

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

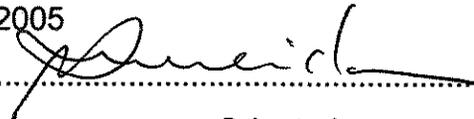
NEWTON NUMA LEITURA DE DUVLUGAÇÃO CIENTÍFICA: PRODUÇÃO DE  
SENTIDOS NO ENSINO MÉDIO

Autora: Tatiana Lança  
Orientadora: Maria José P. M. de Almeida

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação defendida por Tatiana Lança e aprovada pela Comissão Julgadora.

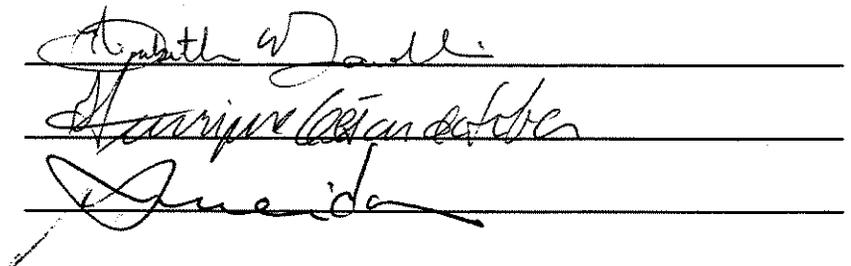
Data: 17-06-2005

Assinatura:.....



Orientadora

COMISSÃO JULGADORA:



2005



© by Tatiana Lança, 2005.

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	UNICAMP L221n
V	EX
TOMBO BC/	66484
PROC.	16-0-0008-03
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	11,00
DATA	12/12/05
Nº CPD	

Bib. id. 374267

**Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca  
da Faculdade de Educação/UNICAMP**

L221n Lança, Tatiana.  
Newton numa leitura de divulgação científica : produção de sentidos no ensino médio / Tatiana Lança. -- Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador : Maria José Pereira Monteiro de Almeida.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Newton, Isaac, Sir, 1642-1727 - Leis. 2. Análise do discurso. 3. Ensino médio. 4. Física – Estudo e ensino. I. Almeida, Maria José Pereira Monteiro de. II. Universidade Estadual de Faculdade de Educação. III. Título.

05-0171-BFE

**Keywords:** Newton's laws; Speech analysis; Secondary education; Physics – Study and teaching.

**Área de concentração:** Ensino, Avaliação e Formação de Professores.

**Titulação:** Mestre em Educação

**Banca examinadora:** Maria José Pereira Monteiro de Almeida (Orientadora)

Henrique César da Silva

Elizabeth Barolli

**Data da defesa:** 17/06/2005

## **AGRADECIMENTOS**

*Cursando as disciplinas de licenciatura em Física, durante o curso de bacharelado, é que conheci a professora Maria José e o grupo gepCE. Nesta época já gostava muito de escola e de alunos, e nas disciplinas aprendi que não bastava gostar de ensinar, mas era preciso também conhecer e refletir a respeito desta prática. Foram três disciplinas na Faculdade de Educação e uma orientação para a disciplina “Instrumentação para ensino”, oferecida no Instituto de Física, que cursei com a professora Maria José (que ainda não aprendi a chamar de Zezinha) durante o curso de Bacharelado em Física. Ao final do Bacharelado comecei iniciação científica, e um ano depois, o mestrado.*

*Para ela, poderia dizer muitas palavras, no entanto acredito que estas possam ser resumidas em um: muito obrigada, com carinho! Agradeço por ter aprendido desde a graduação a importância de se ter disciplina e empenho, em todo momento. Estou feliz, acredito que tive uma orientadora, e hoje sei que tenho alguém que posso sempre contar!*

*Agradeço também ao professor André Assis e à professora Roseli Fontana pela leitura do trabalho e pelas sugestões na qualificação. Aos professores, membros do gepCe, Pedro e Maurício, que acompanharam o trabalho desde o início e contribuíram significativamente com discussões promovidas em suas aulas e participações no gepCE.*

*À Capes pelo apoio financeiro.*

*Aos funcionários da Faculdade de Educação e em especial, a Pós –Graduação, por sempre ter sido tratada com muita atenção.*

*À amiga e “assessora de pesquisa”, Liliane, que além de participar deste trabalho filmando as salas, esteve comigo cursando algumas disciplinas e realizando alguns trabalhos. Relembro, com muita saudade, nossas conversas...*

*.À Anisabel, que me ensinou a ter mais paciência. .*

*Em especial à escola em que realizei a pesquisa e aos alunos desta.*

*Com muito carinho, admiração e respeito, agradeço aos meus pais, pela paciência e incentivo, sempre.*

*À Juliana, que com toda a sua calma, imprimia os trechos da dissertação, sempre na última hora.*

*À Lucilene pela leitura atenta e revisão do texto.*

*Ao Gustavo por ouvir as minhas “inquietações”.*

*Aos amigos de graduação Gabriel, “David`s”, Rodrigo (Mestre dos Mestres), Lu, Lázaro...*

*Aos amigos Anderson, Daniela e Rodolfo, pela leitura do livro.*

**OBRIGADA, Vocês são ótimos!!!**

## RESUMO

Neste trabalho, a partir de um estudo realizado em uma escola pública da cidade de Jundiaí – SP, buscou-se aliar o ensino da Física à prática de leitura de um livro de divulgação científica, em alunos da primeira série do ensino médio, procurando-se verificar o funcionamento da leitura das leis de Newton, como apresentadas no livro: *Isaac Newton e sua maçã*, com a mediação da pesquisadora.

