade enquadrados nesta perspectiva. No imaginário do estudante, é por meio das imagens que os modelos científicos criam “forma e vida”. Dessa forma o licenciando atribui às imagens um poder que talvez elas não possam ter. É possível que uma imagem ao tentar tornar real um modelo possa inclusive diminuir a possibilidade de abstração do indivíduo.

Em continuidade à questão anterior, perguntamos: e se pensarmos no ensino de relatividade (que vocês terão que elaborar uma unidade de ensino)? Explique/Justifique sua resposta. A resposta e a justificativa de Carlos, em sua produção escrita para essa pergunta foi:

O ensino de relatividade também pede o uso de imagens, já que no dia-a-dia não presenciamos conceitos como dilatação do tempo, contração do espaço, curvatura espaço-tempo, equivalência massa-energia, etc, desempenhando seus efeitos dentro desta abstrata teoria. Porém, ela está por de trás do funcionamento de diversas tecnologias atuais (GPS, controle de navegação aérea, triangulação de sinais de rádio, telefonia móvel, etc) e, sendo assim, as imagens utilizadas em seu ensino podem ter papel decisivo na compreensão destes conceitos para toda a teoria.

Um aspecto a ser destacado é que o termo “abstrata teoria” aparece, com outros elementos constitutivo do discursos, produzindo um efeito de sentido que revela uma formação discursiva, na qual a teoria da relatividade é tida como de complexo entendimento, como percebemos no recorte acima. Perante isso, as imagens funcionariam, no discurso de Gustavo, como produtoras de melhor compreensão dos conceitos oriundos da teoria. Isso pode ser percebido inicialmente pela condição do locutor, que é um estudante de física, que

possivelmente encontrou dificuldade na compreensão da relatividade restrita, quando do seu estudo em disciplinas na formação inicial e que, ao ter várias condições para produção de significados, incluindo as imagens, construiu um imaginário no qual elas seriam facilitadoras da abstração.

Ainda na quarta aula, perguntamos como os estudantes pensavam que autores e professores deveriam usar/utilizar as imagens como recurso de ensino no caso da relatividade. Eles deveriam indicar recomendações e sugestões para o uso de imagens nesse tópico. Gustavo relatou em sua produção:

Com os recursos audiovisuais disponíveis atualmente, considero ser muito interessante o uso de imagens dinâmicas, animações, para ter vida a modelos abstratos como o eletromagnetismo e até mesmo a teoria da relatividade, de forma que as partes destas teorias se encaixem dentro de seu todo, e novas articulações dentro dos problemas estudados possam ficar mais claras e visíveis.

O estudante enfatiza o uso de imagens dinâmicas, referindo-se a animações, simulações etc. Segundo ele, essas imagens dariam vida aos modelos abstratos. Neste sentido, as imagens funcionariam, por exemplo, para o caso do eletromagnetismo e relatividade, para “[...] *que as partes destas teorias [...] possam ficar mais claras e visíveis*”. Uma leitura possível do discurso de Gustavo é a da incompletude das imagens fixas. Além disso, podemos notar dessa fala a presença em seu imaginário da importância do ensino se preocupar com a relação entre o todo e as partes, e das dificuldades nesse tipo de ensino para alguns conteúdos que ele cita. A consideração das imagens como possível solução talvez se deva a um longo aprendizado que ele próprio teve de determinadas imagens.

Estamos procurando compreender o funcionamento de imagens e a produção de sentidos na leitura da relatividade restrita por meio da interpretação e do efeito de sentido que se institui entre a imagem-texto e o interpretante.

Não faz sentido, numa abordagem discursiva, pensar a imagem circunscrita numa moldura, como um todo coerente (SOUZA, 2001). Também não faz sentido pensá-la como um “meio privilegiado das intenções comunicativas” (VILCHES, 1991). Se assim fizéssemos, estaríamos propondo uma relação biunívoca entre imagem/leitor. E corroborando o mito da transparência da imagem e da evidência do sentido icônico.

Neste sentido, Martins *et al.* (2005) questionam a “transparência” da imagem. Como mencionado anteriormente, as autoras desafiam a ideia de que as imagens comunicam de forma mais direta e objetiva do que as palavras. Assim, queríamos conhecer a posição dos estudantes quanto ao argumento apresentado pelas autoras. Perguntamos, em sala de aula, se o argumento apresentado pelas autoras poderia ser refletido para as imagens utilizadas na relatividade restrita como, por exemplo, as utilizadas por Landau e Rumer (1963) ou as trabalhadas em sala de aula? No seu registro escrito, Gustavo apontou:

Certamente, as imagens trabalhadas vem sempre complementar as ideias discutidas no texto. Imagine simplesmente apresentar uma imagem com trem/plataforma um ao lado do outro com tamanhos maiores e menores sem nenhuma explicação? Os princípios e alguns resultados da Relatividade são mais complexos que os de outras teorias mais comumente estudadas, justamente por não nos dar consequências tangíveis em nosso dia a dia. Assim, imagens das situações hipotéticas que são discutidas são sempre bem vindas, mas também acho que elas não falam por si só.

Nesse discurso, as imagens assumem o papel de complementariedade das ideias presentes no texto verbal. No entanto, o estudante menciona “ [...] *que elas não falam por si só*”. A esse respeito, Souza (2001) nos diz que:

Ao se pensar a imagem através do verbal, acaba-se por descrever, falar da imagem, dando lugar a um trabalho de segmentação da imagem em unidades discretas. A palavra fala da imagem, a descreve e traduz, mas jamais revela a sua matéria visual. Por isso mesmo, uma “imagem não vale mil palavras, ou outro número qualquer”. A palavra não pode ser moeda de troca das imagens. É a visibilidade que permite a existência, a forma material da imagem e não a sua co-relação com o verbal. (p. 69)

No entanto, a autora esclarece que a não correlação com o verbal não descarta o fato de que a imagem pode ser lida. Para ela, propriedades como a representatividade, garantida pela referencialidade, sustentam a possibilidade de leitura da imagem e reafirmam o seu status de linguagem.

Não porque, dadas essas propriedades, se diga que a imagem também informa, comunica, e sim porque - em sua especificidade - ela se constitui em texto, em discurso. E nesse ponto, sublinhamos que falar dos modos de significação implica falar também do trabalho de interpretação da imagem, procurando entender tanto como ela se constitui em discurso, quanto como ela vem sendo utilizada para sustentar discursos produzidos com textos verbais (p. 70).

Após exibirmos as interpretações de Gustavo sobre alguns aspectos concernentes às imagens, apresentamos suas interpretações quanto à leitura de textos de divulgação científica, da relatividade restrita, elaborados por cientistas.

Na quinta aula discutimos os textos de Silva (2006) e de Landau e Rumer (1963). Iniciamos o debate da obra de Landau e Rumer (1963), realizando a leitura da contracapa. Recordemos que nela consta:

Esta popularização, feita por dois grandes físicos soviéticos, tem seus méritos. A teoria da relatividade é um assunto no qual muitas tentativas têm sido realizadas, a maioria das quais falhou. As analogias engenhosas nunca satisfazem completamente; os trens, relógios, réguas e lanternas, coisas inocentes e familiares, com as quais, no começo, o leitor se sente à vontade, ficam desorientados logo que o enredo se complica. Landau e Rumer aproximam-se, mais do que os outros, do seu objetivo. As ideias são realmente as mesmas, todos os velhos apetrechos são usados. Tudo que é necessário está aqui, mesmo que para compreender as histórias daqueles viajantes espaciais que, elegantemente, mordiscam o tempo enquanto o nosso, em casa, se escora com rapidez.

Assim como aos demais alunos, solicitamos que Gustavo manifestasse sua concordância ou não com a posição assumida pelos autores e justificativa. A vídeo-gravação permitiu observar a posição assumida por Gustavo.

Concordo, pois como é dito “as ideias são as mesmas, todos os velhos apetrechos são usados”, porém de uma maneira em que o diálogo e exposições de ideias de forma mais simples permaneça. Em meu contato inicial com relatividade especial, a ideia dos relógios e réguas (no caso do texto, trens e estações) também foi abordada mas acredito que não de maneira tão simples e objetiva. Talvez meu julgamento esteja afetado pelo meu conhecimento prévio de hoje acerca da teoria, porém ainda sim julgo um texto simples e conciso em sua exposição de ideias.

Nessa fala de Gustavo já notamos uma reflexão sobre a sua própria formação. Na sequência da discussão, perguntamos: que aspectos que compõem e estão presentes no texto chamou mais a atenção de vocês durante a leitura da obra de Landau e Rumer (1963), ou seja, que aspectos utilizados pelos autores vocês destacariam como importantes? Gustavo destacou:

O que mais me chamou a atenção foi a importância inicial dada a debater a relatividade dos conceitos de espaço, velocidade, repouso, etc, ou seja, o princípio da relatividade de Galileu. A Teoria da Relatividade de Einstein recuperou a validade do princípio em uma forma ampla dentro de si. Quando do ensino da R. E. o princípio da relatividade retornado por Einstein muitas vezes fica de fora dos conteúdos. Assim, o início explicativo do texto realmente me agradou.

Diferentemente de Carlos que baseou sua argumentação em aspectos linguísticos presentes no texto como, por exemplo, a escrita do autor e os exemplos, Gustavo marca seu posicionamento a partir de um aspecto conceitual, qual seja o da importância dada no texto ao debate introdutório do princípio de Galileu. Segundo o estudante, no ensino da relatividade restrita “[...] *o princípio da relatividade retornado por Einstein muitas vezes fica de fora dos conteúdos*”. O discurso do estudante indica importância conferida a esse princípio no ensino da relatividade restrita. Talvez o princípio da relatividade não tenha sido abordado pelo professor de Gustavo, quando esse aprendeu a Teoria da Relatividade Restrita na graduação.

Solicitamos, também, que os estudantes respondessem algumas questões por escrito, na medida em que íamos debatendo algumas questões em sala de aula. A primeira foi: qual a sua posição sobre o uso de livros de divulgação científica?

A posição assumida por Gustavo, quanto ao uso de livros de divulgação científica, é apresentada a seguir.

Penso que é muito vantajoso para quem lê, pelo fato de conhecer ou aprender algum assunto ou até mesmo para conhecer aspectos históricos, pessoais e profissionais. Acredito que livros de divulgação científica podem incentivar o leitor a buscar mais conhecimento sobre um determinado assunto, além de melhorar a leitura, aprimorar a escrita, ajuda na busca de conhecimento pela ciência.

Podemos situar o discurso do estudante na perspectiva do discurso de divulgação científica, como um discurso que pode contribuir para a produção do discurso escolar da física, na medida em que, por meio dele, no imaginário de Gustavo, é possível “*conhecer/aprender assuntos*”, “*conhecer aspectos históricos, pessoais e profissionais*”, “*incentivar o leitor a buscar mais*”, “*melhorar a leitura*”, “*aprimorar a escrita*”.

A possibilidade do discurso de divulgação científica, como um discurso que pode contribuir para a produção do discurso escolar já foi objeto de reflexão de Almeida (2010). Ao refletir sobre o funcionamento da divulgação científica a partir de questões localizadas na Educação em Ciências, a autora buscou situar a possibilidade de funcionamento da divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo a ciências. Sem se deter em exemplos de determinados textos, Almeida recordou alguns

aspectos que podem ser encontrados em textos considerados como de divulgação científica e que aparecem no discurso de Gustavo.

[...] grande parte deles apresenta uma linguagem razoavelmente próxima à linguagem de quem frequenta a escola, à linguagem cotidiana do estudante; em muitos deles a linguagem se aproxima da linguagem literária, ainda que parcialmente; muitos incluem textos em quadrinho e/ou comentários humorísticos; de muitos deles fazem parte aspectos da biografia dos cientistas que produziram os conhecimentos a que estão se referindo e ou históricos associados à produção daqueles conhecimentos; outros incluem não só o conhecimento em si e aspectos da sua produção, mas também algumas de suas consequências para a sociedade, ou mesmo apontam que fatos sociais contribuíram para a produção do conhecimento científico a que se referem (p.21).

A segunda questão solicitada por escrito foi: qual a contribuição do texto de Landau e Rumer (1963) para o entendimento/compreensão da relatividade restrita e como compreende a utilização de textos de divulgação científica de cientistas?

A importância conferida ao princípio da relatividade é retomada por Gustavo ao responder a pergunta.

Do ponto de vista das consequências na contração do espaço e dilatação do tempo, já conhecia os resultados e aparentes paradoxos. Porém, a contribuição do início do texto, acerca do contexto do princípio da relatividade na nova teoria foi bem interessante, levando a novas indagações e entendimentos sobre isto.

Partindo de cientistas da área, a ideia de usar os textos de divulgação me parece bem interessante, já que passa novas visões sobre a teoria em questão, porém com o rigor no tratamento dos conceitos (evitando assim maiores erros), sem se exceder matematicamente durante o desenvolvimento.

No segundo discurso de Gustavo, observamos a manifestação favorável em relação ao uso de textos de divulgação ao explicitar “*me parece bem interessante*”. Contudo, em seu discurso há indícios de manifestação favorável desde que os textos partam “*de cientistas da área*”, os quais dariam “*rigor no tratamento dos conceitos*” e, conseqüentemente, “*evitando assim maiores erros*”. O uso desse tipo de texto pelo estudante é condicionado pelo autor. Parece que, no imaginário de Gustavo, o escritor do livro ser cientista confere qualidade conceitual ao texto. Gustavo já havia manifestado preocupação de o texto não conter erros conceituais.

Consideramos importante a tentativa de minimizar os erros conceituais que podem estar presentes em um texto que aborda conceitos de relatividade restrita, seja ele didático ou de divulgação científica. Por outro lado, um texto escrito por autores cientistas pode estar adequado sob o ponto de vista conceitual, mas pode estar deficiente do ponto de vista didático. Portanto, pensamos que, mais do que um recurso adequado, o importante é melhorar a formação dos professores para trabalhar em sala de aula com diferentes recursos e abordagens, sejam elas quais forem. Não observamos nos discursos do estudante menção a estes aspectos.

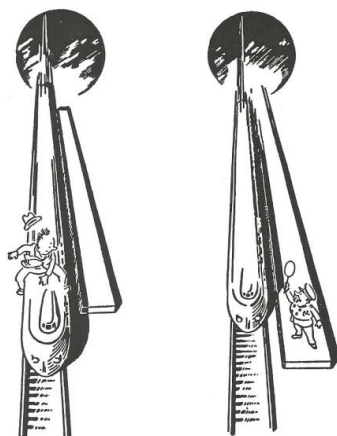
Quando questionado sobre usar textos de divulgação para ensinar relatividade para alunos do Ensino Médio e, em especial, o de Landau e Rumer, a posição e justificativa apresentada pelo estudante, registradas em vídeo, foi:

Usaria textos de divulgação científica sim para ensinar relatividade, porém não somente este em especial. Talvez uma seleção de partes, principalmente do início do texto quando chega aos referenciais inerciais. Para o desenvolvimento dos resultados me parece válido procurar outras fontes, pois a teoria em si se mostra de difícil entendimento, assim outros textos de divulgação científica podem ajudar com outros exemplos e abordagens.

Podemos supor que o fato de ser professor da escola média tenha levado Gustavo a discursar de maneira pedagógica, uma vez que ele afirma que não utilizaria somente o texto de Landau e Rumer. Esse texto, na fala de Gustavo, seria apropriado para o trabalho inicial, quando se discute os referenciais inerciais. Como mencionado por ele, em outros discursos acima reproduzidos, este item é importante de ser apresentado aos alunos.

Com relação as interpretações das imagens, iniciamos a discussão perguntando se as imagens presentes no texto ajudaram a compreender o que o autor desejava explicar. Solicitamos que respondessem por escrito e entregassem para o professor.

Gustavo responde fazendo referência a uma imagem na qual aparecem duas plataformas. Ele explica as contribuições das imagens, para a leitura e compreensão da relatividade restrita, por meio da imagem escolhida.



A figura da página 94 de Landau e Rumer mostra uma plataforma que, em repouso, é maior que o trem ao lado da mesma, agora menor, do ponto de vista do trem em movimento. Acredito que esta comparação da situação plataforma/trem nos dois referenciais diferentes através das imagens lado a lado mostrando os efeitos da contração do espaço ajuda bastante a visualização da explicação proposta.

Figura 15 – Imagem mencionada por Gustavo na explicação das contribuições das imagens na leitura do texto de Landau e Rumer (1969)

Em sua explicação o estudante destaca a possibilidade da comparação das plataformas nos dois referenciais, o que seria possível por meio das imagens postas lado a lado. Por meio delas seria possível mostrar os efeitos da contração do espaço. Neste caso, as imagens funcionariam como auxiliares para o processo comparativo e na “[...] *visualização da explicação proposta*”. Novamente lembramos que suas posições se relacionam com os conhecimentos que ele possuía no momento de responder a questão, sendo que ele próprio comentou em uma de suas falas que *“talvez meu julgamento esteja afetado pelo meu conhecimento prévio [...]”*.

Perguntamos para Gustavo, assim como para os demais estudantes, identificar e justificar, em sua produção escrita, quais as imagens que destacaria como significativas entre aquelas utilizadas pelos autores. Além da imagem da página 94, já selecionada por ele, Gustavo destacou as reproduzidas na figura 16 e 17.

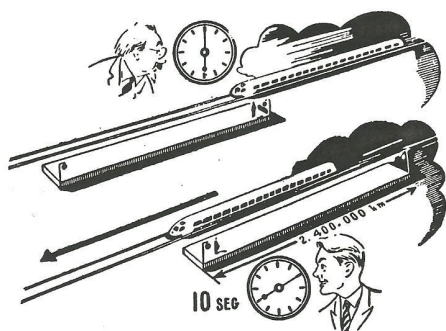


Figura 16 – Primeira imagem destacada por Gustavo

“Destaco as imagens da página 92, 93 e 94. As imagens de Landau e Rumer mostrando a contração dos comprimentos são boas para dar uma ideia das consequências da constância da velocidade da luz nos referenciais, juntamente com a dilatação do tempo calculada no texto”

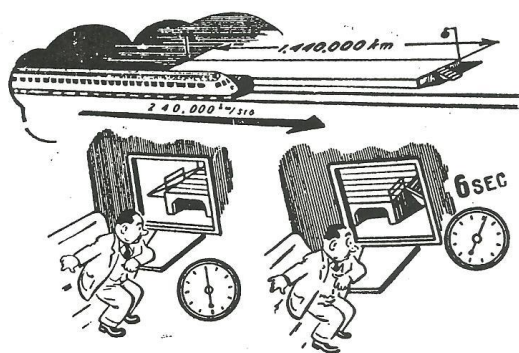


Figura 17 – Segunda imagem destacada por Gustavo

Gustavo justifica a escolha em virtude das imagens serem “[...] boas para dar uma ideia das consequências da constância da velocidade da luz nos referenciais [...]”. Ao usar a expressão “dar uma ideia”, parece que, para ele, as imagens por si só não possibilitam a compreensão das consequências da constância da velocidade da luz por quem as lê. Isso mostra a incompletude das imagens, sendo a complementação feita “[...] juntamente com a dilatação do tempo calculada no texto”.

Nas explicações dos autores, notamos forte apelo ao uso de imagens clássicas no âmbito da teoria da relatividade como, por exemplo, as imagens de trens, réguas, relógios, plataformas etc. Estas imagens foram sendo incorporadas na cultura científica e, em decorrência disso, diversos autores foram delas se apropriando. O resultado é o de que estas imagens passaram a fazer parte do imaginário dos leitores, professores, cientistas e demais interessados no assunto. Talvez o objetivo dos autores, ao utilizarem as mesmas imagens em suas produções, seja o de trazer o contexto histórico da elaboração da teoria da relatividade e utilizar as mesmas situações utilizadas por Albert Einstein.

Dado o número de vezes que Einstein usa em seus artigos experimentos mentais com trens em movimento e relógios distantes, também é lógico supor que recebeu em sua visualização e articulação do pensamento a ajuda dos trens que passavam pela torre do relógio de Berna e pelas fileiras de relógios sincronizados na plataforma da estação. Realmente, há um relato que o põe a discutir a nova teoria com os amigos, apontando para os relógios sincronizados de Berna e o relógio sem sincronia visível no vilarejo de Muri (ou ao menos referindo-se a esses relógios) (ISAACSON, 2007, p.142).

Peter Galison, em seu livro intitulado “Os relógios de Einstein e os mapas de Poincaré - Impérios do tempo”, descreve o contexto em que Einstein fez a sua descoberta. O autor apresenta o momento histórico no qual a física, a filosofia e a tecnologia debruçavam-se em torno do significado da simultaneidade de acontecimentos distantes, ou seja, na sincronização de relógios afastados. Galison (2003) baseia-se em uma pesquisa original nos formulários de patentes.