Tendo em vista atingir esse objetivo, propusemo-nos a responder a seguinte questão:

Como são produzidos os significados a partir da leitura do texto citado sobre Isaac Newton, considerando as condições de produção do estudo e as mediações ocorridas durante o desenvolvimento das aulas assumidas pela pesquisadora (autora deste trabalho)?

O suporte se encontra na linha francesa da análise de discurso, principalmente em trabalhos de Michel Pêcheux e Eni Orlandi. Nesses autores encontra-se sustentação para admitir a relevância de se compreender o funcionamento dos discursos escolares.

Verificamos que os processos de produção de sentidos, a partir de atividades de leitura em sala de aula, como as que foram realizadas, ocorreram de maneira específica para cada aluno, e, como esperávamos, confirmamos que os mesmos processos dependem das condições de produção e das histórias de vida dos estudantes.

## ABSTRACT

In this present work carried out in a public high school placed at Jundiaí – SP, a Brazilian country city, we tried to put together the physics teaching methodology with the reading of a scientific disclosure book, on high-school-students of the first school year, aiming to verify how works the reading of Newton's laws presented in the book: *Isaac Newton and his apple*. With the research mediation.

Attempting to reach this goal, we propose ourselves to answer the follow question: How does the meaning are produced from the reading of Isaac Newton's texts, taking into account the condition of the study's output and the mediations happened through the developing of the classes assumed by myself?

We have found out the support into the French line of the speech analysis, mainly on the authors Michel Pêcheux and Eni Orlandi. On these ones we got the sustentation in order to let in the relevance on the scholar speech understanding.

We also have verified that the sense-prductions proceedings, from the reading activities applied into the classrooms, second those ones by us carried out, to come out in a specific way to each student, how we hoped, sustaining that the same process depend on the production's condicions and the private-history-life

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ISAAC NEWTON E SUA PRODUÇÃO: AS TRÊS LEIS DO MOVIMENTO</b>	
1.1 A vida e a época de Isaac Newton.....	5
1.2 <i>Principia</i> e as leis de Newton.....	11
1.3 Uma discussão sobre as três leis do movimento.....	14
<b>2. ISAAC NEWTON E SUA MAÇÃ: UM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1 Uma biografia de Newton.....	19
2.2 <i>Isaac Newton e sua maçã</i> : as três leis do movimento.....	24
<b>3. APOIO TEÓRICO/METODOLÓGICO.....</b>	<b>27</b>
3.1 Bachelard e a perspectiva descontinuísta da ciência.....	27
3.2 Análise de discurso e leitura.....	31
<b>4. LEIS DE NEWTON, LEITURA E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: ALGUNS TRABALHOS.....</b>	<b>43</b>
4.1 Leis de Newton e a Física escolar.....	43
4.1.1 Leis de Newton.....	43
4.1.2 Concepções de ciência e a Física escolar .....	45
4.2 Leitura em ciências .....	46
4.3 O texto de divulgação científica.....	56
4.4 A atividade de leitura e possibilidades das mediações de ensino em sala de aula.....	59
<b>5. CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO DO ESTUDO E ALGUNS EPISÓDIOS DE ENSINO..</b>	<b>65</b>
5.1 A escola, registro dos discursos e os procedimentos de ensino.....	65
5.1.1 A escola e o registro dos discursos .....	65
5.1.2 Procedimento de ensino e algumas ocorrências na leitura.....	69

<b>5.2 Questões, comentários e análise de alguns episódios de ensino.....</b>	<b>72</b>
<b>5.2.1 Tipos de perguntas feitas pelos estudantes.....</b>	<b>72</b>
<b>5.2.2 Comentários dos estudantes sobre aula.....</b>	<b>75</b>
<b>5.2.3 Alguns episódios de ensino .....</b>	<b>77</b>
<b>6. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>103</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>113</b>

## INTRODUÇÃO

Busco, com este trabalho, aliar o ensino da Física à prática de leitura de um livro de divulgação científica, em sala de aula de ensino médio, partindo de noções da análise de discurso de linha francesa.

Durante o curso de Bacharelado em Física, cursei algumas disciplinas na Faculdade de Educação (disciplinas da Licenciatura). Ainda durante o curso de graduação dava aulas particulares de Física e Matemática. Escolhi dividir o tempo entre aulas particulares e o próprio curso de Física, sem fazer iniciação científica nessa área.

A partir das duas disciplinas de estágio que cursei, assisti a algumas aulas de Física no ensino médio e, também, como professora, ministrei algumas aulas dessa disciplina. Notei, nessas aulas, que a Física no ensino médio é sinônimo de desconforto para a maioria dos alunos. Por outro lado, esses mesmos alunos quase não estão acostumados a ler e, quando realizam leituras, usualmente relacionam-nas às aulas de Língua Portuguesa.

Por isso, enquanto professora de Física, era constante a minha preocupação em poder tornar a aprendizagem da Física mais acessível e agradável aos estudantes.

Por outro lado, Isaac Newton foi o responsável por unir o céu e a Terra e suas leis do século XVII explicam grande parte do Universo como o entendemos hoje:

Talvez o maior crédito a que Newton faz jus é o de ter criado uma visão de universo que foi o primeiro esboço do que é o quadro em que hoje se realiza a ciência. Seus problemas são ainda os nossos, e as respostas que ofereceu foram os pontos de partida para a compreensão atual do mundo físico. (MORENO, 1988, p.64)

Além disso, o estudo das suas leis faz parte do conteúdo usualmente trabalhado no ensino médio. Em especial, destaco um trecho de Peduzzi e Peduzzi (1988) a respeito da relevância de se entender a primeira lei de Newton:

O princípio da inércia ainda hoje é um assunto que se mostra complexo para quem estuda física, pois a sua compreensão envolve uma importante abstração que é a desconsideração do atrito. (PEDUZZI e PEDUZZI, 1988, p.151).

Por isso, o interesse em trabalhar com este assunto.

Como notei que o ensino de Física realizado da maneira tradicional, em geral, não dava conta de despertar o interesse dos alunos e li vários trabalhos de pesquisa sobre leitura, principalmente realizados por membros do grupo de estudo e pesquisa Ciência e Ensino (gepCE), da Faculdade de Educação da Unicamp, pensei então, na leitura como perspectiva nas aulas de Física de ensino médio.

No que se refere à prática de leitura, Ricon e Almeida (1991) afirmam que “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” [...]p.9. Além disso, os autores questionam como a escola pode interferir na construção da história de leitura dos estudantes. A partir desta pergunta, trazem outras:

Por que não incluir atividades que possibilitem o desenvolvimento gradativo de uma compreensibilidade e gosto pela leitura como parte do trabalho a ser realizado? [...] Por que não procurar instaurar um processo de interação entre autores e leitores de textos em situações de controle e cobrança diferentes das que comumente se presencia na escola? Por que nestas situações a leitura do já sistematizado não pode auxiliar o aluno num processo de continuidade e ruptura do seu próprio conhecimento? p.9

Motivada por essas questões, pelas observações que realizei durante as disciplinas de estágio e pela possibilidade de o aluno desenvolver o gosto pela leitura e se dedicar a ela pelo simples prazer de ler, pensei então, em realizar um trabalho que envolvesse leitura nas aulas de Física.

Como mencionei, vários trabalhos do grupo gepCE, do qual faço parte, abordaram a leitura, no entanto nenhum deles trabalhou com uma biografia de Isaac Newton, ressaltando o estudo de suas três leis do movimento.

Contatos anteriores que tive com o livro *Isaac Newton e sua maçã*, de Kjartan Poskitt, da Companhia das Letras, foram bastante positivos. Durante a leitura que fazia do livro, notava sua linguagem simples e, muitas vezes, bem humorada. Além disso, no que se refere ao estudo das três leis do movimento, o autor o faz de uma maneira que permite um olhar crítico para o atrito e a abstração que se tem que fazer para compreender o funcionamento das leis, em especial a

primeira. No geral, essas características me estimularam ainda mais a analisar o funcionamento, na escola, do ensino das três leis de Newton, acompanhado do cultivo do gosto pela leitura a partir da utilização do livro de Poskitt em aulas de Física.

De acordo com Eni Orlandi, a leitura sempre tem sua história e é produzida sobre determinadas condições. Ela também defende que a escola pode modificar as condições de produção de leitura dos alunos fazendo com que estes construam sua própria história de leitura e que resgatem a história dos sentidos do texto (Orlandi, 2000 a).

A opção pela divulgação científica para trabalho em aulas de Física também é defendida por alguns autores. De acordo com Terrazan (2000), os textos de divulgação científica não têm preocupação didática explícita, não ficam presos à idéia de pré-requisitos e nem a sequências de conteúdos. A linguagem, em geral, aproxima-se da linguagem jornalística. Além disso, sua leitura propicia discussões e argumentações (Almeida, 1998).

Já quanto à metodologia para trabalhar com os textos em sala de aula, apoiei-me na análise de discurso de linha francesa e resumo a seguir algumas das idéias que me levaram a essa opção.

De acordo com Orlandi (1996 a), existem três formas de repetição: a empírica, a formal e a histórica. Segundo Orlandi (1998 b), há trânsito entre as diferentes formas de repetição.

De acordo com Almeida (2004), que também se apoiou nas três possibilidades de aprendizagem (empírica, formal e histórica) apontadas por Orlandi, "[...] a aprendizagem escolar deve supor a mediação do professor contribuindo para a passagem da repetição empírica para a histórica". p.70

Assim, com base nas idéias até aqui apresentadas, na perspectiva da análise do discurso, este trabalho teve como objetivo:

Verificar o funcionamento da leitura das leis de Newton, no livro de divulgação científica *Isaac Newton e sua maçã*, de Kjartan Poskitt, com a mediação da pesquisadora, numa classe de ensino médio, numa escola pública.

Tendo em vista atingir esse objetivo, propus-me a responder a seguinte questão:

Como são produzidos os significados a partir da leitura do texto citado sobre Isaac Newton, considerando as condições de produção do estudo e as mediações ocorridas durante o

desenvolvimento das aulas assumidas por mim, numa primeira série do ensino médio de uma escola pública da cidade de Jundiaí, no interior paulista?

# 1. ISAAC NEWTON E SUA PRODUÇÃO: AS TRÊS LEIS DO MOVIMENTO

## 1.1 A vida e a época de Isaac Newton

*não sei como posso parecer ao mundo; a mim  
me parece que fui apenas um menino  
que brincava na praia e se divertia procurando  
uma pedrinha mais lisa e uma conchinha  
mais bonita do que as outras, enquanto o grande  
oceano da verdade se estendia à minha frente  
inexplorado*

*Isaac Newton*

Isaac Newton nasceu no dia de Natal em 1642. Filho de Hannah Newton e Isaac Newton (pai, que morreu dois meses antes de o filho nascer), nasceu em Woolsthorpe, perto de Grantham, no Lincolnshire. (Brennan, 1998)

Newton foi criado quase exclusivamente pela avó materna. Desde cedo, preferia ficar só, pensando consigo mesmo, do que brincar com outras crianças. Segundo seus biógrafos, ele era tímido, nervoso e temperamental. Sua educação iniciou-se em aldeia próxima de Woolsthorpe, mais tarde foi estudar em Grantham, que era muito longe para o estudante ir a pé, por isso foi morar na casa do boticário, sr. Clark.