Isaacson (2007) ao publicar a biografia “Einstein; sua vida, seu universo” faz uso da produção de Galison (2003), relatando

A coordenação de relógios estava na ordem do dia. Berna inaugurava uma rede de relógios urbanos sincronizados eletricamente em 1890, e, uma década depois, quando Einstein enfim havia chegado, tornara-se uma paixão suíça descobrir maneiras de torná-los mais preciosos e coordenados com relógios de outras cidades. Além do mais, a principal tarefa de Einstein no escritório de patentes, em parceria com Besso, era avaliar aparelhos eletromecânicos, o que incluía uma grande quantidade de equipamentos para sincronizar relógios usando impulsos elétricos. De 1901 a 1904, informa Galison, foram emitidas 28 patentes relacionadas a isso em Berna. Uma delas, por exemplo, chamava-se “Instalação com relógio central para indicar o tempo simultaneamente em diversos locais separados uns dos outro”. Um pedido semelhante chegou no dia 25 de abril, [...]; envolvia um relógio com um pêndulo controlado eletromagneticamente que podia ser coordenado com outro relógio similar por meio de um sinal elétrico. Esses equipamentos tinham em comum o fato de usar sinais que viajavam à velocidade da luz. (GALISON apud ISAACSON, p.143)

Isaacson (2007), baseado nos trabalhos de Norton (2006), esclarece que devemos ter cuidado para não exagerar o papel desempenhado pelo cenário tecnológico do escritório de patentes. Embora relógios fossem parte da descrição de Einstein para a sua teoria, sua questão dizia respeito às dificuldades de observadores em movimento relativo de usar sinais luminosos para sincronizá-los, algo que não tinha nada a ver com os pedidos de patentes (p.143).

O fato é que, como afirmamos acima, as imagens de trens e relógios passaram a fazer parte da cultura científica e, em especial, nas publicações que versam sobre relatividade. A respeito das imagens, comumente utilizadas no discurso da relatividade, podemos dizer que elas evidenciam uma visão do seu criador. Neste sentido, Ramalho e Oliveira (2005) argumentam:

Em cada texto visual está registrado um discurso, evidenciando uma visão específica, a do seu criador. A imagem mostra sua visão de mundo, suas relações com o seu contexto, além da sua capacidade de manipulação do código ao qual pertence a imagem. Todavia, qualquer que seja o contexto e a concepção de mundo do produtor e independentemente do código que se utilizar para a manifestação, expressão e conteúdo, correlacionados, estarão sempre no seu texto, visíveis e ou audíveis. (p.59)

Ao final do encontro, perguntamos aos estudantes se o texto teve algum significado/sentido para eles. Solicitamos novamente que a resposta fosse registrada em uma produção escrita. Gustavo mencionou qual teria sido o significado/sentido do texto para ele.

Sim, como dito acima o texto coloca a teoria de Einstein em um contexto amplo, desde o princípio da relatividade de Galileu até as implicações do limite superior de velocidade como sendo a da própria luz. Assim, passa, de forma a explorar nossas abstrações, pelos casos de velocidades próximas ao limite superior e as consequências nos conceitos relativos de espaço e tempo.

No encontro seguinte (sexta aula), já havíamos lido os textos de Landau e Rumer (1963) e Einstein e Infeld (1998). Ao ser questionado sobre qual texto havia gostado mais de ler, Gustavo optou pelo livro de Landau e Rumer, argumentando em sua produção escrita que:

Em comparação ao texto de Landau e Rumer (O que é a teoria da relatividade), prefiro o texto do famoso cientista soviético ao de Albert Einstein. Acho que por tratar especificamente da teoria da relatividade, o primeiro texto me pareceu melhor estruturado para este assunto específico, enquanto que o texto de Einstein tem uma proposta diferente, a de apresentar de forma geral algumas das mais importantes ideias da física, dentre as quais sua própria teoria da relatividade.

Gustavo argumenta que o texto de Landau e Rumer mostrou-se melhor estruturado. Este aspecto pode ser um critério utilizado pelo estudante para a escolha da obra.

Também, ao ser questionado, em sala de aula, por qual texto optaria para dar aula de relatividade no Ensino Médio, e qual texto, em termos de linguagem, facilitou a leitura do

assunto, Gustavo manifesta-se optando por utilizar a obra Landau e Rumer. Gustavo escreveu:

Optaria pelo texto de Landau e Rumer. Como dito anteriormente, ele possui esse intuito específico ao que diz respeito a Teoria da Relatividade. Assim, sua introdução ao assunto me parece facilitar seu ensino, enquanto o texto de Einstein está inserido em meio a outro contexto (o que não quer dizer que não seja um bom texto, e sim uma questão de preferência e opinião pessoal em relação a uma escolha para utilização dentro do ensino de relatividade).

Além disso, o estudante manifesta preocupação com a linguagem utilizada na produção de Einstein e Infeld (1998), afirmando:

[...] tenho a impressão que por ser mais antigo, o texto de Albert Einstein dificulta sua leitura por parte de estudantes. Sua tradução antiga pode colocar algumas dificuldades em termos da forma como a língua portuguesa e algumas palavras antigas foram usadas. Até mesmo a acentuação gráfica, deve ter passado por ao menos duas mudanças até os dias de hoje. Com relação as imagens, poderiam ser utilizadas algumas mais. Tenho a impressão que por mais básicas que seja alguma proposição, uma imagem pode vir a auxiliá-la. Como é o caso que notamos nas proposições iniciais do texto de Landau, onde a relatividade de alguns conceitos simples, como esquerda/direita, para cima/para baixo, e exemplificado por meio de imagens.

A preocupação de Gustavo é exposta no discurso em duas partes bem definidas. A primeira está relacionada à tradução e ao uso correto da língua portuguesa. A segunda em relação ao uso de imagens. Vale a pena destacar que o texto de Einstein e Infeld (1998) quase não apresenta imagens. Assim, Gustavo menciona a possibilidade do uso de mais imagens no texto, as quais poderiam atuar como auxiliares nas proposições. As posições de Gustavo com relação às imagens podem estar relacionadas a contatos anteriores do licenciando com imagens, mas não podemos deixar de considerar o fato do programa da disciplina ter assumido o trabalho com imagens como um de seus focos.

No debate sobre a existência de diferenças entre os diversos textos discutidos na disciplina, perguntamos, especificamente, se a leitura do texto “A evolução da Física” difere dos demais textos trabalhados e, em especial, do texto “O que é a teoria da relatividade”? Solicitamos que, em caso positivo, mencionassem em que aspectos eles diferem. A produção de Gustavo para a pergunta do pesquisador é reproduzida a seguir.

Primeiramente percebo uma diferença na sua proposta. O texto de Einstein e Infeld fala sobre a evolução de diversas ideias da física, enquanto de Landau e Rumer fala especificamente sobre a teoria da relatividade. Assim, por estar em um contexto maior, que não trata apenas da teoria da relatividade, acredito que o texto de Einstein e Infeld é mais geral em termos das ideias e discussões sobre física, até mesmo quando tratando da relatividade. Um exemplo disto é o fato de este texto tratar da questão do éter e das questões relacionadas a ele no conceito de campo, problema original na motivação de Einstein quando da elaboração da teoria vindo da eletrodinâmica dos corpos. Já Landau e Rumer se preocupam com um início mais detalhado sobre as bases da relatividade para então chegar nos seus efeitos de cinemática relativística, usando até mesmo algumas equações e mais imagens para isso, enquanto a notação matemática no texto de Einstein é praticamente inexistente e toda argumentação é feita através das ideias no texto.

Imagens: o texto de Landau e Rumer tem várias imagens, que podem até ser esdrúxulas, mas tornam o texto mais atraente, menos sisudo, diferentemente do outro, onde as poucas imagens são apenas esquemáticas.

Estruturação: juntamente com as imagens, a grande quantidade de quebras (capítulos, seções, parágrafos) de “O que é a relatividade?”, trabalhando poucos conteúdos por vez, vão dando fôlego ao leitor, que pode ir dando pausas em cada uma delas para pensar sobre o que leu. Já o texto de Einstein e Infeld possui raciocínios mais longos, demandando maior concentração do leitor para poder acompanhá-los.

Texto: achei que o texto dessa semana possui palavras, termos e sentenças levemente mais rebuscadas (apesar) de totalmente legível), o que pode dificultar a concentração das ideias principais, principalmente de quem está entrando em contato com o tema pela primeira vez. Acho que nos dois textos os tradutores quiseram traduzi-los mais fielmente possível, o que pode ser bastante interessante para quem quer lê-los de um ponto de vista histórico ou filosófico, mas para um texto introdutório de relatividade não é a melhor tradução, acho que em alguns pontos seria mais interessante terem traduzido as ideias.

Quanto a matemática, no texto de Albert Einstein e Infeld é praticamente inexistente e no outro, o pouco que tem, não compromete (do ponto de vista que matemática pode ser desmotivadora ou mesmo bloqueadora para alguns alunos).

Gustavo responde detalhadamente expondo suas posições na interpretação dos dois textos. No que se refere aos aspectos que os textos diferem, Gustavo discursa levando em conta as perspectivas linguísticas e separa sua resposta em quatro itens. São eles:

a) as imagens utilizadas em cada obra, as quais “[...] tornam o texto mais atraente, menos sisudo [...]” no texto “O que é a teoria da relatividade?”, em comparação com o texto “A evolução da física”, no qual “[...] as poucas imagens são apenas esquemáticas”;

b) a estruturação textual, com quebras de capítulos, seções e parágrafos, no texto “*O que é a teoria da Relatividade?*”, os quais dariam “[...] *fôlego ao leitor, que pode ir dando pausas em cada uma delas para pensar sobre o que leu*”, em comparação ao texto “*A evolução da física*”, o qual “[...] *possui raciocínios mais longos, demandando maior concentração do leitor para poder acompanhá-los.*”

c) a linguagem textual, com palavras, termos e sentenças rebuscadas no caso de “*A evolução da física*”, o que no imaginário de Gustavo “[...] *pode dificultar a concentração das ideias principais, principalmente de quem está entrando em contato com o tema pela primeira vez*”;

d) a linguagem matemática, que “[...] *no texto de Albert Einstein e Infeld é praticamente inexistente* [...]”; e no caso de Landau e Rumer a ausência não comprometeria as explicações.

Esse detalhamento é bastante significativo se considerarmos que enquanto professor, ele poderia realizá-lo na seleção de textos para seus alunos.

Ao final, trabalhamos o texto “*Relatividade para todos*”, uma vez que ele contém um número significativo de imagens, se comparado com os demais textos. Assim, inicialmente, questionamos que contribuições as imagens utilizadas pelo autor trouxeram, para a leitura e compreensão da relatividade restrita e quais imagens destacariam como significativas entre aquelas utilizadas pelo autor? As respostas foram registradas em produções escritas entregues ao professor-pesquisador no final da aula. As imagens escolhidas por Gustavo são as mesmas escolhidas por Carlos. A primeira é reproduzida na figura 18.

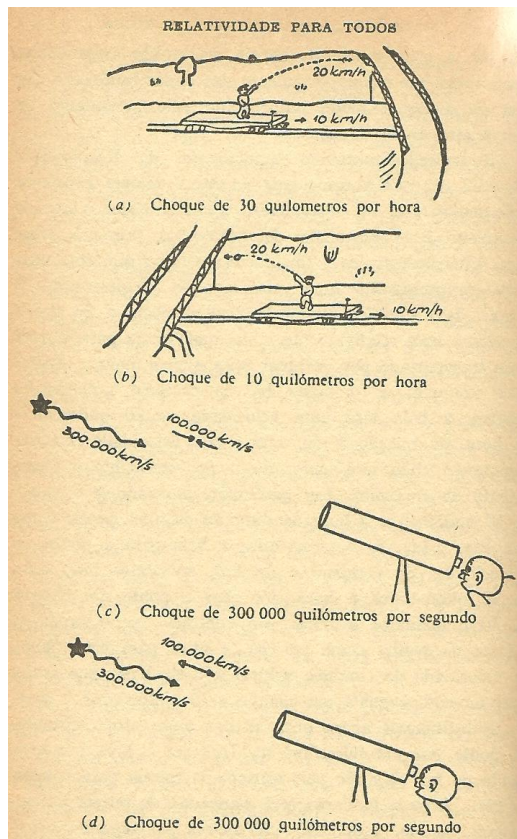


Figura 18 – Primeira imagem destaca por Gustavo em “Relatividade para todos”

A imagem ajuda a corroborar a ideia apresentada no texto, principalmente devido à comparação com o caso mecânico o desenho deveria explicitar as velocidades relativas de 30km/h e 10km/h enquanto que a luz da estrela permanece à 300.000 km/s.

A fala de Gustavo parece indicar que para ele a imagem, neste caso, funcionou como coadjuvante da explicação textual, uma vez que para ele “a imagem ajuda a corroborar a ideia apresentada no texto [...]”. Se lermos o texto com cuidado, a imagem é utilizada em uma explicação analógica usada pelo autor, o qual compara um rapaz, uma ponte e uma bola no caso mecânico com uma estrela, um telescópio e uma onda de luz. A analogia é feita para explicar o segundo postulando da teoria da relatividade. Neste caso, a imagem funcionou como apoio na explicação textual, realizada por meio de uma analogia. Talvez a ideia do autor, ao usar a imagem, tenha sido a de ajudar o leitor a estabelecer as relações analógicas pretendidas. A justificativa para a segunda escolha que Gustavo fez foi:

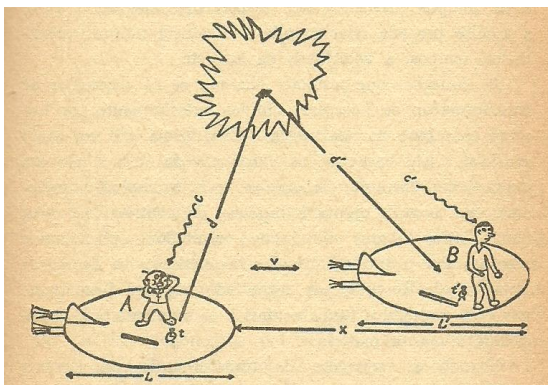


Figura 19 – Segunda imagem destaca por Gustavo em “Relatividade para todos”

A imagem ajuda bem a entender a ideia do tempo de um evento simultâneo para os dois (visto de fora) acontecer em tempos diferentes em cada um dos referenciais dos foguetes. Porém, acredito que o texto não está condizente com a imagem no final sem maiores referências.

No texto, a imagem foi utilizada para apresentar a base para as equações de transformação de Lorentz. Para Gustavo o texto está desarticulado da imagem. No entanto, ele relata que ela ajuda no entendimento do tempo de um evento simultâneo para os dois observadores acontecer em tempos diferentes em cada um dos foguetões. A justificativa de escolha de Gustavo da terceira imagem é reproduzida a seguir.

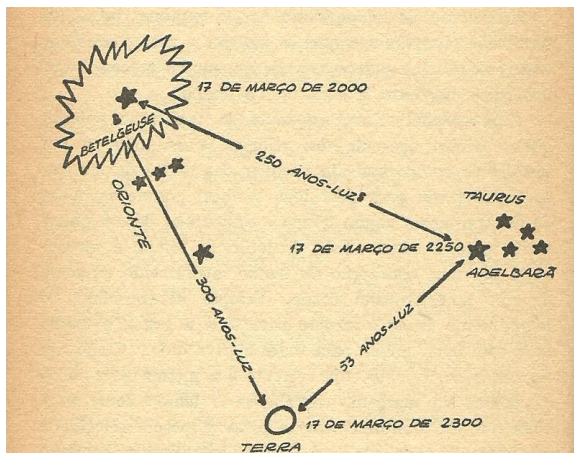


Figura 20 – Terceira imagem destaca por Gustavo em “Relatividade para todos”

A imagem exprime bem a ideia explicada no texto. O problema aqui é o texto em si, que não me parece muito bem desenvolvido. Porém, para passar a noção de não-simultaneidade ela se mostra satisfatória.

Novamente, Gustavo se mostra crítico do texto, mas ainda assim valoriza a imagem.

Na obra “Relatividade para todos”, o autor utiliza a imagem reproduzida na figura 20 para explicar que o tempo é diferente para diversos observadores em vários lugares, mesmo que não se movam em relação uns aos outros. No discurso acima, Gustavo volta a referir-se

ao texto, o qual na sua opinião não parece bem desenvolvido. No entanto, a imagem para ele se apresenta como satisfatória.

Nas justificativas de Gustavo, especificamente para os dois últimos casos, percebemos que como texto/imagem as informações ficaram mais evidentes mediante a linguagem não-verbal das imagens do que nas explicações textuais do autor. Podemos arriscar afirmar que no imaginário de Gustavo as imagens foram a principal fonte produtora de sentidos.

É de longa data a relação tensa entre texto verbal e imagem. Por um lado, observamos autores apregoarem a subordinação linguística da imagem, por outro, autores que argumentam sobre a autonomia delas. Metz (1973) já argumentava a necessidade de aprofundamentos entre as linguagens verbal e visual ao anunciar

A nosso redor, não distante de nós, delineia-se todo um caminho de reflexões, de impressões, de observações, de reflexos - toda uma vulgata difusa, múltipla, no limite do anonimato - que avança obstinadamente até estabelecer entre a 'linguagem das imagens' e a 'linguagem das palavras' uma intransponível linha de demarcação, cujo traçado excluiria formas intermédias, assim como incursões recíprocas. (p.8-9)

O que percebemos nas falas de Carlos e Gustavo é, em geral, uma necessidade do código visual no processo de interpretação e atribuição de sentidos na leitura da relatividade restrita. Por outro lado, não podemos descartar o poder assumido pelas palavras, sentenças e explicações textuais contidas nos textos. Neste sentido, Barthes (1964) afirmava que

Imagens [...] podem significar [...], mas isso nunca acontece de forma autônoma. Cada sistema semiológico tem a sua mistura linguística. Onde existe uma substância verbal, por exemplo, seu significado é confirmado pelo fato de que ele é duplicado por uma mensagem visual de tal forma que, no mínimo, uma parte da mensagem icônica seja redundante ou aproveitada de um sistema linguístico.

Na sequência, investigamos de que maneira Gustavo se apropriou das condições de produção da disciplina na elaboração de seu episódio para o ensino da relatividade restrita e quais condições de produção foram apropriadas.

✓ O episódio de ensino de Gustavo

Gustavo inicia sua produção mencionando que ela é voltada para ser implementada em turmas de terceiro ano do Ensino Médio. Logo no início o estudante expõe a abordagem na qual o episódio está ancorada.

Em contrapartida ao ensino ordinário da disciplina de Física, basicamente pautado no conteúdo técnico que exige a memorização de fórmulas e repetição de exercícios, o episódio de ensino baseado na Teoria da Relatividade proposto neste trabalho se concentrará, sobretudo, em uma abordagem histórica do contexto de sua elaboração e implicações práticas de seus princípios, bem como alguns resultados experimentais e matemáticos iniciais da Relatividade dita Restrita, que já são cobrados em certos vestibulares. Para se atingir esses objetivos, serão usados materiais como textos de divulgação científica sobre a história do desenvolvimento da teoria, a do próprio Albert Einstein e cientistas que também a influenciaram, e sobre a teoria em si, assim como filmes de caráter histórico e de ficção científica com importantes analogias sobre os seus princípios essenciais.

Notamos que Gustavo elaborou seu episódio em oposição a um ensino memorístico, e ele propõe que ele seja pautado numa perspectiva histórica, levando-se em consideração os resultados práticos dos princípios da relatividade restrita, os resultados experimentais e a matemática inicial. Em sua fala percebemos o cuidado de contemplar a matemática, porém inicial, uma vez que ela é cobrada em certos vestibulares.

No discurso Gustavo reafirma posições manifestadas anteriormente, as quais são percebidas ao afirmar que o episódio “[...] *se concentrará, sobretudo, em uma abordagem histórica* [...]”. Os elementos que constituem o discurso do sujeito são traços daquilo que o determina, os quais são reinscritos no discurso do próprio sujeito.

Ao exteriorizar o ensino da relatividade por meio de uma abordagem histórica, Gustavo reafirma de que posição social, ideológica e histórica ele discursa, a de posição-sujeito com inserção na história da ciência.

Já nos referimos a Grigoletto (2005) a qual esclarece que o sujeito da AD não é o indivíduo, sujeito empírico, mas o sujeito do discurso, que carrega consigo marcas do social, do ideológico, do histórico e tem a ilusão de ser a fonte do sentido.

Neste mesmo sentido, Orlandi (2010), apoiada em Pêcheux (1975), escreve

Não podemos pensar o sujeito como origem de si. Aí se estabelece o teatro da consciência segundo o qual o indivíduo é interpelado em sujeito pela ideologia, pelo simbólico. Dessa interpelação do indivíduo em sujeito resulta uma forma-sujeito histórica. Esta por sua vez sofre um processo de individualização pelo Estado e aí reencontramos o indivíduo agora não mais bio e psico, mas social, resultado de processos institucionais de individualização. (p.18-19)

Para atingir o objetivo a que se propõe, Gustavo insere em seu episódio textos de divulgação científica que versam sobre a teoria, sobre a história da elaboração da relatividade, a história de Albert Einstein e a de outros cientistas que contribuíram no contexto da relatividade. Além disso, o estudante faz uso de filmes de caráter histórico e de ficção científica.

Na sequência, Gustavo justifica a abordagem utilizada por meio de referência explícita a documentos ministeriais, em especial aos Parâmetros Curriculares Nacionais, reproduzindo um trecho desse.

Ao mesmo tempo, a física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado (BRASIL, 1999, p. 59).

O episódio de ensino de Gustavo difere sobremaneira daquele elaborado por Carlos. Enquanto a abordagem histórica, por meio de textos e filmes, é predominante no episódio de Gustavo, a abordagem por meio de tiras e histórias em quadrinhos, ganha destaque no episódio de Carlos.