Em 1661, foi estudar em Cambridge. Em 1665, Isaac deixou Cambridge para uma permanência na sua casa, na aldeia de Woolsthorpe, por causa da temida peste negra. Biógrafos afirmam que foi essa a época mais produtiva da vida de Newton (quando teria escrito os "rascunhos" dos *Principia*). Quando Cambridge reabriu, em 1667, Newton ganhou uma bolsa de estudos para estudar no Trinity College. Em 1687, publicou os *Principia*.

Newton desenvolveu uma teoria sobre óptica, tendo publicado o *Óptica*, originalmente em inglês, em 1704. Segundo Assis (1998), no *Óptica* tem-se essencialmente um tratamento experimental dos fenômenos da reflexão e da refração da luz, da decomposição da luz branca nas cores do espectro ao atravessar um prisma, das cores dos corpos naturais, do arco-íris, do telescópio refletor, das cores produzidas por corpos transparentes delgados e espessos (anéis de Newton), da difração da luz, etc.

Também se dedicou ao estudo da alquimia. Desenvolveu ainda o teorema do binômio e várias propriedades das séries infinitas e lançou também os fundamentos do cálculo das variações. Newton, além disso, inventou o telescópio de reflexão, mostrando aos astrônomos como transpor limitações do telescópio construído com lentes. (Cohen, 1967)

Porque quero entender com um pouco mais de detalhe as condições de produção das leis de Newton, faço um breve comentário sobre a época em que Newton viveu, apoiada nos estudos de Koestler (1989), Hessen (1985), Najmanovich (2001), Koyrè (1982) e Cohen (1967).

Início com um breve comentário sobre a filosofia da Idade Média. Até relativamente poucos anos atrás, a Idade Média era apresentada sob as cores mais sombrias: triste época em que o espírito humano, subjugado à autoridade, esgotava-se em discussões estéreis de problemas imaginários (Koyrè, 1982):

A Idade Média teve sua época de profunda barbárie política, econômica e intelectual, época que se estende mais ou menos do século VI ao século XI. Mas teve também uma época extraordinariamente fecunda, época de vida intelectual e artística de uma intensidade sem par, que se estende do século XI ao século XIV (inclusive), e à qual devemos, entre outras coisas, a arte gótica e a filosofia escolástica. p.22

Segundo Koyrè, a Idade Média teve sua fase de desenvolvimento intelectual e, em geral, “nos é apresentada como inteiramente dominada pela autoridade de Aristóteles. Talvez isso seja verdadeiro, mas apenas no que se refere a um determinado período” p.27

Provavelmente em 384 a.c., nascia Aristóteles, nas cercanias da província de Macedônia (hoje parte da federação de estados da Iugoslávia). Aos 17 anos, foi para Atenas completar seus estudos. Tornou-se a influência dominante até o fim da Idade Média, e só depois de dois mil anos após sua morte é que suas idéias começaram a ser refutadas.

Para ele, havia dois tipos de movimento: o natural, que se dividia em radial descendente ou ascendente (para corpos terrestres) e circular uniforme (para corpos celestes), e o violento, produzido por causas externas (Rocha, 2002). Tudo deveria ocupar seu lugar natural:

assim, o elemento terra deverá sempre deslocar-se para baixo, pois é o mais pesado (grave) de todos, enquanto que o fogo sempre erguer-se-á acima de todos os outros elementos. O ar ficará abaixo, apenas, da terra. Se abandonamos, portanto, uma pedra, ela cairá através do ar e afundará, mais lentamente, dentro da água, buscando seu lugar

natural. Já, se acendermos uma fogueira, a chama elevar-se -á acima do ar, para da mesma forma, encontrar seu lugar natural. p.63

Na Mecânica Aristotélica, um corpo só pode ter um movimento de cada vez. Um projétil lançado obliquamente terá movimento ascendente até que cesse a ação inicial, depois cai verticalmente, sendo assim, a trajetória triangular. Além disso, para ele, os corpos mais pesados caem mais rapidamente, porque procuram com mais "urgência" seu lugar natural.

Aristóteles acreditava ainda que era preciso a ação de uma "força" para ocorrer o movimento com velocidade uniforme. A tendência do corpo, em movimento retilíneo uniforme, seria parar se nenhuma força continuasse a empurrá-lo. Ou seja, um corpo se movendo com velocidade constante, só continuaria a se mover dessa maneira se uma força fosse aplicada sobre ele.

Com relação à Renascença, período considerado por muitos de "renascimento" das letras e das artes como um todo, iniciado na Itália no Século XIV, tendo alcançado seu auge no Século XVI, ainda de Koyrè destaque que:

Falar da contribuição científica da Renascença pode parecer um paradoxo; ou até uma temeridade. Com efeito, se a Renascença constituiu uma época de fecundidade e de riquezas extraordinárias, uma época que enriqueceu prodigiosamente nossa imagem do Universo, todos sabemos, sobretudo nos dias atuais, que a inspiração da Renascença não foi uma inspiração científica. [...] Trata-se da época da mais grosseira e mais profunda superstição, da época em que a crença na magia e na feitiçaria se expandiu de modo prodigioso, infinitamente mais do que na Idade Média. p.46-47

Para Koyrè, uma grande inimiga da Renascença, do ponto de vista filosófico e científico, foi a síntese aristotélica; ao mesmo tempo em que a grande obra desse período foi a destruição dessa síntese. Na física e na cosmologia aristotélicas, é a própria estrutura do espaço físico que determina o lugar dos objetos que nele se encontram. A Terra está no centro do mundo porque, por força de sua natureza, deve achar-se no centro. Exatamente a concepção inversa (Sol no centro do Universo – heliocentrismo) que abre caminho aos sistemas astronômicos que se opõem à concepção aristotélica.