No entanto, percebemos aspectos comuns em ambas produções, uma vez que Gustavo também utiliza a produção de Wolff e Mors (2006), em especial neste caso, para justificar o ensino da Teoria da Relatividade. Em particular o estudante reproduz em seu episódio o seguinte trecho:

O ensino da Teoria da Relatividade no ensino médio se mostra extremamente relevante, num sentido que coloca seus paradigmas como uma nova forma para o pensar científico, caracterizando-a como parte da física dita moderna juntamente com o física quântica, e a relacionando com tecnologias importantes do mundo atual (WOLFF e MORS, 2006).

Adentrando mais especificamente nos objetivos gerais de ensino e na síntese do conteúdo a ser trabalhado, Gustavo expõe

[...] nossa proposta de trabalho tem especificamente os objetivos de que os alunos do terceiro ano do ensino médio possam se familiarizar com os desenvolvimentos mais atuais e impactantes da física, de modo que compreendam alguns modos de produção da ciência, bem como construam um pensar crítico próprio em relação às aplicações e implicações da física nas mais diversas áreas.

O objetivo principal do episódio de Gustavo é a familiarização dos “*desenvolvimentos mais atuais e impactantes da física*” por parte dos alunos, os quais devem compreender “alguns modos de produção da ciência” e construir “*um pensar crítico próprio em relação às aplicações e implicações da física*”. Parece que para Gustavo a abordagem histórica permitiria alcançar o objetivo a que se propõe.

Para tanto, Gustavo elabora um episódio para ser implementado em um conjunto de 09 aulas de 100 minutos (aulas duplas de 50 minutos cada uma), com periodicidade semanal, para alunos do terceiro ano do ensino médio. A escolha do último ano é justificada pelo fato

[...] do episódio proposto ter um caráter integrador e totalmente contextualizado historicamente com desenvolvimentos da física anteriores ao advento da Teoria da Relatividade, considerando assim, interessante que os alunos tenham um contato anterior com os conteúdos técnicos ordinários do ensino de física para que assim possam integrá-los e até mesmo mudar sua forma de enxergá-los.

No entanto, Gustavo propõe que o episódio seja implementado em período extraclasse. Pensamos que a implementação da proposta em período normal, e não extraclasse, poderia contribuir mais para a efetivação do ensino da relatividade nos currículos escolares. Por outro lado, podemos supor que Gustavo deseje atender, com a sua proposta, aqueles alunos realmente interessados no assunto, ou, ainda, falando da posição de professor do ensino, ele poderia estar preocupado com o tempo para trabalhar aquilo que mais costuma cair no vestibular. O quadro 7 sintetiza a proposta de Gustavo.

	Conteúdo	Objetivos Específicos	Métodos e Estratégias	Recursos Audiovisuais
1ª Aula	O Princípio da Relatividade	Apresentar o princípio da relatividade num contexto histórico e sua importância em diversas teorias da física, bem como compreendê-lo	Exposição audiovisual	Filme “Ágora” (2009)
2ª Aula		Discussão sobre o contexto das teorias já estudadas em que o princípio é importante e sua compreensão	Estudo dirigido	Texto de divulgação científica de “Landau e Rumer”
3ª Aula	Experimentos importantes para a TRE	Apresentação da problemática envolvida no contexto da elaboração da TRE e os experimentos determinantes em sua base teórica	Aula expositiva	Texto de divulgação científica de “F. Balibar”
4ª Aula	Postulados, dilatação do tempo e contração do espaço	Apresentação e exposição dos resultados iniciais da TRE	Aula expositiva	Quadro negro
5ª Aula	TRE nos vestibulares	Apresentação e resolução de problemas em vestibulares sobre a TRE e suas implicações tecnológicas atuais	Resolução de problemas	Lista de exercícios
6ª Aula	TRE e seus resultados	Apresentação de situações análogas onde se podem observar consequências e implicações da TRE	Exposição audiovisual	Filme “Inception” (2010)
7ª Aula		Revisão geral do contexto, consequências e implicações da TRE	Estudo dirigido	Texto de divulgação científica de “S. Hawking”
8ª Aula	Teoria da Relatividade Geral	Introdução à TRG: o princípio da equivalência	Estudo dirigido	Texto de divulgação científica de “F. Balibar”
9ª Aula	TRE: contexto histórico; postulados, dilatação do tempo e contração do espaço; TRG: princípio da equivalência	Avaliação individual pautada na verificação das leituras e implicações/resultados discutidos	Avaliação escrita	Consulta ao material produzido e utilizado nas aulas anteriores

Quadro 7 – Síntese do episódio de ensino proposto por Gustavo

Podemos afirmar que as condições de produção da disciplina influenciaram na construção do episódio de Gustavo, ao menos no que diz respeito a possibilidade de leitura de textos, para o ensino de conteúdos conceituais de física, uma vez que, no conjunto das 06 aulas, 04 textos de autores cientistas são inseridos, sendo um deles o texto de Landau e

Rumer (1963). O episódio de ensino de Gustavo mostra-se coerente com os seus discursos anteriores, uma vez que mencionou

Usaria textos de divulgação científica sim para ensinar relatividade, porém não somente este em especial. Talvez uma seleção de partes, principalmente do início do texto quando chega aos referenciais inerciais. Para o desenvolvimento dos resultados me parece válido procurar outras fontes, pois a teoria em si se mostra de difícil entendimento, assim outros textos de divulgação científica podem ajudar com outros exemplos e abordagens.

O exposto no discurso de Gustavo foi evidenciado no seu episódio, já que ele usou, além do textos de Landau e Rumer, outras produções textuais como a de Françoise Balibar e a de Stephen Hawking. Além disso, Gustavo mostra-se coerente na elaboração de seu episódio, no que se refere ao utilizar textos de autores cientistas, como anteriormente exposto ao pronunciar

[...] é importante que profissionais da área (cientistas) estejam ligados diretamente em sua produção, para que não encontremos erros de física básica como vemos em revistas de mais circulação.

Orlandi (2010) esclarece que faz parte do modo como as condições de produção do discurso se estabelecem o que chamamos de relações de força.

Segundo as relações de força, o lugar social do qual falamos marca o discurso com a força da locução que este lugar representa. Assim, importa se falamos do lugar de presidente, ou de professor, ou de pai, ou de filho etc. Cada um desses lugares tem sua força na relação de interlocução e isto se representa nas posições sujeito. Por isso essas posições não são neutras e se carregam do poder que as constitui em suas relações de força. (p.16)

Destacamos que, certamente, as relações de força contribuíram para que elementos das condições de produção se estabelecessem nos episódios de Carlos e de Gustavo, uma vez que eles estavam na condição de aprendizes/estudantes e passariam por um processo de avaliação e conceituação, no qual desejariam lograr aprovação.

Percebemos, ainda, que Gustavo confere destaque ao Princípio da Relatividade, reservando duas aulas para a discussão dele, a qual seria realizada por meio de uma produção fílmica. A obra escolhida foi “Ágora”², do cineasta espanhol Alejandro Amenábar.

A apresentação da problemática envolvida no contexto da elaboração da teoria da relatividade restrita e os experimentos determinantes em sua base teórica são discutidos por meio do texto de “Einstein: o prazer de pensar”, de autoria de Françoise Balibar, física francesa professora da Université Paris Diderot.

Na obra, a autora retrata o percurso de Einstein cuja vida se desenrolou sob o signo de uma única divisa: o prazer de pensar. O livro conta como, aos 26 anos, Albert Einstein assombrou o mundo científico com a elaboração da teoria da relatividade, ratificada empiricamente quinze anos após sua publicação.

O episódio contempla, ainda, algumas situações análogas, nas quais se pode observar as consequências e implicações da teoria da relatividade restrita, as quais são trabalhadas por meio da produção fílmica “Inception”³, do cineasta Christopher Nolan. A continuidade da discussão é feita mediante a leitura do texto “Uma breve história da relatividade”, de autoria de Stephen Hawking.

Um importante aspecto a ser destacado no episódio de ensino de Gustavo é a inserção da introdução à Teoria da Relatividade Geral, ultrapassando o que foi trabalhado em aula. Em especial, o estudante retoma o texto de Françoise Balibar para discutir o princípio da equivalência.

² A obra relata os últimos dias da grande Hipátia de Alexandria, no Egito entre os anos 355 e 415 da nossa, era que lutou contra o sectarismo e fanatismo religioso. Única personagem feminina, Hipátia ensina filosofia, matemática e astronomia na Escola de Alexandria, junto à Biblioteca. Resultante de uma cultura iniciada com Alexandre Magno, passando depois pela dominação romana, Alexandria é agitada por ideais religiosos diversos: o cristianismo, que passou de religião intolerada para religião intolerante, convive com o judaísmo e a cultura greco-romana. A principal preocupação de Hipátia, no relato do filme, é com o movimento da terra em torno do sol.

³ “Inception” é um filme estadunidense de ficção científica lançado em 2010. Estrelado por Leonardo DiCaprio, é um filme que trabalha com a mente humana, porém por meio dos sonhos. Cobb (Leonardo DiCaprio) é especialista em penetrar no inconsciente das pessoas, roubando segredos da mente delas. Ele utiliza desse artifício para ganhar dinheiro.

A produção é encerrada com uma avaliação individual com a consulta aos materiais trabalhados nas aulas anteriores. Passamos então a descrever as interpretações da estudante Karina.

4.2.3 As interpretações da estudante Karina

A última descrição que faremos corresponde às interpretações de Karina. Como dito anteriormente, as interpretações de Karina foram escolhidas para serem analisadas por possuírem características diferentes das analisadas anteriormente. Karina apresenta, em suas interpretações, críticas ao uso de imagens, em especial aquelas usadas em explicações textuais de relatividade restrita.

No questionário inicial, implementado na primeira aula, Karina expressa cautela quanto ao ensino de relatividade no ensino médio, justificando que os alunos possuem dificuldade de compreensão dos conteúdos tradicionalmente trabalhados. Os argumentos da estudante são percebidos em seu primeiro discurso.

A inserção da relatividade no ensino médio é uma questão bastante delicada. Ao mesmo tempo que a física não vai além do século XIX, os alunos já tem enorme dificuldade em absorver o conteúdo que deve ser visto. A inserção de Relatividade (vamos nos ater a relatividade restrita), pois a geral certamente não deve ser ensinada) poderia contribuir para a formação de uma visão mais ampla de mundo, mas por romper com a visão já paradigmática dos alunos, pode atrapalhar mais que ajudar, se os mesmos não possuírem uma sólida formação. Já vi muitos alunos interessados em Física perguntarem por que não se ensina Relatividade na escola, já que a Física “Clássica” está “errada”. É difícil fazê-los compreender que a física não-relativística é uma excelente aproximação para o mundo real e funciona bem no regime de baixas velocidades. A visão anterior à relatividade é, na visão deles, contraditória à esta, de forma que se uma está certa a outra está errada. Lhes falta discernimento sobre o que é uma base teórica do ponto de vista epistemológico. Sendo assim, não sei se a Relatividade deveria ser inserida nos currículos sem uma forte base física não-relativística e sem trabalhar estas questões de caráter epistemológico.

Por outro lado, a estudante reconhece que o ensino da relatividade “*poderia contribuir para a formação de uma visão mais ampla de mundo [...] por romper com a visão já paradigmática dos alunos*”. Contudo, a estudante se contradiz ao mencionar que essa contribuição “*pode atrapalhar mais que ajudar, se os mesmos não possuírem uma sólida formação*”. Ao assumir essa posição ela manifesta um imaginário no qual está presente a

noção da física clássica como pré-requisito para aprendizagem da física moderna. A estudante não justifica seu entendimento de *“formação sólida”*. No entanto, as palavras finais de seu discurso parecem indicar que para ela uma *“formação sólida”* parece estar associada a *“uma forte base física não-relativística”*. Além disso, a estudante não parece considerar a possibilidade de que seja uma função do professor fornecer uma *“formação sólida”* para seus alunos e que o ensino da relatividade poderia contribuir para essa formação e *“discernimento sobre o que é uma base teórica do ponto de vista epistemológico”*.

No entanto, como estávamos iniciando o estudo é possível que a estudante mudasse sua opinião ao longo da disciplina, explicitando sua mudança em algum momento. Seu discurso parece indicar que, pelo fato da física não-relativística ser *“uma excelente aproximação para o mundo real”* e funcionar bem no regime de baixas velocidades, não haveria necessidade de se ensinar a física relativística. Lembremos que Rodrigues (2001) justifica o ensino da relatividade em virtude de aspectos não conceituais, mas por ela permitir a discussão da: a) mudança de padrão de raciocínio e interpretação da realidade aliada à abstração e sofisticação do pensamento, graças à concepção de tempo como uma quarta dimensão; b) possibilidade dessa teoria servir de porta de entrada para outros tópicos da Física Moderna e Contemporânea e, finalmente, pela necessidade de abordagem de um tema tão presente na sociedade por meio da divulgação científica.

Ao final de seu discurso, ao pronunciar *“não sei se a Relatividade deveria ser inserida nos currículos”*, Karina explicita sua dúvida quanto ao ensino de relatividade. No entanto, a leitura do não-dito permite afirmar que, se os alunos possuísem uma forte base física não-relativística o ensino seria possível. Para ela, ter uma boa base não-relativística é condição para o ensino da física relativística. Concordamos com Pinto e Zanetic (1999) ao questionarem: *“Aliás, quantos alunos que passam por um curso de Mecânica Clássica entendem realmente as leis de Newton?”*

Como iríamos trabalhar a mediação da relatividade restrita por meio de textos de divulgação científica, perguntamos também, no questionário inicial, se ela possuía o hábito de leitura e que características que este tipo de texto deveria possuir.

Sim, livros, revistas, jornais, o que tenho à mão. Gosto de publicações científicas e dos jornais da cidade e do estado. Também gosto de ler por lazer (livros de ficção, revistas de entretenimento). Para ter seu objetivo alcançado, é importante atentar

ao vocabulário e não se aprofundar muito, assim como não se utilizar de conceitos muito específicos. Mas ao mesmo tempo, ser fiel à ciência e ser verídico. Acima de tudo, deve acrescentar algum conhecimento ao leitor, seja leigo ou conhecedor do assunto.

Karina destaca o cuidado com o vocabulário utilizado pelo autor, o qual não deve aprofundar o assunto e usar conceitos específicos. Contudo, para ela o texto deve retratar a ciência fielmente e trazer alguma informação nova ao leitor. Ainda, dos possíveis elementos constitutivos de um texto, Karina destaca:

O texto pode fazer uso de todos estes recursos [escrita comum/coloquial, equações matemáticas, desenhos, fotografias, quadrinhos/tirinhas, charges, apoio na história, referência a cultura popular, ironia, humor, analogias e metáforas, experimentos, vínculo com o cotidiano]. O ideal é que o faça, mas ressalto que deve-se ter cuidado com as analogias.

No que diz respeito ao funcionamento de imagens/ilustrações/figuras enquanto recurso para o ensino de física, a posição inicial que Karina menciona no questionário foi:

Ilustrações, sejam esquemas, gráficos etc. são importantes em física, então acho o uso de desenhos, fotos, tirinhas, enfim, recursos de imagens, positivo. As experiências também são importantes, por mostrar o espírito científico.

Como veremos mais adiante, o discurso de Karina quanto ao uso de tirinhas, imagens e experimentos será efetivado em seu episódio de ensino.

Assim como os outros alunos, Karina já havia estudado relatividade na graduação. Adentrando, especificamente, no uso de imagens para o ensino de relatividade restrita, solicitamos, ao final da segunda aula, que a estudante escolhesse imagens que utilizaria para o ensino de assuntos pertencentes a esse tópico. Recordemos que a questão formulada foi: Se você fosse utilizar uma imagem para ensinar um assunto/conceito de relatividade restrita, qual imagem você escolheria/selecionaria? Justifique sua escolha e exponha os critérios que utilizou para a seleção.

As escolhas de Karina são reproduzidas nas figuras 21, 22 e 23.



Figura 21 – Tira de humor escolhida por Karina
(disponível em: <<http://clubedamafalda.blogspot.com/>>, último acesso em 12/11/2010)

A justificativa apresentada para a escolha feita é a de que:

Muitos alunos gostam de histórias em quadrinhos devido ter muitas imagens e falar de determinados assuntos de maneira diferente. A imagem a seguir possui estas características.

Karina não explicita a função da tira escolhida, ou para qual assunto ela seria utilizada. Pensamos que com a tirinha, a estudante desejaria discutir com os alunos o conceito de referencial e de “relativo”.

O ESPAÇO É RELATIVO

A aceleração a velocidades próximas à da luz também faz o espaço se contrair. Esse efeito é chamado “transformação de Lorentz” e tem consequências estranhas

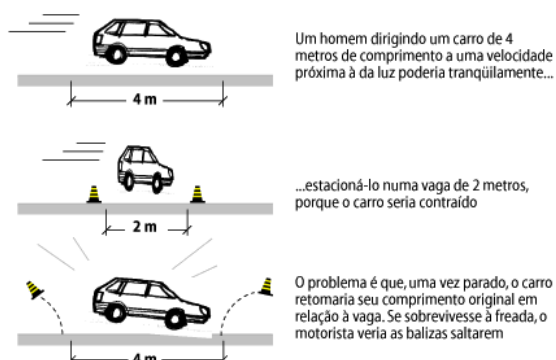


Figura 22 - Segunda imagem escolhida por Karina

Usaria essas imagens para que os alunos possam ter uma ideia dos contrassensos e paradoxos gerados pela teoria da relatividade, não para compreender e entender, mas para conhecer esses contrassensos e paradoxos como por exemplo o paradoxo dos gêmeos.



Figura 23 – Terceira imagem escolhida por Karina

As imagens seriam usadas para os alunos conhecerem os contrassensos e paradoxos e não para efetivamente o compreenderem. Notamos que as imagens apresentadas por Karina integram imagem e texto. Já havíamos destacado a oposição histórica entre escrita e imagem. Entretanto, Barthes apud Pereira (1976, p.53-54) esclarece que

De fato, a oposição histórica não se estabelece entre a escrita e a imagem [...], mas de preferência entre uma comunicação puramente icônica e uma comunicação mista (imagem e linguagem), que é a de hoje; o sentimento muito vivo que temos atualmente de uma ‘ascensão’ das imagens nos faz esquecer que nesta civilização da imagem, a imagem, precisamente, por assim dizer não está jamais privada da palavra (fotografia, legenda, publicidade anunciada, cinema falado, fummeto).

Neste mesmo sentido, Eco (1964) também argumentava que

Além do mais, o signo icônico nem sempre é tão claramente representativo quanto se crê, o que se confirma pelo fato de que o mais das vezes, é acompanhado de inscrições verbais [...] exige, nas comunicações que visem à precisão referencial, o estar ancorado num texto verbal. (p. 120)

Tais acepções foram percebidas nos discursos de Karina. Souza (2009) esclarece que partidários da tese da autonomia semiótica da imagem argumentam que, embora a imagem venha a ser precedida de um texto verbal de conteúdo similar, é indiscutível que o discurso do texto imagético precisa ou corrige o sentido do texto verbal. Para a autora,

compartilhando um mesmo espaço, palavra e imagem interagem, revezam-se, completam-se ou esclarecem-se.

Vale a pena destacar que, nesta atividade de escolha de imagens, nenhum dos estudantes citou, por exemplo, o decaimento de múons na atmosfera, produzida por raios cósmicos a uma altitude de 10 a 20 km, facilmente encontrado em manuais de física básica. É possível que os estudantes imaginem que tal exemplo não se aplica ao ensino da relatividade restrita para alunos do ensino médio, por não fazer parte do contexto deles.

Na terceira aula, como registrado anteriormente, iniciamos o estudo das imagens discutindo o texto de Martins et al. (2005). Após, discutimos a produção de Guerra et al. (2007). Na quarta aula continuamos a discussão como artigo de Silva et al. (2006) e de Andrade et al. (2005). Com estes textos finalizamos a discussão teórica sobre imagens.

Assim, perguntamos oralmente, na quarta aula, como funcionam as imagens nos processos de ensino e de aprendizagem? Para essa questão Karina respondeu em sua produção textual:

As imagens desempenham um importante papel na visualização do que se está querendo explicar. Uma imagem deveria ser clara e não abordar muitos conceitos juntos, já que os alunos não se detêm a “ler” uma imagem por muito tempo, tirando dela apenas o mínimo.

A estudante foi direta em sua resposta. O uso da palavra “visualização” em seu discurso indica o sentido atribuído por Karina às imagens. Quanto às características, Karina menciona a necessidade das imagens serem claras e não abordarem muitos conceitos para serem lidas e tirarmos delas o máximo de informações. A necessidade de uma imagem ser lida é levantada pela estudante ao dialogarmos, ainda na quarta aula, sobre quais assuntos de física carecem da utilização de imagens. Karina deveria apresentar, em uma produção escrita, justificativas e destacar quais assuntos.

Considero que imagens auxiliam os alunos a compreenderem conceitos abstratos ou não, desde que utilizada de forma correta, trabalhando-se sua leitura.

Com imagens claras e objetivas, o distanciamento iconográfico é extremamente reduzido. Imagino ser muito difícil explicar ou dar exemplos de mecânica clássica (MRU, MRUV, MCU).