Quem também viveu nessa época foi Descartes. Para ele, movimento natural, ou seja, a idéia de inércia (corpo continuar em movimento), era o movimento em linha reta:

a inércia não fazia os corpos persistirem em movimento circular, mas em movimento linear, o que constituía a teoria mais assombrosa, pois os corpos celestes podiam mover-se em círculos ou em elipses, mas indubitavelmente não se moviam em linha reta. Descartes, portanto, admitiu serem os planetas movidos em círculos por vórtices num éter que a tudo penetrava [...] (KOESTLER, 1989, p.348)

Já Galileu (1564-1642), entre outros estudos, dedicou-se ao movimento/queda dos corpos na superfície da Terra, enquanto Kepler (1571-1630) estudou o movimento dos corpos "no céu".

Kepler explicou que os planetas moviam-se em trajetórias elípticas e que, quanto mais próximos do sol estivessem, maior seria sua velocidade, pois, segundo ele, os planetas varrem áreas iguais em tempos iguais. O que era radicalmente novo na concepção do mundo de Kepler era a idéia de que o Universo era regido pelas mesmas leis e por leis de natureza estritamente matemática:

Kepler soube descobrir as verdadeiras leis dos movimentos planetários. Em compensação, não soube formular as leis do movimento, pois não foi capaz de levar, até o estágio para tanto necessário - aliás, seria extremamente difícil -, a geometria do espaço e chegar à nova noção de movimento que daí resulta. Para Kepler, que, nesta questão, permanece como bom aristotélico, o repouso não precisa ser explicado. O movimento, pelo contrário, precisa de uma explicação e de uma força. Por isso, Kepler não consegue conceber a lei da inércia. Em sua mecânica, como na de Aristóteles, as forças motrizes produzem velocidades e não acelerações. A persistência de um movimento implica a ação permanente de um motor. (KOYRE, 1982, p.52)

Kepler pode estar ligado à Renascença, mas, de acordo com Koyré, é com Galileu que se rompe definitivamente com essa maneira de pensar. Galileu é atraído pela física matemática, pela redução do real ao geométrico. Talvez seja o primeiro a acreditar que as formas matemáticas eram efetivamente realizadas no mundo:

Então, saímos da Renascença propriamente dita. E é sobre essas bases, sobre a base galileana e de sua interpretação cartesiana, que se construirá a ciência tal como a conhecemos, nossa ciência, e é sobre essas mesmas bases que se poderá construir a grande e vasta síntese do século XVII, concluída por Newton. (KOYRÉ, 1982, p.53)

Galileu, entre muitos outros estudos, se voltou para a dinâmica dos objetos em queda. Segundo ele, enquanto um corpo cai, a resistência do ar aumenta até que se torna tão grande e se iguala ao peso do corpo que cai. Dessa maneira, "a resistência do ar evitará qualquer aumento em velocidade e tornará o movimento uniforme" (COHEN, 1967, p.118). Essa afirmativa é anti-aristotélica, porque, como afirmei anteriormente, quando a força motriz iguala a resistência, a velocidade é zero. Pode-se dizer, em forma restrita, que se trata da afirmação da primeira lei do movimento de Newton.

No que se refere a Isaac Newton (1642-1727), Hessen (1985) forneceu-me informações relevantes a respeito da época em que viveu e escreveu sua obra sobre mecânica. As atividades de Newton se encontram no mesmo momento do desenvolvimento da propriedade privada (século XVII - XVIII).

Quais eram os problemas técnicos existentes nesse período? Na época anterior, do feudalismo, não havia necessidade de intensa comunicação, pois os feudos (unidades de produção) eram auto-suficientes. Com o desenvolvimento do comércio, surgiu a necessidade de melhorar o transporte: aumentar a carga transportada pelos navios, assim como sua velocidade e estabilidade. O desenvolvimento da indústria favoreceu o desenvolvimento da artilharia e a extração mineral (ferro e cobre). Os primeiros trabalhos teóricos no campo da balística correspondem ao século XVI e, no final do século XVII, em todos os países, a artilharia perde seu caráter artesanal.

Quando penso em condições de produção das leis de Newton, destaco as idéias que Najmanovich (2001) traz em *O sujeito encarnado*. Para refletir a respeito dos limites de validade das leis e das suas condições de produção é necessário entender a época em que estas leis foram criadas. Por exemplo, Galileu, que viveu entre 1564 e 1642, privilegiou o quantitativo em favor do qualitativo. "Seria Galileu extraterrestre, um ser absolutamente diferente de seus contemporâneos, ou essa prioridade do quantitativo, ao contrário, era um elemento fundamental da sociedade em que ele vivia?" p.68

Se se retornar à sua época, nota-se que coincide com o Renascimento, em que era privilegiado *o quanto*, até o amor era quantificado "qual de vós, disse-me, nos ama mais? Que

nossa maior generosidade se estenda sobre aquela cujos sentimentos naturais mereçam maior prêmio." p.70

Foi uma época em que as cidades começaram a florescer, o comércio passou a ser atividade de destaque, ou seja,

as velhas certezas começaram a cambaleiar, mas sua queda e substituição por uma nova cosmovisão durou vários séculos, durante os quais se produziram transformações radicais nas artes, na filosofia, e na religião ligadas sempre ao novo modo de vida das cidades e à concepção mercantil da intermudança. (NAJMANOVICH, 2001, p.70)

Segundo a mecânica Newtoniana “o mundo da matéria é uma máquina cujas operações se podem determinar exactamente por meio de leis físicas e matemáticas [...]” (SANTOS, 1987, p.17).