Percebemos um deslocamento no seu discurso. Anteriormente Karina apontou que as imagens “*desempenham um importante papel na visualização*”. No caso específico de assuntos de física, a aluna expõe que as imagens “*auxiliam os alunos a compreenderem conceitos*” sejam eles “*abstratos ou não*”. Talvez Karina não descarte o papel do professor no ensino de conteúdos conceituais de física e, portanto, no seu imaginário, as imagens funcionem como auxiliares, já que caberá ao professor trabalhar sua leitura.

Notamos, no discurso da estudante, menções à necessidade de se trabalhar a leitura de imagens. Vários autores já manifestavam considerações acerca da necessidade de um alfabetismo visual para ver/olhar formas visuais.

Estamos considerando a leitura numa perspectiva discursiva e, portanto, como atribuição de sentidos entre locutores. Assim, a leitura é um processo complexo que envolve não apenas a palavra, mas a imagem e os aspectos mais diversos do mundo, bem como a história de leitura dos sujeitos, as condições de produção e suas memórias discursivas.

Embora as imagens façam parte do cotidiano de estudantes e recebam destaque em documentos ministeriais sobre educação, elas não possuem um lugar de destaque na formação de professores, em especial daqueles de física.

Na continuidade, perguntamos: se pensarmos no ensino de relatividade (que vocês terão que elaborar uma unidade de ensino)? Explique/Justifique sua resposta.

No caso específico de imagens para o ensino de Relatividade a resposta de Karina, registrada em sua produção textual foi a de que

Figuras como os dois relógios que mensuram o tempo enquanto há um raio de luz dentro do trem, são extremamente úteis na introdução, demonstração de fórmulas e discussões sobre Teoria Especial da Relatividade.

A organização do discurso e o uso da expressão “*figuras como*” indica certa preferência por determinadas imagens, evidenciando a associação entre a imagem e a compreensão de um conteúdo. Esse discurso pode ser lido, ainda, da seguinte maneira: “*a ausência de figuras como as de dois relógios que mensuram o tempo enquanto há um raio*

de luz dentro do trem, prejudica a introdução, demonstração de fórmulas e discussões sobre TRE". Essa leitura do “*não-dito*” ou transposição do “*já-dito*” aponta, sob a forma de silenciamento, já que não está presente no corpo do discurso, para a produção de sentidos numa outra direção, qual seja a da lacuna/deficiência das explicações e demonstrações matemáticas quando não são utilizadas certas imagens.

A penúltima questão debatida na quarta aula girou em torno de como, para os estudantes, os autores e professores deveriam usar/utilizar as imagens como recurso de ensino no caso da relatividade e as recomendações que indicariam para o uso de imagens nesse tópico. Na transcrição da vídeo-gravação, notamos que Karina recomenda, primeiramente, que elas devem ser usadas

[...] quando houver necessidade de ilustrar uma certa situação e também como parte de demonstrações de algumas fórmulas e ou conceitos. Só tem que tomar cuidado com o exagero e com as imagens desnecessárias.

Nesse discurso, as imagens são, na ação do professor, como “*ilustradoras*” e “*demonstradoras*” de situações, conceitos ou fórmula. Vale a pena destacar que neste momento já havíamos discutido os textos que faziam referência ao uso de imagens no Ensino de Ciências/Física.

Para finalizar a discussão das interpretações de Karina, quanto ao uso de imagens, apresentamos sua resposta para o debate em torno da “transparência” da imagem, levantado por Martins et al. (2005). Perguntamos se o debate das autoras poderia ser refletido quando pensamos nas imagens para o ensino de relatividade, como, por exemplo, aquelas utilizadas no livro “O que é a teoria da relatividade”, escrito por Landau e Rumer ou as trabalhadas em sala de aula? A resposta de Karina evidenciada na vídeo-gravação foi:

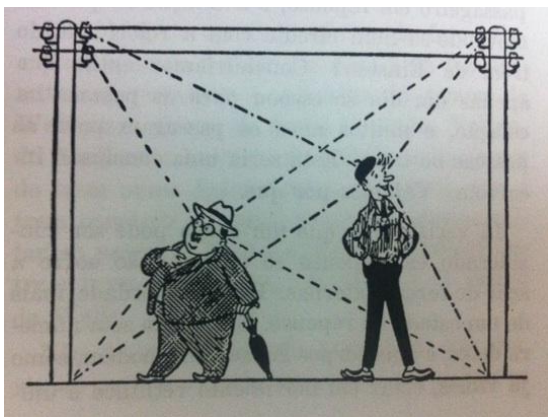


Figura 24 – Imagem presente página 85 no texto de Landau e Rumer (1963)

Sem uma leitura textual as imagens de Landau e Rumer não podem ser entendidas. Um exemplo a figura da página 85. Para mim ela não é simples de compreender, sendo necessária a leitura do texto com as explicações.

Neste momento poderíamos trazer à tona as questões já levantadas por Souza (2009). Qual é, afinal, o estatuto da palavra e da imagem? É a imagem que absorve a escrita ou, ao contrário, a escrita mantém-se como principal fonte produtora de sentidos? A autora relata que os partidários da tese da autonomia semiótica da imagem argumentam que, embora a imagem venha a ser precedida de um texto verbal de conteúdo similar, é indiscutível que o discurso do texto imagético precisa ou corrige o sentido do texto verbal (SOUZA, 2009, p.13).

Neste sentido, segundo Souza (2009) as imagens possibilitariam duplicações da própria experiência vivida, como presentificações do mundo real, aumentando seu poder em relação às comunicações linguísticas, sempre convencionais e abstratas. Por outro lado,

[...] a palavra é o contexto mais importante da imagem e várias são as instâncias em que ocorre esse diálogo. Compartilhando um mesmo espaço, palavra e imagem interagem, revezam-se, completam-se ou esclarecem-se. A partilha na concorrência de produção de sentidos caracteriza os níveis da relação semântica entre os dois sistemas sígnicos em foco (SOUZA, 2009).

Na quinta aula discutimos os textos de Silva (2006), Landau e Rumer (1963). Como explicitado anteriormente, o primeiro debate ocorrido nessa aula girou em torno da concordância ou discordância dos estudantes com a posição apresentada na contracapa da obra. A argumentação de Karina foi de, em um primeiro momento, concordar com os autores. No entanto, Karina expressa certo receio quanto ao entendimento do texto, escrevendo em sua produção textual que:

Concordo que a abordagem de trens, lanternas, relógios pode fazer a teoria parecer mais simples no começo; mas depois, como o avanço da teoria (explicação), as coisas tendem mesmo a ficar complicadas. Landau e Rumer utilizam todos esses apetrechos e ainda tentam explicar de forma bem leiga e lúdica o que acontece, fazendo alguns poucos cálculos. Concordo parcialmente com o apresentado, embora o texto seja muito bom, algumas partes são confusas, poderia ser melhorado com uso de algumas fórmulas, ou apenas como texto introdutório.

Ainda que tenha considerado o texto “*muito bom*”, a estudante alerta que “*algumas partes são confusas*”. O discurso parece indicar que a responsabilidade, por algumas partes serem confusas, é da falta de equações matemáticas e, portanto, o texto serviria como introdução ao assunto.

Ao ser questionada sobre os aspectos presentes no texto que mais chamaram a sua atenção, ou quais aspectos utilizados pelos autores ela destacaria como importante, Karina simplesmente listou, em sua produção escrita, uma série de conceitos abordados na obra.

Gostei muito da primeira parte, onde eles discutem as noções de relatividade, direita/esquerda, dia/noite, noções angulares e subir/descer, noções de trajetória, o chamado estado de repouso com um corpo em movimento retilíneo uniforme. A parte da discussão de um sistema laboratorial. A discussão sobre a lei da inércia. A parte de discussão sobre a velocidade colossal da luz e porque ela é a velocidade limite. O conceito de simultaneidade sendo relativo e o modo como eles o abordam. Eles explicam tudo isso de um modo muito simples, muito fácil de entender.

Ao mesmo tempo que descreve, em discursos anteriores, que algumas partes do texto são confusas, a estudante argumenta agora que os autores “*explicam tudo isso de um modo muito simples, muito fácil de entender*”.

Vê-se aí que as expressões “[...] *algumas partes são confusas, poderia ser melhorado* [...]” e “[...] *explicam tudo isso de um modo muito simples, muito fácil de entender* [...]” denotam tratamentos antagônicos para uma mesma questão. Para Courtine *apud* Brandão (1993, p. 51), “*a contradição é parte constitutiva do discurso e constitui a própria lei de sua existência* [...]”.

De maneira semelhante ao realizado com Carlos e Gustavo, perguntamos para Karina qual a contribuição do texto de Landau e Rumer (1963) para o entendimento/compreensão da relatividade restrita e como compreendia a utilização de textos de divulgação científica de cientistas? Para essas perguntas Karina proferiu em sua produção escrita.

Tudo é relativo, dependendo de onde você observa. Há uma importância essencial nos sistemas inerciais. Acho que o texto explica muito bem a relatividade restrita.

Depende, normalmente os cientistas fazem textos de divulgação para a própria comunidade científica. Alguns se preocupam em fazer textos para leigos, explicando a essência da teoria de modo simples e didático.

Quando questionada sobre seu posicionamento quanto ao uso de textos de divulgação científica, Karina posicionou-se favorável a utilização destes textos e, em especial o de Landau e Rumer (1963), para ensinar relatividade restrita para alunos do ensino médio, justificando:

Certamente, pois se meu professor o tivesse usado comigo eu teria entendido algumas partes da teoria com muito mais facilidade. O texto explica muito bem os conceitos mais primordiais.

Podemos inferir que Karina fala da posição de estudante de física que possui ou possui dificuldade no entendimento dos conceitos presentes na teoria da relatividade. Por outro lado, a leitura do não dito permite afirmar que para Karina o texto não explica conceitos mais avançados.

No que diz respeito às imagens presentes na obra de Landau e Rumer (1963), iniciamos a discussão do assunto perguntando se as imagens presentes no texto ajudaram a compreender o que o autor desejava explicar, e em que medida. Solicitamos, ainda, que ela pontuasse aquelas que julgava significativas, apresentando justificativas para as escolhas. Ela deveria responder à pergunta por escrito e entregar para o professor. Cabe destacar que, ao iniciar a interpretação da leitura de imagens, Karina relatou:

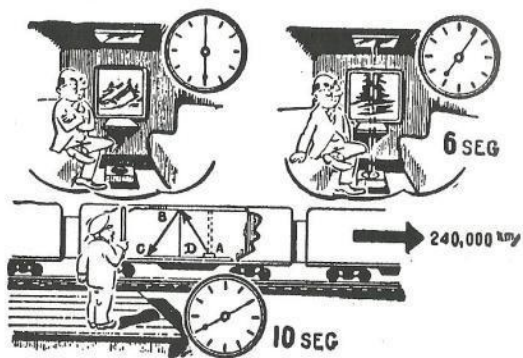
Um primeiro argumento a ser colocado sobre a análise é que essa foi realizada por uma aluna do curso de licenciatura em física, ou seja, alguém com conhecimento prévio sobre mecânica e relatividade; isso significa que uma pessoa desconhecadora do assunto poderia não ter o tipo de visão a ser apresentada aqui, já que trata de conceitos que nem sempre se encaixam no cotidiano, além de que a aluna já atenta quanto aos recursos de aprendizagem envolvidos com uso de figuras. Outro apontamento a ser feito é que tal interpretação das imagens foi feita após leitura dos textos, logo, já se sabe qual seria o objetivo de tais imagens.

Primeiramente, evidenciamos em seu discurso um deslocamento em relação aos discursos proferidos anteriormente, na medida em que a estudante parece incorporar as condições de produção da disciplina em suas interpretações, uma vez que ela menciona já estar atenta “quanto aos recursos de aprendizagem envolvidos com uso de figuras”, referindo-se aos apontamentos presentes na literatura da área sobre a cautela quando do uso de imagens, anteriormente discutidos na disciplina.

Outro aspecto a ser pontuado é o lugar social do qual a estudante fala. A mesma explicita sua posição ao mencionar “*a análise é que essa foi realizada por uma aluna do curso de licenciatura em física, ou seja, alguém com conhecimento prévio sobre mecânica e relatividade*”.

No seu discurso, Karina afirma sua posição. Já afirmamos anteriormente que os elementos que constituem o discurso do sujeito são traços daquilo que o determina, os quais são reinscritos no discurso do próprio sujeito. Também já fizemos referência a Grigoletto (2005), a qual esclarece que o sujeito da AD não é o indivíduo, sujeito empírico, mas o sujeito do discurso, que carrega consigo marcas do social, do ideológico, do histórico e tem a ilusão de ser a fonte do sentido.

A única escolha de Karina é reproduzida na figura 25.



A figura representa um experimento referente à dilatação do tempo, foi uma figura muito bem montada, com relógios e um feixe de luz, dois sistemas de referência. Ela simplifica o experimento muito bem e o deixa fácil de ser entendido.

Figura 25 - Imagem escolhida por Karina como significativa no texto de Landau e Rumer (1963)

Novamente evidenciamos, em um novo discurso, a escolha da imagem que faz uso do triângulo isósceles. Segundo Karina, a imagem *“simplifica o experimento muito bem e o deixa fácil de ser entendido”*. Nesse caso, parece que, para Karina, a imagem contribui no entendimento do experimento e não do conceito/fenômeno que é explicado por meio dele.

Por outro lado, ao final de sua interpretação, a estudante profere algumas críticas que diz respeito às imagens utilizadas para o ensino/divulgação da relatividade.

Uma crítica a ser feita aqui, de cunho pessoal, é quanto à utilização de somente imagens de trens em estudo de mecânica, enquanto isso não faz parte da realidade da maioria da população brasileira, principalmente de alunos, o que poderia ser substituído por carros. Obviamente que as aplicações dos princípios são as mesmas, mas esse tipo de exemplificação ajuda a distanciar as teorias físicas do dia a dia do aluno, que não fazem essa transferência ao ver imagens, esquemas e problemas envolvendo trens - como estão em fase de aprendizagem, qualquer aproximação com sua realidade é proveitosa. De uma forma mais geral, pensando-se em divulgação científica, as figuras apresentadas nesse texto auxiliaram razoavelmente no entendimento, já que possuem imperfeições – daí a dificuldade de se utilizar figuras no ensino – mas tem o mérito de tentar exemplificar com algo mais próximo do cotidiano das pessoas os conceitos físicos. Uma crítica, de fundo pessoal, é um questionamento, em vista da realidade vivida pela autora: por que sempre é utilizada a figura de trens? esse costume dá a impressão de que são situações bem específicas; ademais, há o fato de que os trens não fazem parte do cotidiano de pessoas do Brasil, não tal como apresentado nos textos – alusão a viagens longas, com malas -, o que dificulta a contextualização. Novamente, ressalta-se que é obvio a transposição para outros veículos, mas o uso repetitivo de um exemplo tal como esse acaba ajudando no distanciamento das teorias físicas do cotidiano.

Cabe ressaltar alguns comentários quanto ao pronunciamento de Karina. O primeiro é a crítica explicitamente pontuada em seu discurso que se refere ao uso exclusivo de trens em explicações textuais de relatividade. No imaginário de Karina, *“isso não faz parte da realidade da maioria da população brasileira, principalmente de alunos, o que poderia ser substituído por carros”*. Lembremos que na escolha de imagens que utilizariam para explicar relatividade, uma opção da estudante foi justamente aquela que faz uso de carros (figura 22). Ainda, para Karina o tipo de imagem utilizada na exemplificação *“ajuda a distanciar as teorias físicas do dia a dia do aluno, que não fazem essa transferência ao ver imagens, esquemas e problemas envolvendo trens”*.

Com isso, Karina questiona, por que sempre é utilizada a figura de trens? O discurso evidencia que, mesmo sendo *“alguém com conhecimento prévio sobre mecânica e relatividade”*, a estudante desconhece o contexto histórico de produção da teoria da

relatividade, o que pode indicar que o ensino de conteúdos físicos em seu curso de graduação, ou ao menos no que diz respeito ao ensino da teoria da relatividade, é desprovido de discussões acerca da História e Filosofia da Ciência.

Já havíamos anteriormente comentado, baseados nos trabalhos de Galison (2003) e Isaacson (2007), que em virtude do número de vezes que Einstein usa em seus artigos experimentos mentais com trens em movimento e relógios distantes, é de supor que recebeu a ajuda dos trens que passavam pela torre do relógio de Berna e das fileiras de relógios sincronizados na plataforma da estação. Peter Galison (2003) descreve o contexto em que Einstein fez a sua descoberta. Podemos inferir que esse momento histórico certamente influenciou nas descrições que são realizadas da teoria.

Tendo em vista que a estudante também realizou a leitura de Einstein e Infeld (1998), perguntamos, no sexto encontro, qual texto Karina gostou mais de ler e as justificativas. A resposta deveria ser registrada por escrito e, após, discutida oralmente com o grande grupo.

A leitura do texto Albert Einstein e Leopold Infeld para mim foi a melhor pois é um texto menos “infantil”, que trata dos conceitos físicos mais profundamente.

Ao ser questionada por qual texto optaria para dar aula de relatividade no Ensino Médio e, qual texto em termos de linguagem facilitou a leitura do assunto, Karina acabou por escolher o de Landau e Rumer justificando em sua produção escrita que:

Para uma aula no ensino médio eu partiria do princípio que os alunos são totalmente leigos no tema e, portanto, o texto de Landau seria mais adequado devido a linguagem simples e acessível com diversas ilustrações. Os dois textos são de divulgação científica e ambas apresentam uma linguagem de fácil acesso a estudantes. Todavia se eu tivesse que escolher, provavelmente optaria por Landau e Rumer por ser um texto mais conciso para os alunos de primeira ou segunda série.

Percebemos que os critérios de escolha foram o da linguagem utilizada, a presença de ilustrações e a concisão do texto.

No que diz respeito ao último texto lido (Relatividade para todos), Karina também destacou apenas uma imagem como significativa (figura 26), entre aquelas utilizadas pelo autor.

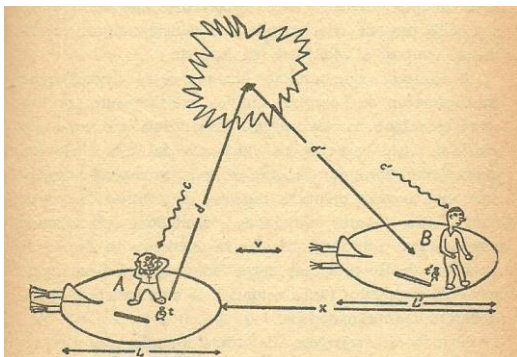


Figura 26 - Imagem escolhida por Karina como significativa no texto “Relatividade para todos”

Nessa página a explicação do experimento abstrato depende da utilização da imagem, o aluno pode ler aos poucos o experimento e sempre retornar a imagem, tendo a certeza de que entendeu tudo corretamente.

O discurso de Karina parece indicar uma dependência da imagem para a explicação do experimento. Ou seja, o experimento não conseguiria ser explicado sem o uso dela. Esta posição assumida por Karina parece indicar um possível funcionamento das imagens como auxiliares das explicações de experimentos mentais de física.

✓ O episódio de ensino de Karina

Vejamos, então, como os discursos de Karina e as condições de produção da disciplina se estabelecem em seu episódio de ensino. Nosso interesse centra-se, neste momento, em compreender de que maneira os estudantes se apropriaram das condições de produção da disciplina na elaboração de seus episódios para o ensino da relatividade restrita e, quais condições de produção foram apropriadas.

Ao apresentar o objetivo de seu episódio a estudante o expõe explicitando que fará uso de textos de divulgação científica.

Farei uma proposta de unidade de ensino para o trabalho da TRR com alunos do Ensino Médio, de modo claro e objetivo, utilizando de textos de divulgação científica, de modo a permitir que os alunos adquiram uma visão crítica sobre as informações sobre o tema que obtém em seu dia-a-dia pelos diversos meios de comunicação.

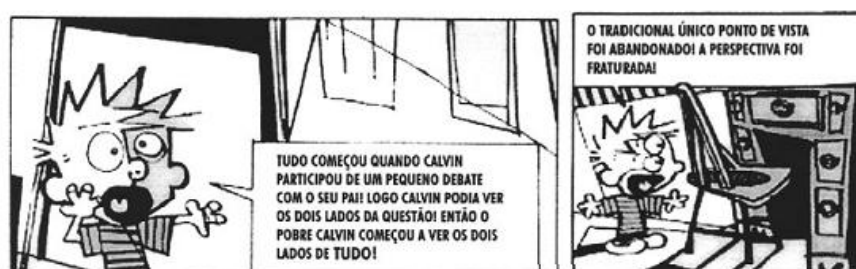
Uma vez que Karina manifestou anteriormente restrição ao uso de textos de divulgação, podemos inferir que possivelmente as relações de força contribuíram para a presença deste tipo de texto no seu episódio de ensino, já que ela encontrava-se na posição de estudante e pretendia, supostamente, lograr aprovação. No entanto, outras abordagens se fizeram presentes em seu episódio, como pode ser constatado mediante a leitura do quadro 8, no qual sintetizamos o episódio proposto por Karina.