Somente no início do século XX, através da teoria da Relatividade Geral e da Física Quântica, é que se concebeu que o universo das leis de Newton tinha suas limitações:

Einstein constitui o primeiro rombo no paradigma da ciência moderna, um rombo, aliás, mais importante do que o que Einstein foi subjectivamente capaz de admitir. Um dos pensamentos mais profundos de Einstein é o da relatividade da simultaneidade. Einstein distingue entre a simultaneidade de acontecimentos presentes no mesmo lugar e a simultaneidade de acontecimentos distantes, em particular de acontecimentos separados por distâncias astronômicas. (SANTOS, 1987, p. 2)

O pressuposto da teoria de Einstein é que não existe velocidade superior à velocidade da luz. O problema a ser resolvido é "como é que o observador estabelece a ordem temporal de acontecimentos no espaço?" Certamente, por medições da velocidade da luz (SANTOS, 1987). Ao medir a velocidade numa direção, Einstein se defronta com um problema:

a fim de determinar a simultaneidade dos acontecimentos distantes é necessário conhecer a velocidade; mas para medir a velocidade é necessário conhecer a simultaneidade dos acontecimentos. [...] Einstein rompe com este círculo, demonstrando que a simultaneidade de acontecimentos distantes não pode ser verificada, pode tão - só ser definida. [...] essa teoria veio revolucionar as nossas concepções de espaço e de tempo. p.24-25

Ainda de acordo com Santos, se Einstein relativizou o rigor das leis de Newton no domínio da astrofísica, a mecânica quântica fê-lo no domínio da microfísica:

Heisenberg e Bohr demonstram que não é possível observar ou medir um objecto sem interferir nele, sem o alterar, e a tal ponto que o objecto que sai de um processo de medição não é o mesmo que lá entrou.[...] A idéia de que não conhecemos do real senão o que nele introduzimos, ou seja, que não conhecemos do real senão a nossa intervenção nele, está bem expressa no princípio de incerteza de Heisenberg (SANTOS, 1987, p.26)

Ainda que considere os avanços da relatividade e da Física quântica, reforço a importância dos estudos das leis de Newton também porque, como afirma Silva (2004),

teorias físicas do século XX certamente se afastam em muitos aspectos da mecânica newtoniana, possuindo epistemologias e filosofias diferentes [...]. No entanto, a física newtoniana, uma teoria muito bem estabelecida há mais de 300 anos, não apenas permanece válida, ainda que sob certos limites impostos pela teoria quântica e pela teoria da relatividade, como tem uma relação forte com nosso contexto científica – tecnológico contemporâneo, além de ter seu campo de fenômenos de aplicação ampliado pelo desenvolvimento da cosmologia e astrofísica no século 20. p.35

## 1.2 *Principia* e as leis de Newton

### *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Principia)*

A publicação, em 1687, dos *Principia* de Isaac Newton, foi um dos mais notáveis acontecimentos da história da Física (Koyrè, 1982):

Nele se encontram sintetizados milhares de anos de luta pela compreensão do sistema do mundo, dos princípios de força e movimento, e da Física dos corpos que se movem em meios diferentes. E não é pequeno testemunho da vitalidade do gênio cinético de Newton o fato de que, embora a Física de O *Principia* tenha sido alterada, melhorada, e posta à prova, desde então, nós ainda procedemos, ao resolver a maioria dos problemas de Mecânica Celeste e da Física dos grandes corpos, essencialmente como o fez Newton há cerca de trezentos anos atrás. p.159

Os *Principia* foi publicado em latim e traduzido para o inglês por Andrew Motte (Assis, 1998). A idéia de Newton é explicar os fenômenos da natureza a partir de princípios mecânicos:

Nos *Principia* temos a formulação da mecânica clássica como a conhecemos e a descrição dos movimentos dos corpos macroscópicos sobre a superfície da terra e dos corpos astronômicos em relação ao pano de fundo das estrelas fixas. São apresentadas as três leis do movimento, o movimento de corpos em meios resistivos, a lei da gravitação universal e o movimento dos corpos do sistema solar. (ASSIS, 1998, p. 40-41)

#### A estrutura dos *Principia*:

Os *Principia* inicia com oito definições, em seguida tem-se o Escólio (discute conceitos de espaço e tempo absolutos). A seguir, vêm os três axiomas ou leis do movimento e seis corolários seguidos por um Escólio. Logo após, vêm os três livros dos *Principia*: movimento dos corpos, movimento dos corpos em meios resistivos e sistema do mundo (Assis, 1998).

O trabalho começa com definições de massa, momento, inércia, força. Vêm, em seguida, as três leis do movimento e os princípios de adição de forças e velocidades (Unidade 1). No início do livro III dos *Principia*, Newton apresenta as “Regras de raciocínio em Filosofia”. A primeira é chamada Princípio da Parcimônia, a segunda e a terceira, Princípios da Unidade. São elas, numa forma concisa e usando linguagem moderna, segundo o Projecto Física (1978):

1. a natureza não faz nada em vão, e nada é mais vão do que aquilo que para nada serve”. A natureza é essencialmente simples; por isso, não se deverão introduzir mais hipóteses do que as necessárias e suficientes para explicar os factos observados. Esta fé fundamental para todos os cientistas assemelha-se a uma paráfrase de Galileu: “a natureza não usa muitas coisas para fazer aquilo que pode ser feito com poucas”. Galileu, por sua vez, estava a recordar uma longa opinião de Aristóteles. Assim, a fé na simplicidade tem uma longa história.
2. consequentemente, para os mesmos efeitos naturais devemos, tanto quanto possível, atribuir as mesmas causas. Como a respiração para o homem e para um animal; a queda de pedras na Europa e na América;...a reflexão da luz na Terra e nos planetas.
3. as propriedades comuns a todos aqueles corpos que podem ser objecto das nossas experiências devem ser atribuídas (até prova em contrário) a todos os corpos em geral. Por exemplo, uma vez que todos os objectos conhecidos dos experimentadores têm massa, esta regra guiaria Newton na proposição de que *todos* os corpos têm massa (mesmo aqueles que estão fora de nosso alcance, na região celeste).
4. Na filosofia hipóteses ou generalizações baseadas na experiência devem ser aceites como “correctamente” ou muito aproximadamente verdadeiras, não obstante quaisquer outras hipóteses contrárias que possam ser imaginadas “. Devemos

aceitar tais hipóteses até que surja evidência adicional pela qual possam ser tornadas ainda mais precisas ou revistas. p.96-97

A seguir, apresento a enunciação das três leis do movimento, segundo Newton (2002).