	Conteúdo	Abordagem	Objetivo	Recursos utilizados/ discussão realizada
1ª Aula	Relatividade Restrita: história	História da ciência e uso de texto de divulgação	Mostrar aos alunos o que é a relatividade e como esse conceito mudou após a apresentação da teoria de Einstein, dar-lhes uma introdução da teoria, falando sobre a história de sua construção e os problemas que motivaram o seu desenvolvimento	• LANDAU, L.; RUMER, Y. O que é a teoria da Relatividade. São Paulo/BRA: Hemus. 1963; p. 9-19 (A Relatividade com que estamos acostumados); • BERTRAND, R. ABC da Relatividade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor. 1997, 4a. Ed. p. 21 a 28 (Tato e visão: a Terra e o céu), 39 a 47 (A velocidade da luz), 67 a 79 (A teoria da relatividade especial); • EINSTEIN, A. INFELD, L. A evolução da física. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan, 4a Ed. p. 79- 103 (A velocidade da luz, A luz como substância, Que é uma onda, A teoria ondulatória da luz e O éter e o conceito mecânico). • Tira de humor.
2ª Aula	Postulados da Relatividade Especial; dado experimental: os múons, exemplos.	História da ciência e uso de texto de divulgação	Mostrar os postulados da relatividade e explicá-los, mostrar como os experimentos comprovaram o postulado da velocidade da luz	• BERTRAND, R. ABC da Relatividade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor. 1997, 4a. Ed. p. 39-47 (A velocidade da luz); • Experiência de W. Bertozzi realizada em 1964; • Tira de humor.
3ª Aula	Relógios e Régua: analisando a simultaneidade	Uso de texto de divulgação	Mostrar algumas consequências da relatividade	• LANDAU, L.; RUMER, Y. O que é a teoria da Relatividade. São Paulo/BRA: Hemus. 1963; p. 79-100 (Embarcando novamente no trem).
4ª Aula	A influência de Einstein na sociedade	Linguagem Visual	Mostrar algumas consequências da relatividade na sociedade	• Obras de arte: A persistência da memória (1931) e Relógio mole no momento da primeira explosão (1954).

Quadro 8 – Síntese do episódio de ensino proposto por Karina.

Percebemos que a aluna dedica apenas 04 aulas, de 45 minutos cada, para o ensino da Relatividade. Isso justifica-se no momento que a estudante expõe, na primeira aula, que o objetivo é “dar-lhes uma introdução da teoria”. Notamos, ainda, que a aluna certamente não pensou no tempo destinado para a discussão de todos os textos propostos para serem discutidos na primeira aula, ou pensou que a leitura seria realizada previamente.

Na primeira aula, a estudante também propõe o uso do texto “ABC da Relatividade”, de autoria de Bertrand Russell. Esse livro é um guia, para leitores não iniciados em matemática e física, da teoria da relatividade especial e geral de Einstein. Ao final da aula a estudante propõe o uso de uma tira, reproduzida na figura 27, sem explicitar qual seria o objetivo de uso dela.



Adaptado de WATTERSON, Bill. Os dez anos de Calvin e Haroldo V. 2. São Paulo. Best News, 1996.

Figura 27 – Tira utilizada por Karina em seu episódio de ensino

A segunda aula é destinada à discussão dos postulados da relatividade, realizada por meio do uso de um texto de divulgação. A estudante também propõe a discussão de uma experiência realizada no CERN em 1964. Ao final da aula é proposta a utilização de uma nova tira de humor, reproduzida na figura 28, extraída de Caruso e Freitas (2009).



Figura 28 – Tira utilizada por Karina em seu episódio de ensino

Ainda, na segunda aula, Karina deixa como opção a realização de um experimento cujo objetivo é medir a velocidade da luz utilizando um televisor.

Na terceira aula, o texto de Landau e Rumer é retomado para a discussão do das consequências da relatividade. O episódio é encerrado, na quarta aula, com a apresentação da influência da teoria de Einstein na Obra de Salvador Dalí. Nesta aula observamos forte influência das condições de produção, uma vez que trabalhamos em nossa disciplina o texto no qual a estudante se baseou para elaborar a atividade do último encontro de sua proposta.

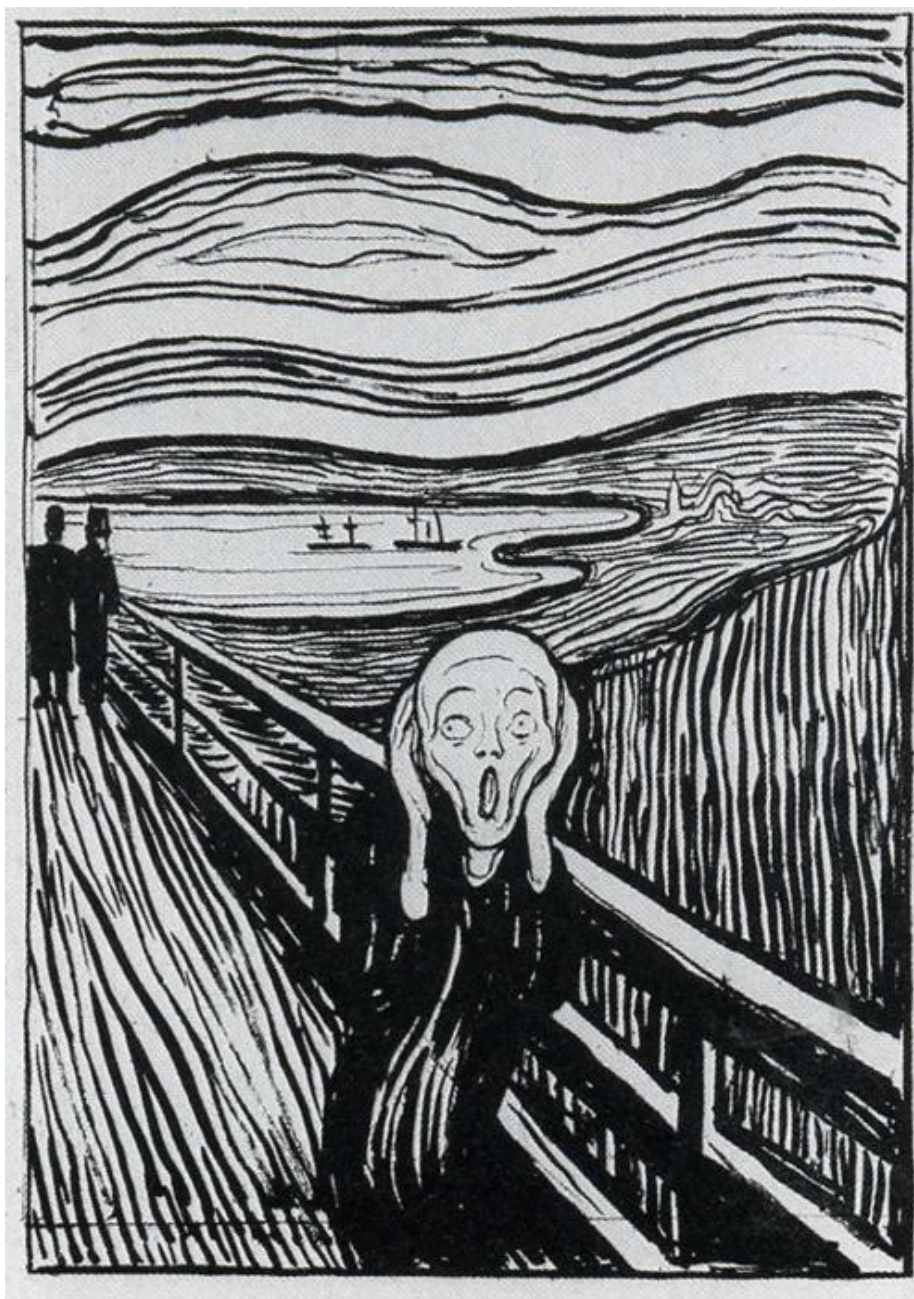
Ao final da quarta aula, Karina propõe uma pequena avaliação dissertativa, individual ou em duplas, composta de 4 questões. A primeira envolve a tira de humor já mencionada por ela em uma atividade anterior. As perguntas propostas são:

- 1) Pense sobre o que é relatividade pra você, como você a vê na tirinha abaixo?



- 2) Cite os postulados da Relatividade Especial. Como você os compreende?
- 3) Por que os múons ajudam a comprovar a TRR?
- 4) Você está numa estação de trem e seus relógios estão cronometrados, você pega um trem que se movimenta a 0,995 vezes a velocidade da luz, e quando você passa pela próxima estação, confere as horas dos dois relógios, o seu estará adiantado ou atrasado em relação ao da estação? Explique esse acontecimento.

Com a descrição do episódio de ensino de Karina, encerramos as interpretações dos estudantes e passamos a inferir algumas conclusões e considerações a que chegamos após o desenvolvimento do estudo.



O grito (Edvard Munch)

[...] todas as coisas já foram ditas, mas como ninguém escuta,
é preciso sempre recomeçar.

Michel Seigneur de Montaigne (ESSAIS, 1580).
181

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório o esforço da área de Educação em Ciências em investigar o uso de imagens em materiais escritos, como pode ser comprovado por meio dos resultados de nossa revisão de literatura. Apesar de notáveis esforços, nossa comunidade, como campo de pesquisa consolidado, precisa avançar no questionamento sobre a interpretação das imagens que estudantes fazem quando da leitura de textos, bem como no debate necessário acerca do valor epistemológico delas e dos sentidos atribuídos às imagens na interpretação dos estudantes.

Em nosso estudo, procuramos compreender o funcionamento de imagens e a produção de sentidos na leitura da relatividade restrita, a partir das interpretações dos licenciandos em física quando esses leem textos de divulgação científica escritos por cientistas. Procuramos, ainda, entender como os estudantes interpretam a Relatividade Restrita a partir destes textos.

Entre as imagens que aparecem comumente nas produções que versam sobre Relatividade Restrita, e que têm sido bastante utilizadas, estão as de trens, réguas, relógios, gêmeos, plataformas, estações, e neste trabalho enfocamos a sua presença em livros de divulgação científica. Estas imagens apresentam sentidos que são produzidos de maneira distinta por seu leitores/observadores. Por envolverem relações históricas, sociais e pedagógicas também distintas entre produtores e leitores/observadores, elas acabam por afetar a maneira como lemos os textos e interagimos com eles, pois elas carregam padrões, crenças e, portanto, ideologias que lhes conferem poderes e que fazem com que elas sejam frequentemente utilizadas no ensino de relatividade.

A simplicidade de cálculo que a imagem do trem com o triângulo isósceles permite elucidar certifica ao estudante de que ela é transparente. Contudo, é justamente essa crença na transparência das imagens que faz com que ela seja facilmente manipulada e acabe sendo consumida na leitura e na sala de aula. Muitas vezes essa imagem é inclusive a parte central da explicação, como mencionado nos discursos dos estudantes.

Os autores de livros de divulgação científica ao escolherem determinadas imagens trazem significados para o texto, os quais, por sua vez, tornam-se material de contato dos estudantes-leitores com as diferentes relações históricas e ideológicas presentes nas imagens.

Em nosso estudo, nos propusemos a responder três questões relativas ao uso de imagens, presentes em textos de livros de divulgação científica, de autores cientistas, que serão comentadas a seguir.

A **primeira questão** que procuramos responder foi como funcionam as imagens, em textos escritos por cientistas, para a divulgação da teoria da relatividade restrita, no que se refere à leitura realizada por alunos de licenciatura em física. No entanto, pensamos ser possível fazer inferências sobre o funcionamento das imagens considerando todas as interpretações dos estudantes, e, portanto, não nos restringimos à análise das interpretações realizadas após a leitura de textos de divulgação científica, produzidos por cientistas.

Assim, durante a descrição das interpretações, observamos que a relação que se estabelecia entre as imagens e os sentidos produzidos poderia ser organizada em modos de funcionamento.

a) **as imagens motivam a aprendizagem.** Neste caso, elas possuem o poder de capturar a atenção e despertar a curiosidade dos alunos, uma vez que poderiam causar certo impacto, como, por exemplo, a imagem de Einstein com a língua de fora e cabelos erguidos ou, ainda, a imagem dos gêmeos com idades diferentes. Estas imagens são explicitamente pontuadas nos discursos dos estudantes, os quais as recuperaram de suas memórias discursivas. É o caso do discurso de Camila, a qual recuperou a imagem de uma experiência vivenciada em aulas de física do ensino médio e de Ricardo e Henrique com a presença midiática, seja da mídia impressa (Veja) ou digital (internet), respectivamente.

Outro exemplo desse modo de funcionamento é evidenciado no discurso de Carlos ao citar as tiras, charges e quadrinhos como motivacionais, os quais cumpririam esse papel.

Creio que elas têm um carácter motivacional e podem gerar bons debates. É comum observar jornais que trazem tiras, charges e quadrinhos a respeito de cientistas ou conceitos da ciência.

Carlos também referiu-se às tiras como uma possibilidade de aguçar a curiosidade dos alunos via efeito humorístico.

Creio que esta tirinha é uma maneira bem viável de começar o assunto de relatividade no ensino médio, visto que a curiosidade dos alunos seria aguçada pelo humor, e o conceito de relatividade seria menos complicado de ser passado, já que é uma área da física bem difícil de ser compreendida pela maioria das pessoas.

Vale apenas lembrar que as histórias em quadrinhos se fizeram presentes nos episódios de ensino dos estudantes.

b) a imagem é um ponto de partida para a discussão de um determinado tópico/conceito/assunto. Podemos inserir nesta categoria a imagem de Einstein no escritório de patentes em Berna, mencionada pelo estudante Gustavo (p. 88), a qual cumpriria o papel de introduzir a discussão sobre a história do cientista, sua importância no contexto da relatividade. Neste caso, a imagem é tratada como um documento histórico que fornece elementos visuais que caracterizam uma época. Neste item, também estariam inseridas as histórias em quadrinho, tiras e charges, uma vez que, por exemplo, como mencionou Carlos, “[...] *é uma maneira bem viável de começar o assunto de relatividade no ensino médio*”.

Outro exemplo representativo é a escolha da obra “Relatividade” de M. C. Escher, feita por Gustavo (p. 129), a qual seria um ponto de partida para a discussão da influência da teoria em outros campos culturais.

c) a imagem cumpre a função explicativa, juntamente com o texto, ou seja, ela dá suporte para as explicações textuais. Há no imaginário dos estudantes uma associação entre a imagem e a compreensão de um conteúdo. Como exemplo representativo deste modo de funcionamento, podemos fazer referência à imagem do trem com o triângulo isósceles, que ganhou destaque majoritário nos discursos dos alunos, ao proferirem, por exemplo, “*Eu acho ela importante pois é com ela que se consegue mostrar a relação de dilatação do tempo*”, no caso de Cristiano, “*A melhor forma de apresentar o caráter relativístico é através do clássico exemplo, onde temos um vagão de trem que é atingido por dois raios A e B*”, no caso de Carlos e, “*O melhor exemplo para explicar a dilatação do tempo com certeza é o experimento mental do trem em alta velocidade que possui um espelho acoplado ao teto e dispara um feixe de luz para cima que é refletido e retorna ao local em que foi disparado*”, no caso de Gustavo.

Poderíamos chamar este funcionamento de complementaridade, uma vez que os vários recursos de expressão visual e textual tornam-se necessários para se compreender o

significado da mensagem. O texto parece possuir lacunas que devem ser preenchidas pela imagem. Esta função parece ficar evidente no dois discursos de Carlos e na fala de Karina.

Acredito que o uso de imagens é indispensável como uma grande ferramenta de aprendizagem. Tomando o cuidado com a não transparência das imagens, de forma a deixar claro o objetivo do uso de determinada imagem para complementar o ensino de determinado conteúdo, não ficando apenas no caráter verbal (Carlos)

Certamente, as imagens trabalhadas vem sempre complementar as ideias discutidas no texto. Imagine simplesmente apresentar uma imagem com trem/plataforma um ao lado do outro com tamanhos maiores e menores sem nenhuma explicação? (...). Assim, imagens das situações hipotéticas que são discutidas são sempre bem vindas, mas também acho que elas não falam por si só (Carlos)

Nessa página a explicação do experimento abstrato depende da utilização da imagem, o aluno pode ler aos poucos o experimento e sempre retornam a imagem, tendo a certeza de que entendeu tudo corretamente (Karina)

Por outro lado, poderíamos pensar no oposto, ou seja, levando-se em consideração a não-transparência da imagem, ela possuiria lacunas que seriam preenchidas pelas explicações textuais e/ou orais. Podemos perceber isso nos discursos de Carlos, novamente reproduzidos.

O texto toma forma com as imagens simples.

Não se pode analisar e definir um relâmpago apenas com imagens e desconsiderar um boa explicação do movimento de elétrons, ou estudar difração apenas utilizando a imagem de um prisma e ignorar a Lei de Snell.

Sim. Na realidade, sem a leitura textual, as imagens não podem ser completamente entendidas e apreciadas, por exemplo, a figura da página 121. Ela não é fácil de entender, é necessária a leitura, isso ocorre com todas as imagens praticamente.

d) as imagens funcionam como apoio nas atividades de ensino e de aprendizagem, como especificado por Carlos e Karina, respectivamente.

Funcionam como facilitadoras da visualização do objeto de estudo, se ganha tempo e qualidade sobre outra desenhada na lousa. Exigem menos esforço do aluno para imaginar uma situação, podendo focá-lo mais no objeto de estudo. Elas se aproximam da realidade da atual sociedade.

As imagens desempenham um importante papel na visualização do que se está querendo explicar. Considero que imagens auxiliam os alunos a compreenderem conceitos abstratos ou não, desde que utilizada de forma correta, trabalhando-se sua leitura.

A necessidade de esclarecer visualmente, para o leitor, o que vem a ser viagens à velocidade da luz faz com que os autores utilizem imagens que consideram adequadas e que explicam a situação que querem que o leitor imagine, como, por exemplo, a imagem da viagens numa nave espacial com uma velocidade perto da velocidade da luz.

O funcionamento das imagens como apoio nas atividades de ensino também foi evidenciado para os conteúdos de relatividade, como, por exemplo, nas explicações de eventos simultâneos, explicitamente mencionado por Carlos, ou no discurso de Karina.

Na relatividade, por exemplo, para falar de eventos simultâneos é indispensável o uso de imagens....

“Figuras como os dois relógios que mensuram o tempo enquanto há um raio de luz dentro do trem, são extremamente úteis na introdução, demonstração de fórmulas e discussões sobre Teoria Especial da Relatividade.

e) as imagens auxiliam na construção de modelos mentais dos leitores, por vezes ajudam a evitar ou reduzir más interpretações. São falas típicas deste funcionamento as interpretações de Carlos e Gustavo.

Elas são importantes para se criar modelos de algo que a física estuda mas não têm “contato” na prática devido suas dimensões, como partículas em níveis atômicos ou até mesmo o sofisticado conceito de campo. Imagens são então importantes neste ponto de a abstração ser um pouco mais facilitada (Gustavo)

Analisando todas as imagens do texto, posso dizer que essas contribuíram, ainda mais para o caso de imaginarmos uma leitura por um leigo, que não estaria acostumado a imaginar e fazer esses tipos de construções mentais das situações, já que em várias delas acabam ficando difíceis entender exatamente o que o texto quer dizer ou mostrar, e ainda mais, dependendo da pessoa, ela pode imaginar uma situação diferente da qual o autor se refere. Sendo assim, as imagens se fizeram necessárias para evitar, ou pelo menos, reduzir qualquer tipo de má interpretação por parte do leitor (...) (Carlos)

É fundamental deixar claro que essas conclusões se baseiam num caso específico, qual seja o de alunos de física em um curso superior de licenciatura.

A **segunda questão** que nos propusemos responder foi: que relações são possíveis de serem estabelecidas entre as recomendações produzidas por pesquisadores da área de Educação em Ciências sobre o uso de imagens, para o ensino de conceitos científicos, e as interpretações de estudantes de Licenciatura em Física a partir da leitura que realizam de textos de divulgação científica?

Vale a pena lembrar que, durante o desenvolvimento de nossa investigação, discutimos com os estudantes duas produções que alertam para o cuidado com o uso de imagens.

No primeiro texto, intitulado, “Aprendendo com imagens” de autoria de Martins *et al.* (2005), é questionada a “transparência” da imagem, isto é, as autoras desafiam a ideia de que as imagens comunicam de forma mais direta e objetiva do que as palavras. Ao final do estudo, as autoras explicitam a necessidade de problematizar:

a) as condições sociais de produção das imagens, mais especificamente a necessidade de considerar as tecnologias e suas linguagens específicas no entendimento de imagens e; b) às condições sociais de produção da leitura das imagens.

Concordamos com as autoras que as condições sociais de produção das imagens devem ser problematizadas. No entanto, pensando em nossa investigação, acreditamos que esse aspecto foge ao escopo de nosso estudo.

Por outro lado, acreditamos que a necessidade de problematização das condições sociais de produção da leitura das imagens está intimamente ligada ao nosso estudo. Tal como na produção das autoras, nossa investigação diz respeito às dimensões envolvidas ao considerarmos a leitura de textos e imagens na perspectiva discursiva. Assim, entram em jogo a relação leitor-texto-autor, os sentidos produzidos, os modos de leitura entre outros.

O segundo texto discutido foi “Cautela ao usar imagens em aulas de ciências”. Nele, Silva et al. (2006) inferem que a) a leitura de imagens precisa ser ensinada, pois elas não são transparentes; b) o professor tem um papel, intencional ou não, direto ou indireto, no modo como as imagens funcionam em sala de aula; c) a leitura de imagens depende de condições sócio-historicamente construídas. O sujeito faz parte dessas condições.

Tendo estes dois textos como parte das condições imediatas de produção dos discursos, podemos dizer que os sentidos neles presentes foram incorporados nas falas dos estudantes, como mostraremos a seguir. Assim, podemos estabelecer relações entre as recomendações contidas nas condições de produção da disciplina, explicitamente pontuadas por pesquisadores da área de Educação em Ciências, que dizem respeito ao cuidado no uso das imagens, presentes em textos, para o ensino de conceitos científicos, e as interpretações de estudantes de Licenciatura em Física a partir da leitura que realizam dos textos.

A primeira relação estabelecida é a da concordância com os pressupostos para o uso de imagens, numa perspectiva discursiva. Encontramos essa relação nos discursos dos estudantes ao pronunciarem, por exemplo, que

[...] as imagens devem ser trabalhadas com cuidado uma vez que elas não são transparentes (Carlos).

No discurso de Carlos percebemos a incorporação das condições de produção da disciplina. No entanto, tal discurso pode ser encarado como repetição empírica, ou seja, o estudante exercita a memória para dizer apenas aquilo que o professor ou o texto já havia dito (num mero exercício mnemônico) (ALMEIDA *et al.*, 2008).

Com relação à cautela no uso imagens, quanto à repetição essa não seria um problema, já que sem ela os pronunciamentos dos estudantes não seriam interpretáveis. Estes precisam se inscrever no repetível, mas essa repetição é feita de uma forma particular, pois ela depende da memória discursiva (ORLANDI, 1998).

Lembremos que ao ser questionado sobre a utilização das imagens no ensino da relatividade e as recomendações que indicaria para o uso delas, Carlos argumentou

Acredito que o uso de imagens é indispensável como uma grande ferramenta de aprendizagem. Tomando o cuidado com a não transparência das imagens, de forma a deixar claro o objetivo do uso de determinada imagem para [...].

A concordância com as recomendações presentes na literatura da área, considerando o contexto discursivo, é manifestada em diversos momentos nas falas dos estudantes, como foi possível observar acima.

Outro momento no qual é possível perceber a apropriação das condições de produção da disciplina e, portanto, a relação de concordância com as recomendações da área é após a leitura dos textos de divulgação utilizados, especificamente quando perguntamos aos estudantes se a transparência das imagens, discutida no texto de Martins *et al.* (2005), poderia ser refletida para aquelas utilizadas na obra de Landau e Rumer (1963). Em especial, o estudante Carlos mencionou que “*diferentemente do ditado, uma imagem não vale mais do que mil palavras [...]*”. Por sua vez, o estudante Gustavo referiu-se ao fato das imagens não falarem por si só ao argumentar que “[...] *imagens das situações hipotéticas que são discutidas são sempre bem vindas, mas também acho que elas não falam por si só*”.

As interpretações dos estudantes também se mostraram em consonância com a recomendação da necessidade de se aprender a ler imagens. Após analisarem imagens em materiais didáticos impressos para o ensino de Física, Rego e Gouvêa (2010) sugerem a necessidade de uma alfabetização para a leitura de imagens utilizadas no ensino de física, referente à apropriação dos códigos culturais requeridos para a compreensão dos conceitos científicos. As autoras expressam que a alfabetização é ainda mais importante quando o material utilizado, que contém imagens, é destinado à formação de futuros professores, pois

[...] se trata de prepará-los para trabalhar com a linguagem científica expressa em imagens nos níveis de ensino fundamental e médio, o que talvez, possibilitaria uma melhor compreensão dos conceitos físicos, tão temidos e não entendidos por grande parte dos estudantes. (REGO e GOUVÊA, p.18)

A necessidade de uma alfabetização para a leitura de imagens é percebida nas interpretações dos estudantes, como, por exemplo, nas falas de Karina.

[...] *Uma imagem deveria ser clara e não abordar muitos conceitos juntos, já que os alunos não se detêm a “ler” uma imagem por muito tempo, tirando dela apenas o mínimo.*

Considero que imagens auxiliam os alunos a compreenderem conceitos abstratos ou não, desde que utilizada de forma correta, trabalhando-se sua leitura.

Aprender a “ler” imagens e distinguir criticamente diferentes linguagens visuais implica, necessariamente, o uso dos acervos visuais como fonte de pesquisa. Como argumenta Silva et al. (2006), seria preciso saber como o aluno está lendo; o que é visível, óbvio, para o professor na imagem, pode não ser para o aluno. Ainda, isso poderá implicar uma mudança de postura dos professores que passarão a se preocupar em ouvir os alunos, suas leituras, interpretações das imagens. Os autores destacam que essas ideias são importantes por dois motivos.

Primeiro, por levarem em conta um elemento fundamental do processo discursivo da mediação das imagens, o sujeito [...]. Em segundo lugar, por vincular coerentemente esta concepção de linguagem e discurso a uma concepção de ensino, notadamente a que vê com relevância o papel do aluno na produção do conhecimento escolar. Sujeito da leitura (produção de sentidos) e sujeito do conhecimento (produção do currículo) são entrelaçados. (SILVA et al. 2006, p. 230).

A preocupação com o uso de imagens mais iconográficas e com a utilização demasiada de imagens desnecessárias, presente nas recomendações de alguns pesquisados, também foi manifestada nos discursos dos estudantes. Em especial, Karina e Rodrigo, respectivamente, mencionaram

Com imagens claras e objetivas, o distanciamento iconográfico é extremamente reduzido.

[...] Só tem que tomar cuidado com o exagero e com as imagens desnecessárias.

Por outro lado, notamos uma crítica quanto ao uso constante de imagens de trens que, na opinião de Karina “[...] *não faz parte da realidade da maioria da população brasileira, principalmente de alunos [...]*”. Este fato segundo ela “[...] *ajuda a distanciar as teorias físicas do dia a dia do aluno, que não fazem essa transferência ao ver imagens, esquemas e problemas envolvendo trens*”. A esse respeito, encontramos posições como a de Moreira (2000) o qual expõe:

Julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar Física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque em boa medida, aprender Física é, justamente, libertar-se do dia-a-dia. (p.95)

Podemos concluir que os autores, ao priorizarem determinadas imagens, consideram que os leitores estão acostumados com essas imagens. A presença delas nos textos de relatividade é motivo de ligação entre o mundo em que o leitor vive e o contexto histórico no qual a relatividade surgiu e que o autor está tentando apresentar.

A **terceira questão** a ser respondida diz respeito aos sentidos que são produzidos por estudantes de Licenciatura em Física sobre a Relatividade Restrita a partir da leitura de textos de cientistas para a divulgação dessa teoria e como estes sentidos foram produzidos.

Do ponto de vista da análise de discurso de linha francesa, os meios pelos quais os sentidos são produzidos não são neutros e, assim, ensinar a relatividade por meio de imagens e textos significa compreender como esses materiais participam do processo de atribuição de significados. Perante isso, associamos a compreensão da relatividade com a compreensão da leitura de textos e imagens.

Um importante aspecto a ser pontuado é o uso de expressões como “abstrata teoria”, “de difícil compreensão” e “impossível de entender o que a teoria está dizendo”. Como mencionado anteriormente, a utilização destas expressões nos discursos dos estudantes, em suas diversas combinações com outros elementos discursivos, produzem um efeito de sentido revelando um imaginário no qual a relatividade é tida como de complexo entendimento. Nas verbalizações dos estudantes, o uso destes termos parece indicar possíveis sentidos atribuídos à relatividade.

Por outro lado, após lerem os textos de divulgação científica percebemos deslocamentos em relação aos discursos iniciais. Podemos evidenciar tal constatação, por exemplo, no discurso de Carlos, já reproduzido anteriormente, uma vez que para ele:

[...] esse texto mostrou como alguns assuntos que parecem extremamente complexos podem ser explicados e entendidos de maneira simples e prática. Alguns conceitos e até experimentos inimagináveis ficaram mais simples e fizeram mais sentido. Particularmente a parte de porque a velocidade da luz também é a velocidade limite.

Perante isso, podemos inferir que ocorreram deslocamentos nos modos como os estudantes se relacionavam com os textos, com a relatividade e como significavam suas relações com o ensino.

Outro exemplo de produção de sentidos é manifestada na fala de Gustavo, reproduzida a seguir. O texto de Landau e Rumer (1963) ao enfatizar, logo no início, o princípio da relatividade de Galileu, fez o estudante perceber a importância desse princípio, manifestando-se favorável a abordagem utilizada na explicação inicial dele.

[...] Quando do ensino da R. E. o princípio da relatividade retornado por Einstein muitas vezes fica de fora dos conteúdos. Assim, o início explicativo do texto realmente me agradou.

Embora os estudantes já tivessem passado pelo ensino formal da teoria da relatividade, notamos algumas contribuições da leitura, em especial no que diz respeito ao princípio da relatividade, como justificado por Gustavo. Como podemos observar em seu discurso, a leitura levou “a novas indagações e entendimentos sobre isto”.

Do ponto de vista das consequências na contração do espaço e dilatação do tempo, já conhecia os resultados e aparentes paradoxos. Porém, a contribuição do início do texto, acerca do contexto do princípio da relatividade na nova teoria foi bem interessante, levando a novas indagações e entendimentos sobre isto.

Além disso, para Gustavo, o texto de Landau e Rumer (1963) permite a exploração de abstrações.

[...] coloca a teoria de Einstein em um contexto amplo, desde o princípio da relatividade de Galileu até as implicações do limite superior de velocidade como sendo a da própria luz. Assim, passa, de forma a explorar nossas abstrações, pelos casos de velocidades próximas ao limite superior e as consequências nos conceitos relativos de espaço e tempo.

A maneira como os autores apresentaram a noção de relatividade também foi pontuada na fala de Karina, como podemos notar no seu discurso, novamente reproduzido a baixo.

Gostei muito da primeira parte, onde eles discutem as noções de relatividade, direita/esquerda, dia/noite, noções angulares e subir/descer, noções de trajetória, o chamado estado de repouso com um corpo em movimento retilíneo uniforme. A parte da discussão de um sistema laboratorial. A discussão sobre a lei da inércia. A parte de discussão sobre a velocidade colossal da luz e porque ela é a velocidade limite. O conceito de simultaneidade sendo relativo e o modo como eles o abordam. Eles explicam tudo isso de um modo muito simples, muito fácil de entender.

Nos discursos dos estudantes, encontramos o uso recorrente de expressões e palavras como *“famoso cientista soviético”, “pareceu melhor estruturado”, “mais adequado devido a linguagem simples e acessível com diversas ilustrações”, “é um texto bastante completo e cuja maioria das figuras é boa”, “mesmo não contendo as fórmulas e equações, explica a teoria em si e algumas vezes também o contexto sociocultural em que surgiu”,* o que parece indicar possíveis sentidos atribuídos aos textos produzidos por cientistas para a divulgação da Relatividade Restrita.

Ainda, nossos resultados parecem indicar que as imagens desempenharam um papel fundamental na produção de sentidos sobre a relatividade restrita. Nos discursos dos estudantes as imagens não foram vistas, em geral, como simples ilustrações, ou seja, elas não são ocorrências sem importância, mostradas acidentalmente e utilizadas para atrair e agradar o leitor. Esse fato pode ser comprovado nos discursos proferidos com relação ao funcionamento da imagem que utiliza o triângulo isósceles, comumente encontrado em explicações de relatividade. A imagem do triângulo isósceles mostrou-se significativa na produção de sentidos da relatividade. Assim, podemos afirmar que a imagem do triângulo aponta para dois gestos de interpretação. O primeiro é o do autor e o segundo é o do leitor. Ao utilizar a imagem, o autor tenta antecipar um gesto de leitura por parte do leitor, produzindo, assim, um efeito-leitor, que ao olhar a imagem aciona um determinado conhecimento histórico.

Perante isso, é importante reexaminar as suposições que as imagens produzem realidades distorcidas. Nosso estudo mostra que esse aspecto não parece ser válido para aquelas imagens presentes em textos de relatividade. No entanto, nos textos postos em funcionamento, podemos observar que as palavras e as imagens reforçam uns aos outros por meio de conexões.

Outro aspecto merecedor de destaque é que as condições de produção para a leitura devem ser consideradas nas interpretações e nos possíveis sentidos produzidos pelos sujeitos

leitores. Além disso, as relações entre palavras, imagens e outros recursos presentes nos textos devem ser vistos como interações dinâmicas.

A análise isolada das imagens presentes nas obras que selecionamos para estudo poderia ser um exercício interessante, mas não ajudaria muito a construir nosso entendimento sobre o funcionamento desse recurso de linguagem, quando distanciados dos discursos de quem os lê. Da mesma forma, analisar os discursos isoladamente não seria suficiente. Isso é justificado por que, nesse caso, as imagens e os discursos fazem parte do contexto de criar significados.

Nas leituras realizadas pelos estudantes, as imagens não foram aceitas pelas aparências mas como pistas deixadas na cena de um crime, fundamentais para o entendimento do texto e, portanto, da relatividade restrita. Podemos afirmar, ainda, que os sentidos foram produzidos por meio da leitura das imagens e dos textos. Participaram também da produção de sentidos as condições de produção da disciplina.

Analisar os discursos dos estudantes permitiu entender como funcionam as imagens comumente utilizadas nas explicações textuais de relatividade, bem como os textos de divulgação produzidos por cientistas para a divulgação desta teoria.

A recorrência constante de imagens como as de trens, réguas, relógios, plataformas, gêmeos, em textos de relatividade, tanto didáticos quanto de divulgação científica, alerta para a necessidade de aprendermos a decodificar essas imagens.

Notamos que os estudantes estavam bastante familiarizados com algumas destas imagens. Por outro lado, acostumados que estavam em observar estas imagens e, portanto, a não refletir sobre elas, eles acabavam esquecendo que por trás delas estava um produtor/autor e um contexto histórico.

Esperamos que este estudo possa contribuir alertando futuros professores quanto ao uso de imagens para o ensino de Relatividade Restrita.

REFERÊNCIAS

- ACHARD, P. Memória e produção discursiva do sentido. In: ACHARD, P. *et al.* **Papel da Memória**. Campinas: Pontes, 1999. p. 11-21.
- ALEMAN-BERENGER, R. A. (1997). Errores comunes sobre relatividad entre los profesores de enseñanza secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v.15, n.3, p. 301-307.
- ALMEIDA, M. J. P. M. (2010). O texto de divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo à ciência. PINTO, G. A. (org). **Divulgação científica e práticas educativas**. Curitiba: Editora CRV.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; SOUZA, S. C.; OLIVEIRA, O. B. **Leitura e escrita em aulas de ciências: luz, calor e fotossíntese nas mediações escolares**. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2008.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Entrevista e representação na memória do ensino de Ciências: uma relação com a concepção de linguagem. NARDI, R. (org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras, 2007.
- ALMEIDA, M. J. P. M. **Discursos da Ciência e da Escola: Ideologia e Leituras Possíveis**. Campinas: Mercado de Letras, 2004.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C.; MACHADO, J. L. M. (2001). Condições de produção no funcionamento da leitura na Educação em Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.1, p.1-13.
- ALMEIDA, M. J. P. M., MOZENA, E. R. (2000). Luz e outras formas de radiação eletromagnética: leituras na 8ª série do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.22, n.3, p. 426-433.
- ALMEIDA, M. J. P. M. O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica. In: ALMEIDA, M. J. P. M. e SILVA, H. C. (Orgs.). **Linguagens, leituras e ensino da ciência**. Campinas, SP: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil, 1998, p.53-68.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; QUEIROZ, E. C. L. (1997). Divulgação científica e conhecimento escolar: um ensaio com alunos adultos. **Cadernos CEDES**, v. 41, p. 62-68.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; RICON, A. E. (1993). Divulgação científica e texto literário: uma perspectiva cultural em aulas de física. **Caderno Catarinense Ensino de Física**, v.10, n.1, p.713.
- ALTHUSSER, L. (1979). **A favor de Marx**. 2. ed. Tradução de Dirceu Lindoso. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

AMARAL, E. A. do; ZANETIC, J. Uma Abordagem Histórica da Teoria da Relatividade no Ensino Médio. VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2000, Florianópolis. **Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Florianópolis/SC.

ANDRADE, I. B. A.; MARTINS, I. (2006). Discursos de professores de ciências sobre leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.2, p.121-151.

ANDRADE, R.; GERMANO, M.; NASCIMENTO, R. Influências da Teoria da Relatividade na Obra de Salvador Dalí. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro. **Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro: SBF. V. 1.

ARRUDA, S. M. (1994). **Mudança Conceitual na Teoria da Relatividade Especial**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação Interunidade Física, Química, Educação, USP.

ALVES FILHO, J. P. (2000). **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UFSC.

BALIBAR, F. (2008). **Einstein: o prazer de pensar**. Rio de Janeiro: Objetiva.

BALVERDE, I. A.; GRECA, I. M. (2007). Approaches to the Teaching of Special Relativity Theory in High School and University Textbooks of Argentina. **Science & Education**, v.16, n.1, p. 65-86.

BALVERDE, I. A.; GRECA, I. M. (2006). Introducción de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio/polimodal de enseñanza: identificación de teoremas-en-acto y determinación de objetivos-obstáculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.2, p. 189-218.

BARTHES, R. (1964). **A retórica da imagem**. Trad. RODRIGUES, I.; PEDREIRA, R. K. São Paulo: FAV.

BASSALO, J. M. F. (1997). Aspectos históricos das bases conceituais das relatividades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.16, n.2, p. 180-187.

BASTIDE, F. (1990). The iconography of scientific texts: principles of analysis. In: LYNCH, M.; WOOLGAR, S. (Eds.), **Representation in scientific practice** (p. 187–229). Cambridge, MA: MIT Press.

BERGER, J. (1972). **Ways of seeing**. London: Penguin Books.

BERNUY, A. A. C.; MARTINS, I. (2000). A compreensão dos estudantes sobre as imagens nos livros didáticos de Física para o ensino médio. In: **Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Florianópolis.

BJELÍĆ, D. I. (1992). The praxiological validity of natural scientific practices as a criterion for identifying their unique social-object character: The case of the ‘authentication’ of Goethe’s morphological theorem. **Qualitative Sociology**, v.15, p.221–245.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto, 1994.

BORGES, M. D. (2005). **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma experiência didática com a Teoria da Relatividade Restrita**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Física, UFRGS.

BRANDÃO, H. **Introdução à análise do discurso**. Campinas: Unicamp, 1993.

BRASIL. (1999). Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC.

CARMO, L. A., MEDEIROS, A., MEDEIROS, C. F. (2000). Distorções conceituais em imagens de livros textos: o caso do experimento de Joule com o calorímetro de pás. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Florianópolis.

CARUSO, F.; FREITAS, N. (2009). Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366.

CASSIANO, W. S. (2002). **Análise de Imagens em Livros Didáticos de Física**. Dissertação (Mestrado em Educação), UNB, Brasília.

CASTILHO, M. I. (2005). **Uma introdução à Relatividade Especial no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, UFRGS.

COLEMAN, R. **Relatividade para todos**. S. d.

DAVALLON, J. A imagem, uma arte de memória? In: ACHARD, P. et al. **Papel da Memória**. Campinas: Pontes, 1999. p. 23-32.

DELIZOICOV, D.; ANGOTI, J. A. P. **Física**. Coleção Magistério – 2º grau. São Paulo: Cortez, 1991.

d'ESPAGNAT, B. (1990). **Penser la science ou les enjeux du savoir**, Gauthier-Villars, Paris.

DIB, S. M. F.; SOUZA, J. R.; CARNEIRO, M. H. S. Textos e Imagens no ensino de ciências. In: In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Bauru, SP. **Atas do IV Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Bauru.

ECO, U. (1964). Apocalípticos e integrados. Coleção Debates. São Paulo: Perspectiva.

EINSTEIN, A. Einstein's manuscript on the special theory of relativity. In: Klein, M.; Kox. A. J.; Renn, J. & Schulmann, R. (Ed.). **The collected papers of Albert Einstein**. Princeton: Princeton University Press, 1995 [1912]. v. 4: The Swiss years: writings 1912-1914. p. 9-108.

EINSTEIN, A. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar, 1966.

ESTRELA, A. **Teoria e prática de observação de classes: uma estratégia de formação de professores**. 4.ed. Porto: Porto Editora, 1994.

FELIPE, G.; BARROSO, M. F.; PORTO, C. M. Simulações Computacionais no Ensino de Relatividade Restrita. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16., 2005, Rio de Janeiro/RJ. **Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro: 2005.

FERNANDES, C. **Análise do discurso: reflexões introdutórias**. Goiânia: Trilhas Urbanas: 2005.

FREITAS, D. S. (2002). **Imagens visuais nos livros didáticos de biologia do ensino médio: o caso do DNA**. Tese (Doutorado) – FE, Unicamp.

GALISON, P. **Os relógios de Einstein e os mapas de poincaré. Império do tempo**. Lisboa: Gradiva, 2005.

GAMA, L. C., ALMEIDA, M. J. P. M. (2006). Condições de produção numa leitura de divulgação científica. **Revista Eletrônica Espiral**, v.7, n.26, p.1-6.

GIL, A. C. (1999). **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas.

GIRALDELLI, C. G. C. M. (2007). **Gestos de interpretação na leitura de um texto de divulgação científica: crianças em situação escolar**. Dissertação (Mestrado) – FE, Unicamp.

GOOD, R. (1994). The Reading - Science Learning - Writing Connection. **Journal of Research in Science Teaching**, v.31, n.9.