No livro, as leis aparecem como Axiomas ou Leis do Movimento:

Lei I

*"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele."*

Lei II

*"A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida."*

Lei III

*"A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas."*

Ainda em *Principia*, tem-se, na página 44, O Escólio em que Newton faz a explicação de tempo absoluto, espaço absoluto lugar e movimento absolutos:

"I- O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração. O tempo comum aparente e relativo é uma medida de duração perceptível e externa ( seja ela exata ou irregular) que é obtida por meio de movimento e que é normalmente usada no lugar de tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano."

"II- O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece sempre similar e imóvel. Espaço relativo é alguma dimensão ou medida móvel dos espaços absolutos, a qual nossos sentidos determinam por sua posição com relação aos corpos, e

é comumente tomado por espaço imóvel; assim é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinado pela sua posição com relação à Terra. Espaços absoluto e relativo são os mesmos em configuração e magnitude, mas não permanecem sempre numericamente iguais. Pois, por exemplo, se a Terra se move, um espaço de nosso ar, o qual relativamente à Terra permanece sempre o mesmo, será em algum momento parte do espaço absoluto pelo qual o ar passa; em um outro momento será outra parte do mesmo, e assim, com certeza, estará continuamente mudando."

### **1.3 Uma discussão sobre as três leis do movimento**

É através da experiência do balde que Newton procura provar a existência do espaço absoluto (prova a existência do vazio), onde, segundo ele, suas leis funcionam. A experiência consiste em um balde com água ambos em repouso em relação à Terra, em que a superfície da água tem formato plano. Em seguida, faz-se o balde e a água girarem juntos, com velocidade angular constante. A superfície da água então, assume forma côncava. As possíveis causas para a formação da concavidade da água seriam (Gardelli, 1999):

1. A rotação da água em relação ao balde.
2. A rotação da água em relação à Terra.
3. A rotação da água em relação às estrelas fixas.

No entanto, o próprio Newton explica que a subida da água mostra seu esforço a se afastar do eixo de seu movimento. De início, quando o movimento relativo da água no recipiente era máximo, não havia nenhum esforço para se afastar do eixo e, portanto, seu movimento circular verdadeiro ainda não havia começado. Mas quando o movimento relativo da água havia diminuído, a subida em direção aos lados do recipiente mostrou o esforço desta para se afastar do eixo. E esse esforço mostrou o movimento circular real da água aumentando, até adquirir sua maior quantidade, quando a água ficou em repouso relativo no recipiente (Newton, 2002). Assim, Newton conclui:

E, portanto, esse esforço não depende de qualquer translação da água com relação aos corpos do ambiente, nem pode o movimento circular verdadeiro ser definido por tal translação. Há somente um movimento circular real de qualquer corpo em rotação, correspondendo a um único poder de afastamento, a partir de seu eixo de movimento, como efeito próprio e adequado; mas movimentos relativos, em um mesmo e único corpo, são inumeráveis, de acordo com as diferentes relações que ele mantém com corpos externos e, como outras relações, são completamente destituídas de qualquer efeito real, embora eles possam compartilhar daquele único movimento verdadeiro. (NEWTON, 2002, p.49)

Na seção XII (as forças atrativas de corpos esféricos), Newton apresenta a proposição 70, teorema 30:

Se, para cada ponto de uma superfície tenderem forças centrípetas iguais, que diminuem com o quadrado das distâncias a partir desses pontos, afirmo que um corpúsculo localizado dentro daquela superfície não será atraído de maneira alguma por aquelas forças. p 253

Desta proposição, fica evidente que a água não é atraída pelas estrelas fixas. Assim, a rotação se dá em relação ao “vazio”, que é para Newton o espaço absoluto.

A Primeira lei de Newton como nos *Principia* é enunciada da seguinte maneira:

#### **Lei I**

***"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele."***

De acordo com Cohen (1967), uma das razões pelas quais Galileu faria objeções ao princípio da inércia em sua forma newtoniana é que ele implica num universo infinito. Galileu afirma em *Dois Sistemas de Mundo* que:

Todo corpo em repouso, mas naturalmente capaz de movimento, mover-se-á quando posto em liberdade somente se tiver uma tendência natural em direção a algum lugar determinado. [...] Além disso o movimento retilíneo, sendo por natureza infinito (porque uma linha reta é indefinida, e indeterminada), é impossível que qualquer coisa tenha por natureza o princípio de se mover numa linha reta.; ou em outras palavras, em direção a um lugar onde é impossível chegar, não havendo fim finito. p.128-

129

Assim, quando Galileu falava de movimento retilíneo, ele entendia como movimento ao longo de uma porção limitada de uma linha reta, para ele, linha reta ainda tinha como significado movimento local.