GRECA, I. M. R.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, V. E. (2001). Uma proposta para o ensino de Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, n.4, p.444-457.

GRIGOLETTO, E. (2005). Do lugar social ao lugar discursivo: o imbricamento de diferentes posições-sujeito. **Seminário de Estudos em Análise do Discurso**, 2., 2005, Porto Alegre. Anais eletrônicos. Porto Alegre: UFRGS.

GUERRA, A., BRAGA, M., REIS, J. C. (2007). Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n. 4, p. 575-583.

HAWKING, S. (2005). Uma breve história da relatividade. In: Robson, A. (Org) **Einstein: os 100 anos da teoria da relatividade**. Rio de Janeiro: Editora Campus, p. 42-51.

HOLTON, G. (1998). **Einstein, historia y otras pasiones**. Madrid: Taurus.

ISAACSON, W. (2007). **Einstein. Sua Vida seu Universo**. São Paulo: Companhia das Letras.

JIMÉNEZ, J. D., PRIETO, R. H., PERALES, F. J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. **Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 11, p. 75-85.

KARAM, R. A. S. (2005). **Relatividade Restrita no início do Ensino Médio: elaboração e análise de uma proposta**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC.

KARAM, R. A. S., CRUZ, S. M. S. C. S., COIMBRA, D. (2007). Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n. 1, p. 105-114.

KOHNLEIN, J. F. K. (2003). **Uma discussão sobre a Natureza da Ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da Relatividade Restrita**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Educação, UFSC.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Reading images: the grammar of visual design**. London, Routledge, 1999. p. 12-14.

LABURÚ, C. E.; SILVA, D.; CARVALHO, A. M. P. (2000). Analisando uma situação de aula de terminologia com o auxílio do vídeo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.22, n.1, p.100-105.

LANÇA, T. (2005). **Newton numa Leitura de Divulgação Científica: Produção de Sentidos no Ensino Médio**. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas. (Dissertação de Mestrado).

LANDAU, L.; RUMER, Y. **O que é a Teoria da Relatividade?**. Editora MIR. (Série A Ciência ao Alcance de Todos), 1963.

LEMOES, N. A. (2001). $E=mc^2$: origem e significado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, n.1, p. 3-9.

MAINGUENEAU, D. (2005). **Novas tendências em análise do discurso**. Campinas: Pontes, 2005.

MARTINS, I. G. R., GOUVÊA, G., PICCININI, C. (2005). Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, v.57, n.4, p.38-40.

MARTINS, I. G. R.; GOUVÊA, G. (2005). Analisando aspectos da leitura de imagens em livros didáticos de ciências por estudantes do ensino fundamental no Brasil. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 1-3.

MARTINS, I. G. R., GOUVÊA, G., PICCININI, C. L., ABREU, T. B., LENTO, C. R. UMA Análise das imagens nos livros didáticos de ciências para o ensino fundamental. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Bauru, SP. **Atas do IV Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Bauru, p.1-7.

MARTINS, I. (1997). O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. In: **Atas do I Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Águas de Lindóia, p. 366-373.

MARTINS, R. A. **Teoria da relatividade especial**. Campinas: Grupo de História e Teoria da Ciência, 2008. V. 1, 192p.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. (2005). Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.22, n.3, p. 299-315.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. (2001). Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n1, p.103-117.

MEDEIROS, A., LIMA JUNIOR, N., MONTEIRO JUNIOR, F. N. (2000). A coerência texto-imagem no estudo de eletróforos em livros didáticos de Física. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Florianópolis.

MENDONÇA, M. R. S. Um gênero quadro a quadro: a história em quadrinhos. DIONISIO, Â. et al. (orgs.). **Gêneros textuais & Ensino**, Rio de Janeiro, Lucerna, 2002.

MENEZES, L. C. **A matéria: uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico**. São Paulo: Livraria da Física, 2005. V1. 277p.

METZ, C. (1973). **A análise das imagens**. Petrópolis: Vozes.

MICHINEL, J. L. **O funcionamento de textos divergentes sobre energia com alunos de física. A leitura no ensino superior**. Tese (Doutorado) – FE, Unicamp, 2001.

MICHINEL, J. L.; FREITAS, D. S. O estatuto ontológico da linguagem científica na aprendizagem. In: **III Encontro sobre Linguagens, Leitura e Ensino das Ciências**, 12^o Congresso de Leitura do Brasil. Campinas, UNICAMP, Julho, 1999.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 7.ed. São Paulo: Hucitec, 2000.

MONTENEGRO, A. G. P. (2005). **A leitura de textos originais de Michael Faraday por estudantes do ensino fundamental e médio**. Dissertação (Mestrado) – FE, Unicamp.

MOREIRA, M. A. (2000). Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n.1, p.94-99.

MOREIRA, I. C.; STUDART, N. (2005). Einstein e a divulgação científica. **Ciência & ambiente**, v.30, p. 125-142.

MORRISON, K. (1989). Some researchable recurrences in discipline-specific inquiry. In: HELM, D. T., ANDERSON, W. T., MEEHAN, A. J., RAWLS, A. W. (Eds.), **The**

interactional order: New direction in the study of social order (p. 141–158). New York: Irvington.

MORS, M. P.; WOLFF, J. F. S. Relatividade no Ensino Médio: uma experiência com motivação na história. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.1, p. 14-22, 2006.

OLIVEIRA, O. B. (2001). **Possibilidades da escrita no avanço do senso comum para o saber científico na oitava série do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado) – FE, Unicamp.

ORLANDI, E. P. Análise de discurso. ORLANDI, E. P.; LAGAZZI-RODRIGUES, S. (Orgs.). **Discurso e Textualidade**. Campinas: Pontes, 2010.

ORLANDI, E. P. **Interpretação. Autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico**. Campinas: Pontes, 2006.

ORLANDI, E. P. **Análise de discurso: princípios e procedimentos**. 5.ed. Campinas: Pontes, 2003.

ORLANDI, E. P. **A linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso**. 4. ed. Campinas: Pontes, 2011.

ORLANDI, E. P. (1994). Discurso, imaginário social e conhecimento. **Em Aberto**, v.14, n. 61, p.52- 59.

ORLANDI, E. P. **Discurso e leitura**. Campinas: Editora da Unicamp, 1988.

ORLANDI, E. P. Paráfrase e Polissemia: a fluidez nos limites do simbólico. **Rua**, n. 4, p. 9-19. 1998.

ORLANDI, E. P. (1983). A escola e suas mediações. **Educação e Sociedade**, n.16, p.138-145.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. (2002). Relatividade Restrita no Ensino Medio: Contração de Lorentz-Fitzgerald e Aparência Visual de Objetos Relativísticos em Livros Didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.19, n.2, p. 176-190.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. (2004). Relatividade Restrita no Ensino Medio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física.. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.21, n.1, p. 83-102.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n.1, p.23-48.

OSTERMANN, F., FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. (1998). Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.20, n.3, p.270-288.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Tópicos de física contemporânea na escola média brasileira: um estudo com a técnica Delphi. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO

DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. **Atas do VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Florianópolis: Imprensa UFSC, 1998. 19p.

OTERO, M. R. (2002). **Imágenes y Enseñanza de la Física: Una vision Cognitiva**. Burgos: Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Tesis de Doctorado)

PANSE, S., RAMADAS, J., KUMAR, A. (1994). Alternative conceptions in Galilean Relativity: Frames of references. **International Journal of Science Education**. v.16, p. 63-82.

PATY, M. (2000). O século de Einstein. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, v. 28, n. 166, p.8-12.

PÊCHEUX, M. **Discurso: estrutura ou acontecimento**. Trad.bras. por Eni P. Orlandi. Campinas, Pontes, 1990.

PÊCHEUX, M. Análise automática do discurso (AAD-69). In: GADET, F. & HAK, T. (orgs.). **Por uma análise automática do discurso. Uma introdução à obra de Michel Pêcheux**. Campinas: UNICAMP, 1990, pp. 61-105.

PÊCHEUX, M. Rôle de la mémoire. In: MALDIDIER, D. (Org). **Histoire et linguistique**. Paris: Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1984.

PEDUZZI, L. O. Q. ; KOHNLEIN, J. F. K. (2005). Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 22, n. 1, p. 36-70.

PEDUZZI, L. (1999). Imagens complementares a um texto de Mecânica: a perspectiva de seu potencial para o aprendizado do aluno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n.1, p. 136-152.

PEECK, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated texts. **Learning and Instruction**, v.3, p.227-238.

PENA, F. L. A. (2006). Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e idéias de física moderna e contemporânea na sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.1, p.1-2.

PENA, F. L. A. Como trabalhar com “TIRINHAS” em aulas de física. **Física na escola**, v.4, n.2, p.20-21, 2003

PEREIRA, W. J. (1976). **Escritema e figuralidade**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Assis.

PEREZ, J. R. B.; CALUZI, J. J. (2004). $E=MC^2$, Ensino Médio e Divulgação da Física Moderna.. IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9., 2004, Curitiba/PR. **Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba: 2004.

PÉREZ, H.; SOLBES, J. (2006). Una propuesta sobre enseñanza de La relatividad en el bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física. **Enseñanza de las Ciencias**, v.24, n. 2, p. 269-279.

PÉREZ, H.; SOLBES, J. (2003). Algunos problemas en la enseñanza de La relatividad. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.1, p. 135-146.

PICCIONI, R. G. (2007). Special Relativity and Magnetism in an Intro-ductory Physics Course. **Physics Education**, v.45, n.3, p. 152-156

PIETROCOLA, M. P. P.; ZYLBERSTAJN, A. (1999). The use of the Principle of Relativity in the interpretations of phenomena by undergraduate physics students. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 3, p. 261-276.

PIETROCOLA, M. P. P.; ZYLBERSTAJN, A. (1996). O uso do princípio de relatividade na interpretação de fenômenos por alunos de graduação em física. In: **Atas do V Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**.

PIETROCOLA, M. (1995). Estratégias para o ensino de relatividade restrita. In: **XI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 1995. Niterói - RJ.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. (1999). É possível levar a Física Quântica para o ensino médio?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.16, n.1, p.7-34.

PONCZEK, R. L. (2005). **Spinoza e a Física: ressonâncias em Einstein e a propostas de uma pedagogia spinozista da Teoria da Relatividade**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Educação, UFBa.

QUELLA-GUYOT, D. A. (1994). **A História em Quadrinhos**. São Paulo: Unimarco Editora.

RAMADAS, J., BARVE, S., KUMAR, A. (1996). Alternative conceptions in Galilean Relativity: Inertial and non-inertial observers. **Science Education**, v.18, p. 615-619.

REGO, S. C. R; GOUVÊA, G. (2010). Imagens em materiais didáticos impressos para o ensino de física num curso de licenciatura semipresencial. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v.3, n.3, p.1-20.

RENN, J. (2004). A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.1, p. 27-36.

RICON, A. E.; ALMEIDA, M. J. P. M. (1991). Ensino da física e leitura. **Leitura: Teoria e Prática**. v. 10, n.18, p. 716.

RODRIGUES, C. D. O. (2001). **A inserção da Teoria da Relatividade no Ensino Médio**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. (Dissertação de Mestrado).

RODRIGUES, C. D. O.; OLIVEIRA, M. P. P. (1999). Abordagem da relatividade restrita em livros didáticos do ensino médio e a transposição didática. In: **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 1999, Valinhos. Florianópolis: OPM CED/ UFSC.

ROTH, W. M. (2002). Reading graphs: Contributions to an integrative concept of literacy. **Journal of Curriculum Studies**, v.34, p.1–24.

ROTH, W. M., BOWEN, G. M., MCGINN, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. **Journal of Research in Science Teaching**, v.36, p.977–1019.

SALÉM, S.; KAWAMURA, M. R. O texto de divulgação científica e o texto didático: conhecimentos diferentes? In: V Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 5., 1996, Águas de Lindóia/SP. **Atas do V Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Águas de Lindóia: 1996.

SÁNCHEZ, M. A.; SELVA, V. S. (2006). La relatividad en el bachillerato. Una propuesta de unidad didáctica. **Enseñanza de las Ciencias**, v.24, n.3, p.439-454.

SANTOS, R. P. B. (2006). Relatividade Restrita com o Auxílio de Diagramas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.23, n.2, p. 238-246.

SANTOS, C. A. (2005). Cânone da literatura einsteniana no Brasil. **Física na escolar**, v. 6, n. 1. P.95-100.

SARGENTINI, V. A descontinuidade da história: a emergência dos sujeitos no arquivo. In: SARGENTINI, V.; NAVARRO, P. **Foucault e os domínios da linguagem: discurso, poder, subjetividade**. São Carlos: Claraluz, 2004, p.77-96.

SCHERER, A. E.; TASCHETTO, T. R. (2005). O papel da memória ou a Memória do Papel de Pêcheux para os Estudos Linguístico-Discursivos. **Estudos da Língua(gem)**, n.1, p.119-123.

SCHNOTZ, W., PICARD, E., HRON, A. (1993). How do successful and unsuccessful learners use texts and graphics? **Learning and Instruction**, v.3, p.181–199.

SILVA, J. R. C. da. O Gênero Tira de Humor e os recursos enunciativos que geram o efeito risível. XII Congresso Nacional de Linguística e Filosofia, 12., 2008, Rio de Janeiro/RJ. **Anais do XII Congresso Nacional de Linguística e Filosofia**. Rio de Janeiro: 2008.

SILVA, C. F. (2008). **Construção e realidade nas imagens dos livros didáticos de física**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – PUC/MG.

SILVA, C. F., MARTINS, M. I. A iconicidade em livros didáticos de física. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 11., 2008, Curitiba/PR. **Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba: 2008.

SILVA, C. M. L. F. (2006). **Uma proposta para o ensino da Teoria da Relatividade Especial no Nível Médio**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UFRN.

SILVA, H. C. (2006). Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. **Pro-Posições**, v.17, n.1, p. 71-83.

SILVA, H. C.; ZIMMERMANN, E.; CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L.; CASSIANO, W. S. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência & Educação**, v. 12, p. 219-233, 2006.

SILVA, H. C. (2006). O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, v.1, p. 53-59.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. (2005). O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.4, n.3, p.1-25.

SILVA, H. C.; COLARES FILHO, J. L. Imagens interativas no ensino de física: construção e realidade. In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9., 2004, Jaboticatubas/MG. **Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Jaboticatubas: 2004.

SILVA, M. J. (2004). **Uma Contribuição para o Ensino dos Postulados da Teoria da Relatividade Restrita para Alunos do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado) – UFRPE.

SILVA, H. C.; COLARES FILHO, J. L. Produção de sentidos por imagens interativas: apples no ensino de física. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4., 2003, Bauru/SP. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru: 2003.

SILVA, H. C. (2002). **Discursos escolares sobre gravitação newtoniana: textos e imagens na física do ensino médio**. Tese (Doutorado) – FE, Unicamp.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Análise de verbalizações e do uso de textos em aulas de física, 2º grau: uma tentativa de compreensão do próprio trabalho pedagógico. In: X Simpósio Nacional de Ensino de Física, 10., 1993, Londrina/PR. **Anais do X Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Londrina: 1993.

SOUSA, F. F. G.; LINDINO, T. C.; COIMBRA, D. Ensino de Relatividade Restrita através da análise das pré-concepções dos alunos. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16., 2005, Rio de Janeiro/RJ. **Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro: 2005.

SOUZA, L. H. P.; REGO, S. C. R.; SOUSA, G. G. (2010). A imagem em artigos publicados no período 1998-2007 na área de Educação em Ciências. **Ensaio –Pesquisa em Educação em Ciências**, v.12, n.3, p.85-100.

SOUZA, L. C. P. (2009). Com a palavra, a imagem. **História, imagem e narrativas**, n.9, p. 1-16.

SOUZA, T. C. C. (2001). A análise do não verbal e os usos da imagem nos meios de comunicação. **Rua**, v.7, p. 65-94.

SOUZA, S. C. (2000). **Leitura e fotossíntese: proposta de ensino numa abordagem cultural**. Tese (Doutorado) – FE, Unicamp.

TAVARES, L. A. (2005). **A imagem impressa e ciência: ilustrações em livros didáticos de física (séculos XIX e XX)**. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) - PUC, São Paulo.

TERRAZZAN, E. A. O potencial didático dos textos de divulgação científica: um exemplo em física. Encontro Linguagens, Leituras e Ensino de Ciências, 3., 2000, Campinas/SP. **Anais do III Encontro Linguagens, Leituras e Ensino de Ciências**. Campinas: 2000.

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

TESTONI, L. A.; ABIB, M. L. V. S. (2005). A utilização de histórias em quadrinhos no ensino de física: uma proposta para o ensino de inércia. **Enseñanza de las ciencias**, n. extra.

TESTONI, L. A. **Um Corpo Que Cai: As Histórias em Quadrinhos e o Ensino de Física**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Educação- FEUSP, São Paulo, 290p.

WHITAKER, M. A. B. (1976). Definitions of mass in special relativity. **Physics education**. Janeiro, p.55-57.

WITTGENSTEIN, L. (1958). **Philosophical investigations** (3rd ed.). New York: Macmillan.

WOLFF, J. F. S. (2005). **O Ensino da Teoria da Relatividade Especial no Ensino Médio: uma abordagem Histórica e Conceitual**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, UFRGS.

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

VALENTE, L.; BARCELLOSA, M. E.; ZANETIC, J. Entrevista com Einstein. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007, São Luiz/MA. **Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Luiz: 2007.

VALENTE, L.; BARCELLOS, M. E.; SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. $E=MC^2$: Uma Abordagem para a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. 10., 2006, Jaboticatubas/MG. **Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Jaboticatubas: 2006.

VIEIRA, C. L. **Einstein, o Reformulador do Universo**. Rio de Janeiro, Odysseus, 2003.

- VILCHES, L. (1991). **La lectura de la imagem**. Buenos Aires, Paidós.
- VILLANI, A.; ARRUDA, S. (1998). Special Theory of Relativity, Conceptual Change and History of Science. **Science & Education**, v.7, n.2, p. 85-100.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. (1987). Students' spontaneous ideas about the speed of light. **International Journal of Science Education**, v.9, p. 55-66.
- VILLANI, A. (1980). Análise de um curso de introdução à relatividade. **Revista de Ensino de Física**, v. 2, n. 1.
- ZANON, D. A. V. (2006). **O cientista, a escrita e a linguagem científica: visão de alunos de bacharelado em química**. Tese (Pós-Doutorado) – FE, Unicamp.
- ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. (2007). Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.3, p.437-446.
- ZIGGELAAR, A. (1975). Teaching special relativity. **Physics Education**, v.10, n.5, p.361-363.
- ZIMMERMANN, E., EVANGELISTA, P. C. Q. (2004). Leitura e Interpretação de Imagens de Física no Ensino Fundamental. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 2004. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Jaboticatubas, 2004.
- ZUCCOLILLO, C. M. R. (2000). **Língua, nação e nacionalismo: um estudo sobre o guarani no Paraguai**. Tese (doutorado). Instituto de estudos da linguagem – UNICAMP, Campinas – SP.

ANEXOS

Anexo 1 - Roteiro do Questionário

- 1) Você trabalha? No quê?;
- 2) O que você pretende fazer profissionalmente quando estiver formado?;
- 3) Você tem alguma experiência como docente? Se tiver, conte: quando, em que tipo de escola (pública regular, privada regular, aula particular, cursinho, etc.), e que disciplina(s). Resuma também o(s) principal (is) problema (s) que enfrentou ou está enfrentando para lecionar;
- 4) No ensino fundamental e médio, estudou em escola pública ou privada? Se tiver estudado nas duas, diga quais os cursos que fez numa e na outra;
- 5) Procure contar quais são suas melhores e suas piores lembranças do ensino fundamental e médio, e, se lembrar, relate algum acontecimento, que considerou marcante, na sua vida como estudante de ensino médio;
- 6) O que você pensa sobre ensinar Relatividade no Ensino Médio? Justifique o porquê e se achar que esse conteúdo deve ser ensinado, sugira formas de inseri-lo;
- 7) Na sua opinião que características deve ter um texto de divulgação científica? Você costuma ler textos desse tipo? Se sim, com que finalidade?;
- 8) Suponha textos que abordem assuntos de física. Esses textos podem: a) ser escritos em linguagem comum/coloquial; b) ter fórmulas matemáticas; c) ter desenhos; d) ter fotografias; e) ter quadrinhos/tirinhas, charges; f) se apoiar na história; g) fazer referência à cultura popular; h) fazer uso de ironia, humor, analogias, metáforas; i) conter experimentos, tanto de pensamento como práticos; j) conter vínculos com o cotidiano, entre outros elementos. Dos possíveis elementos constitutivos do texto citados, quais você julga relevantes para que muitas pessoas possam aprender física ao ler o texto. Justifique sua resposta;
- 9) Como você considera que funcionam as imagens/ilustrações/figuras enquanto recursos de ensino e como elas deveriam funcionar no caso específico de conteúdos de física? Justifique sua resposta e, se possível dê exemplos;
- 10) Como você considera que funcionam analogias/comparações enquanto recurso de ensino e como elas deveriam funcionar no caso específico de conteúdos de física? Justifique sua resposta e, se possível dê exemplos.

Anexo 2 - Roteiro da Entrevista (Adaptado de Estrela,1994, p.343)

I- Tema: O funcionamento de imagens na leitura por licenciandos em física da relatividade restrita em textos de divulgação de autores cientistas.

II- Objetivo geral da entrevista: Conhecer como alunos interpretam as imagens a partir da leitura que fazem da teoria da relatividade restrita por meio de textos de divulgação científica escritos por cientistas.

III- Objetivos específicos e estratégias (orientação geral para o roteiro da entrevista)

Quadro 4 – Orientação geral para o roteiro da entrevista

Designação dos blocos	Objetivos específicos	Para um formulário de perguntas	Observações
1 Legitimação da entrevista e motivação	Legitimar a entrevista e motivar o entrevistado.	1- Informar ao entrevistado do nosso trabalho de investigação: estudo sobre o funcionamento de imagens na leitura por licenciandos em física da relatividade restrita em textos de divulgação de autores cientistas. 2- Pedir ajuda do aluno, pois a sua contribuição é absolutamente imprescindível para os objetivos do estudo proposto. 3- Assegurar o caráter confidencial das informações prestadas. 4- Assegurar o comprometimento do retorno dos resultados da análise realizada para o entrevistado colaborador.	Tempo médio previsto: 10 a 15 min. A ideia é que as respostas sejam o mais precisas, breves e esclarecedoras possíveis, sem desvio dos objetivos específicos do bloco.
2 Pontos Iniciais	Recolher elementos referentes ao objetivo geral.	1- Solicitar ao aluno que descreva como foi seu contato/aprendizagem sobre a teoria da relatividade, em que momento ocorreu. 2- Detectar suas interpretações sobre a inserção de física moderna e contemporânea, em especial da TRR. 3- Identificar as dificuldades que considera para o ensino deste tópico curricular.	Os elementos obtidos neste bloco constituem ponto de partida para a elaboração das perguntas.
3 Interpretações sobre o	Identificar as opiniões sobre o uso de TDC.	1- Solicitar ao aluno que descreva suas interpretações sobre o uso de textos de divulgação científica para o	---

funcionamento de textos de divulgação científica		ensino de conteúdos científicos, em especial aqueles elaborados por cientistas para o ensino da TRR.	
4 Interpretações e sentidos atribuídos as imagens	Explicitar possíveis sentidos atribuídos as imagens	1- Solicitar ao estudante que fale sobre suas ideias acerca do funcionamento de imagens no ensino de relatividade. 2- Solicitar ao estudante que indique em que momento sente a necessidade de utilizar imagens. 3- Identificar as formas do uso das imagens.	Procurar obter dados referentes às preocupações e expectativas quanto às imagens. Procurar obter dados referentes aos procedimentos específicos quando do uso de imagens.

2º BLOCO

- 1) Qual a sua posição sobre a inserção de assuntos de física moderna e contemporânea na escola média? E sobre ensinar relatividade?
- 2) Você já estudou relatividade? Em que momento/disciplina? Como foi o ensino? Quais textos eram utilizados?
- 3) Você ensinaria relatividade na escola média? Justifique. Por quê? De que maneira? Você percebe alguma dificuldade em ensinar? Qual?

3º BLOCO

- 4) O que você pensa a respeito do uso de textos de divulgação científica como, por exemplo, “O que é a teoria da relatividade?” Você usaria para ensinar a relatividade? De que maneira?
- 5) O texto que você leu ajudou a compreender a relatividade? Justifique? O que ele possui que você consideraria que contribuiu para isso?
- 6) Que aspectos mais gostou e o que considera falho no livro?
- 7) E em relação ao livro “A teoria da relatividade especial e geral”?

4º BLOCO

- 8) As imagens ajudaram? Em que medida?
- 9) Para você que papel desempenha ou desempenharam as imagens? Quais contribuições elas trouxeram e as limitações?
- 10) Destaque alguma(s) em especial que você considera que contribuiu e por quê?

Encontrar o caminho na mata com o GPS? Pendurar um quadro na parede com um nível a laser? Tirar fotocópias? É melhor agradecer a Einstein

Por Philip Yam

EINSTEIN NODIA-A-DIA

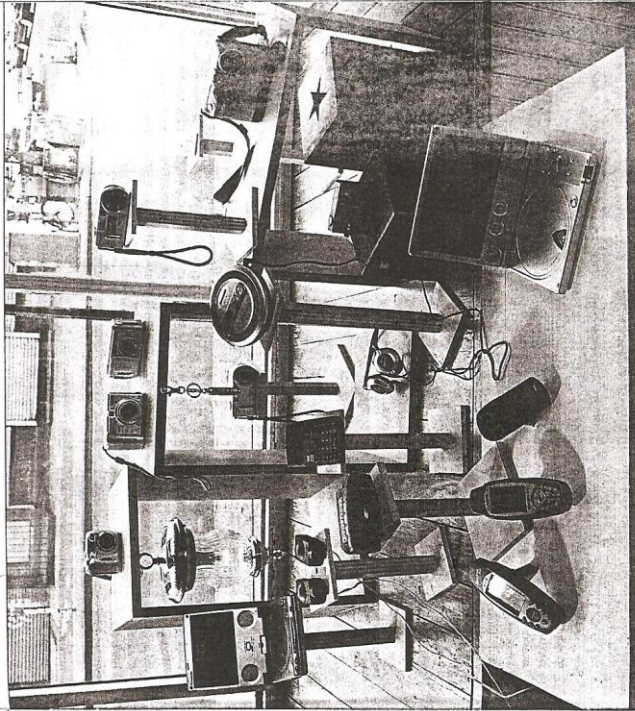
Não é surpresa que as idéias de Einstein sejam essenciais em muitos tipos de pesquisa científica, permitam que os físicos acelerem partículas próximas a velocidade da luz e que os astrônomos meçam e modelam fenômenos celestiais. Mas as contribuições que Einstein fez durante sua vida também se estendem a muitos de nossos encontros diários com a tecnologia. A descrição de como a luz pode atuar como partículas, de como os átomos podem emitir radiação e de como a velocidade e a gravidade afetam os relógios são muito importantes para a operação de equipamentos comuns.

Para testar minha teoria, fui a um shopping comum. Minha primeira interação com Einstein aconteceu ao entrar em uma gigantesca loja de departamentos. As portas se abriram depois que uma célula fotoelétrica — um "olho eletrônico" — percebeu minha aproximação. O sensor, feito de um semicondutor inserido entre dois diodos, responde à luz. A medida que a intensidade desta última varia — pela interrupção de um feixe de luz ou pela redução da iluminação geral — a quantidade de corrente gerada pelo sensor muda. Apropriada a circuitos apropriados, a corrente pode fazer as portas se abrirem.

Esses sensores representam uma aplicação do

RESUMO

- As teorias de Einstein possibilitam a operacionalização de diversos tipos de tecnologia para uso do cotidiano.
- O efeito fotoelétrico, conceito da física quântica, possibilita a construção de sensores de luz, como os encontrados em fotocópias e sensores de movimento.
- A teoria da relatividade descreve como a velocidade e a gravidade afetam o tempo e o espaço, o que é fundamental para o funcionamento de sistemas de navegação por satélite.
- A teoria da relatividade também explica a necessidade de ajustes nos relógios atômicos para o funcionamento preciso de sistemas de navegação por satélite.



ENSTEIN A VENDA: a influência do físico abrange aparelhos movidos a energia solar, unidades GPS, câmeras digitais e lasers em DVD, cassetes para apresentação e brinquedos

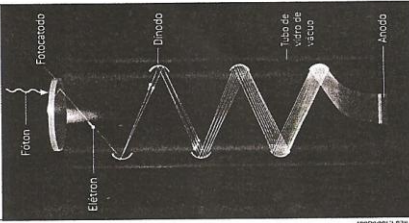
relatividade não era óbvia para os projetistas originais do GPS

Nas décadas posteriores ao artigo de 1917 apareceram referências estranhas à laser — inventado alguns anos depois do maser — a cavidade é simplesmente o espas-

FOTOMULTIPLICADORES

O Trabalho da Luz

O TUBO fotomultiplicador, essencial em câmeras de vídeo, explora o efeito fotoelétrico para converter iluminação em impulsos elétricos. Um fóton incide sobre um metal chamado de fotocátodo, que ejeta um elétron. Campos magnéticos das espirais circulares (*foto mostradas*) guiam o elétron para outro tipo de metal, chamado ânodo, que, quando aquecido por um elétron, emite elétrons adicionais. Dinódos posicionados em sucessão aumentam assim o número de elétrons, até que atingem o ânodo e produzem um sinal.



Sinais do GPS

FOTOMULTIPLICADORES

O Trabalho da Luz

O TUBO fotomultiplicador, essencial em câmeras de vídeo, explora o efeito fotoelétrico para converter iluminação em impulsos elétricos. Um fóton incide sobre um metal chamado de fotocátodo, que ejeta um elétron. Campos magnéticos das espirais circundantes (*veja mostrados*) fazem o elétron seguir um caminho em espiral, multiplicando-o por um fator de 10. O chamado ânodo, que, quando aquecido por um filamento, emite elétrons adicionais. Dinodos posicionados em sucessão aumentam assim o número de elétrons, que ao atingir o último, produzem um sinal.

sua vez, poderiam estimular dois outros átomos a emitirem fótons, produzindo quatro fótons. Esses quatro fótons poderiam levar a oito, e assim por diante.

O anúncio para criar um feixe coerente seria estabelecer uma "inversão de população" — ou seja, mais átomos excitados do que não excitados — e descobrir uma maneira de permitir que os fótons emitidos se acumulassem em um feixe intenso. Isso não aconteceu antes de 1954, quando Charles H. Townes e colegas da Universidade de Columbia inventaram o predecessor do laser, o "maser" (amplificação de microondas por emissão estimulada de radiação).

Em retrospecto, “é de se esperar que a viragem de fazer tática levada ao extremo” venha dos jovens. Foi em 1999 em *Canoa Sul-este* que nasceu a primeira. “Podia ter surgido 30 anos antes”, uma possível razão, embora as emissões de Einstein demonstrem que a antítese estimulada produz formas adicionais, das não indicam explicitamente que produza criaturas exatas, idênticas não somente em frequência, mas também em fase. Pense de tudo isso como o sol e filamentos de tungstênio produzindo bastantes fótons, mas todos estes fora de fase — produzem a versão oposta de tudo aquilo — produzem a versão oposta coerente-aleatória. Se todos os fótons foram coerentes — produziram o mesmo ruído ao mesmo tempo — os resultados serão um ruído coerente em vez de um ruído aleatório.

o único em vez de um adorado absoluto. Einstein "nunca considerou a coerência", resumiu Townes, agora na Universidade da Califórnia, em Berkeley. Mas "estudou certo de que, se questionado, Einstein teria rapidamente concluído que devia haver coerência e, se houvesse átomos suficientes em um estado superior apropriado, haveria amplificação livre".

Embora alguns físicos reconhecessem que os fótons seriam coerentes, os cálculos de Einstein mostravam que a emissão estimulada raramente ocorreria. "Einstein previu um efeito incrivelmente pequeno, e as pessoas não entenderam seu significado", afirma o físico da Universidade de

dam o tempo de exposição das câmeras de fotografia – em suma, está envolvido em quase todos os dispositivos eletrônicos que controlam ou são acionados pela luz. Eles

Os dados são usados até em análises de purificação — a célula tomodélica capta a mudança de cor que surge depois que um gás de teste, como o álcool, é adicionado. O efeito levou também à invenção de tomodolipídios, que consistem em tubos de vidro de vácuo contendo uma série de degraus de metal. Os médicos podem expelir sucessivamente mais elétrons e, depois, que um alvo inicial é atingido por elétrons. Dessa maneira, um sinal fraco de elétrons é amplificado. Os tomodolipídios também canalizam a luz em detectores astronômicos e câmeras de televisão.

Células solares e fotovoltaicas são a aplicação mais visível do efeito fotoelétrico. As células solares, que surgiram na década de 1950, convertem de 15 a 30% da luz incidente em eletricidade e geram potência para calculadoras, relógios, resistências, satélites em órbita e para os veículos que exploram Marte.

Pensamento Estimulado

NA SEÇÃO DE PRODUTOS ELETRÔNICOS da loja, perto das 30 caixas registradoras, vejo pilhas de DVDs e CDs players pontifeiros. Algumas custam só US\$12,99. Tanto registrados quanto CD players/DVDs usam o mesmo tipo de tecnologia, mas o que é mais interessante, sob uma perspectiva einsteiniana, é o feixe vermelho de luz coerente que projeta. O anual e onipresente laser revela sua existência a um arcaibouzo teórico montado por Einstein em 1917.

Com o artigo "Sobre a Teoria da Luz e da Matéria", Einstein continuou a explorar o Quantum. Em particular, constatou que os átomos podem ficar excitados — isto é, saltar para um nível mais alto de energia — e não observaram luz. Para retornar a um nível inferior, eles emitem luz espontaneamente. Além da absorção e emissão espontânea, Einstein deduziu que um processo tipo de interação deveria existir, na qual um fóton poderia induzir um átomo excitado a emitir outra luz. Esses dois fenômenos, por

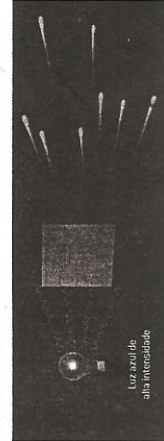
EFENIO FOTOELÉTRICO

Ondas e Partículas

O EFEITO FOTOELÉTRICO, explorado em sensores, células fotoelétricas e outros detectores de luz, refere-se à capacidade da luz de desalojar elétrons de uma superfície de materiais eletrônicos de luz, refere-se à capacidade da luz de desalojar elétrons de uma superfície de metal. Um aspecto do efeito é que a velocidade dos elétrons ejetados depende da cor da luz, não da intensidade da luz. A física clássica, que descreve a luz como uma onda, não explica a dependência da velocidade dos elétrons ejetados da cor da luz, mas sim da intensidade da luz. Ao deduzir que a luz também poderia atuar como um feixe discreto de energia — isto é, uma partícula — Einstein pôde explicar suas observações.



1 Uma luz vermelha estimula os elétrons para fora de uma peça de metal. Na visão clássica, a luz é uma onda contínua e a energia está espalhada sobre a onda. Com luz mais intensa, mais elétrons são ejetados. A física clássica sugere que eles deveriam se mover mais rápido com mais ondas — mas isso não acontece.

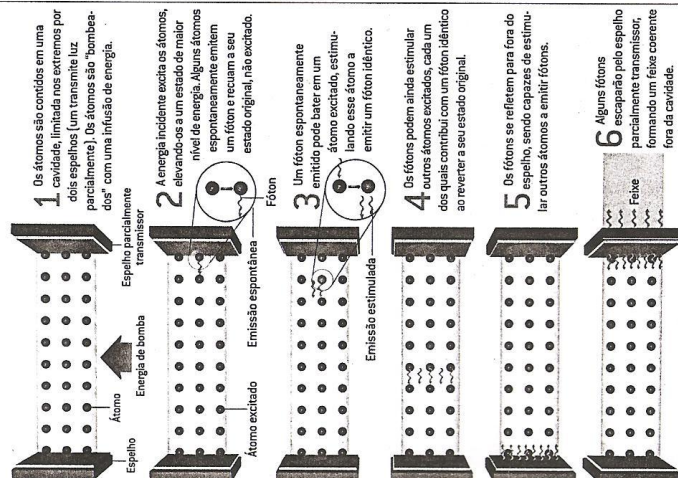


3 Adiantar a luz para azul resulta em elétrons muito mais rápidos. A razão é que a luz pode se comportar como ondas contínuas, mas também como feixes discretos de energia chamados de fótons. Um fóton azul contém mais energia do que um fóton vermelho e, ao atingir a mesma fibra, transmite mais energia para os elétrons, fazendo-os transmitir maior momento a um elétron seguinte. A interpretação corpuscular da luz também explica por que a maior intensidade de luz aumenta o número de elétrons, mas não a velocidade deles. A velocidade dos elétrons tem probabilidade de ser o mesmo.

Lasers podem ser feitos a partir de matérias-primas muito diferentes, inclusive gelatina infundida com corante fluorescente e mesmo água rônica

Luzes Mais Brilhantes

DLASER (e seu primo de microondas, o **maser**) resulta da emissão estimulada de fótons (radiação) por átomos excitados. Einstein previu a existência do processo em 1917 e hoje os lasers formam a base de muitos produtos para o consumidor, incluindo indicadores, lâmpadas e DVDs.



EMIÇÃO ESTIMULADA

mítico (ver "Coordenadas do Futuro", *Scientific American Brasil*, junho de 2004).

Atualmente, a maior parte dos aparelhos receptores GPS comprados em lojas pode detectar sua posição com precisão de cerca de 15 metros. Precisão de menos de 30 metros, observa o físico Neil Ashby, da Universidade do Colorado, em Boulder, certamente significa que o receptor GPS incorpora a teoria da relatividade. "Se não se levasse a relatividade em conta, então os relógios usados lá não estariam sincronizados com os relógios aqui embaixo", comenta Clifford M. Will, físico da Universidade de Washington. Segundo a teoria da relatividade, relógios atômicos no espaço, movendo-se a 14 mil km por hora, como os do GPS, atrasam cerca de 7 microssegundos por dia em relação aos terrestres, calcula Will.

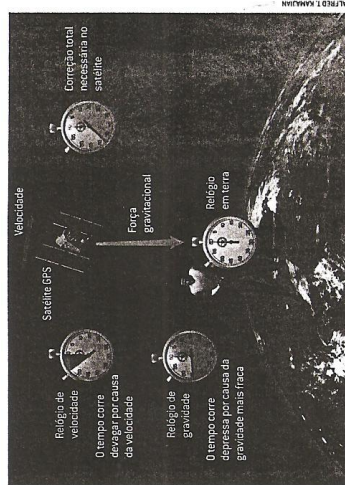
A gravidade, no entanto, exerce efeito relativista maior sobre o andamento do tempo. A uma média de 20 mil km de altura, os satélites GPS experimentam um quanto da ação gravitacional que teriam no solo. Como resultado, os relógios a bordo rodavam mais depressa em cerca de 45 microssegundos por dia. Portanto, é preciso levar em conta um desvio geral de 38 microssegundos no GPS. "Se não houvesse uma compensação de frequência nos satélites, seria acumulado um erro de 11 km/dia", explica Ashby. (Na realidade, os efeitos são mais complicados, porque os satélites seguem órbita excêntrica, variando mais perto da Terra em certas ocasiões e mais distante em outras.)

A ideia de efetuar a correção pela relatividade não era óbvia para os projetistas originais do GPS, amadores de engenharia milimétrica, na década de 1970. "Havia controvérsias", lembra-se Ashby, que trabalhou como consultor. "Algumas pessoas

RELATIVIDADE E GPS

O Tempo e o Tempo de Novo

O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS) requer correções relativistas. Por causa da força gravitacional mais fraca sobre os satélites, os relógios a bordo trabalham cerca de 45 microssegundos por dia mais rápido do que os relógios na superfície da Terra. A velocidade dos satélites GPS adiciona um outro efeito relativístico, fazendo os relógios trabalharem 7 microssegundos por dia mais lentamente. Portanto, é necessário calcular um fator de correção de 38 microssegundos por dia para produzir dados de GPS precisos. Erros de relatividade são cancelados em receptores GPS capacitados com o sistema de ampla área de aumento (WAAS), porque as unidades se utilizam de sinais adicionais a partir de estações terrestres.



que patenteou está em toda parte. Com o amigo físico Leo Sillard, Einstein inventou refrigeradores na década de 1920. As máquinas dependiam de bombas eletromagnéticas que não vazavam (os gases de resfriamento de então eram tóxicos). A invenção de gases refrigeradores mais seguros rapidamente tornou obsoleta a bomba sem vazamento, e a geladeira de Einstein nunca apareceu em lojas de eletrodomésticos. Contudo, a bomba sobrevive para mover o solo e restar um tipo de reator nuclear chamado de reprodutor rápido. Naturalmente, não era o sonho de se tornar inventor que impulsionava Einstein, interessado em compreender a natureza. Ele deixava a elucidação tecnológica de suas teorias para outros. O mesmo pode ser dito de $E = mc^2$, equação que surgiu da publicação de 1905 sobre a relatividade. "Ames

disso, as pessoas não tinham considerado que a matéria podia ser convertida em energia", observa Stroud. Dada sua sedutora simplicidade – multiplicar uma pequena quantidade de massa pela velocidade da luz ao quadrado para obter muita energia – era quase certo que seria possível ver isso em ação. "Suspeito que muitas pessoas começaram a pensar nisso", observa Will.

Corrente, ao fazer a bomba de fisão nuclear, os cientistas do Projeto Manhattan estavam motivados por imperativos mais prementes do que confirmar que E realmente se iguala a mc^2 . Trata-se de um dos legados tecnológicos de Einstein que ainda pode mudar o mundo radicalmente – e seguramente um item que nunca será vendido em lojas.

Philip Yam é editor da *SCIENTIFIC AMERICAN*.

PARA CONHECER MAIS

How the Laser Happened: Adventures of a Scientist, Charles H. Townes, Oxford University Press, 1999. Relativity and the Global Positioning System, Neil Ashby em *Physics Today*, Vol. 55, N.º 5, págs. 41-47, maio de 2002. Einstein on the Photoelectric Effect, David Cassidy, www.aip.org/history/einstein/essay/photoelectric.htm

Einstein Inventor

AS TENTATIVAS DE EINSTEIN para desenvolver seus próprios aparelhos não resultaram em nenhum bem de consumo durável, mas os mecanismos relacionados