A referência de Galileu a um tipo de inércia, seria "circular":

Assim, um navio, por exemplo, tendo uma vez recebido algum impulso através de um mar tranquilo, mover-se-ia continuamente ao redor do nosso globo, sem nunca parar; e posto em repouso se no primeiro caso pudessem ser removidos todos os impedimentos externos e, no segundo caso, se nenhuma causa externa de movimento fosse acrescentada. (COHEN, 1967, p.130)

A limitação de Galileu à inércia circular é atribuída a um desejo de evitar as consequências de um universo infinito e à necessidade de explicar por que um corpo cai verticalmente sobre uma Terra em rotação. Galileu procedia de acordo com o pensamento de sua época, em que um lugar especial era dado aos movimentos circulares. Newton estabeleceu uma dinâmica dos corpos terrestres e celestes na qual só há inércia linear. Ao contrário de Galileu, mostrou que o movimento ao longo de um círculo é não inercial e, assim, requer uma força.

A Segunda lei de Newton ainda de acordo com *Principia*:

## **Lei II**

***"A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida."***

Um Newton é a força que acelera uma massa à razão de  $1\text{m/s}^2$  (um metro por segundo ao quadrado, ou seja, ter aceleração de  $1\text{m/s}^2$  significa que a velocidade varia um metro por segundo a cada segundo). "Quer o corpo esteja parado, quer viajando pelo espaço interplanetário a  $10\text{ m/s}$  (velocidade de 10 metros por segundo, ou seja, a cada segundo o espaço percorrido é um metro) se uma força o acelera teremos a aceleração  $a = F/m$ " (aceleração é igual à força dividida pela massa) (PSSC, 1967). Não importa qual a história passada ou qual o movimento presente do corpo.

Mas qual a diferença entre "a" (aceleração) e "g" (aceleração da gravidade)?

Martins (1998) trata, além de outras considerações, da diferença entre aceleração da gravidade de um corpo em queda livre próximo à superfície da Terra e o campo gravitacional terrestre. Um corpo de prova, de massa gravitacional passiva "m", próximo à superfície da Terra está sujeito a uma força  $F = (G.M.m) / r^2$ , que corresponde ao seu peso. Por isso,  $g = (G..M) / r^2$ .

A aceleração sofrida por um corpo em queda livre, próximo à superfície terrestre é  $a = F / \mu$ , onde  $\mu$  é a massa inercial. Assim,  $a = g ( m/ \mu)$ . A razão  $m/ \mu$  é sempre a mesma, para qualquer corpo. E como podemos escolher as unidades de tal forma que a razão seja 1,  $a = g$ . Um corpo cai com aceleração "a", se nada o impede de cair. Se algo o impede de cair, estará submetido a um campo gravitacional g.

A equação "F = m.a" pode ser também escrita, utilizando o cálculo diferencial, em termos da posição x de um corpo:  $F = m d^2 x / d t^2$  (força é igual à massa multiplicada pela derivada segunda do espaço em relação ao tempo). Essa é uma equação diferencial linear de segunda ordem em x e para sua completa solução necessita de duas constantes iniciais, que são a velocidade e a posição iniciais do corpo:

Isso significa que, se soubermos de que ponto o corpo iniciou seu movimento e com qual velocidade se deslocou inicialmente, saberemos em qualquer momento futuro onde o corpo estará e com que velocidade se deslocará. (ROCHA, 2002, p.106)

Estendendo-se esse raciocínio a todo o Universo, pode-se induzir que as leis da natureza conferem ao Universo uma previsibilidade completa (determinismo) ( Rocha, 2002).

E quando age mais de uma força sobre um mesmo corpo? Nesse caso podemos aplicar forças em quaisquer direções. A Segunda lei de Newton é válida quando força e velocidade têm direções diferentes? No movimento de projéteis, a força peso vertical produz a aceleração vertical, não importando o movimento horizontal. Os movimentos em "x" (horizontal) e "y" (vertical) são independentes. Na horizontal, o movimento é uniforme, se a resistência do ar for desprezada. Já na vertical, o movimento é uniformemente variado, pois há uma força resultante (para baixo) que é o peso. Enquanto cai, o corpo se desloca para frente.

A Terceira lei de acordo com *Principia*:

### **Lei III**

*"A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas."*

De acordo com a Terceira lei de Newton, seja o que for que puxe ou empurre alguma coisa, é da mesma forma, puxado ou empurrado por ela (Newton, 2002):

Se você empurra uma pedra com seu dedo, o dedo é também empurrado pela pedra. Se um cavalo puxa uma pedra amarrada a uma corda, o cavalo (se posso dizer assim) vai ser igualmente puxado de volta na direção da pedra, pois a corda distendida, pela mesma tendência a relaxar ou distorcer-se, puxará o cavalo, e obstruirá o progresso de um tanto quanto promove o do outro. Se um corpo se choca com outro, e pela sua força muda o movimento desse, aquele corpo também (por causa da igualdade da pressão mútua) sofrerá uma mudança igual no seu próprio movimento, em direção à parte contrária. (NEWTON, 2002, p.54)

## 2. ISAAC NEWTON E SUA MAÇÃ: UM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

### 2.1 Uma biografia de Newton

#### Biografia

O livro *Isaac Newton e sua maçã*, de Kjartan Poskitt, selecionado para o desenvolvimento das atividades de leitura em sala de aula de ensino médio de escola pública pode ser considerado uma biografia. De acordo com Kaufman e Rodríguez (1995), biografia é uma narração feita por alguém acerca da vida de outra(s) pessoa(s). A veracidade que exigem os textos de informação científica manifesta-se nas biografias através das citações textuais das fontes dos dados apresentados, enquanto a ótica do autor é expressa na seleção e no modo de apresentação desses dados. p.34

No livro em questão, aparentemente, o autor não se preocupa em citar suas fontes de inspiração, preferindo escrever um texto fácil e de agradável leitura.

*Isaac Newton e sua maçã*, além de ser uma biografia, tem partes em que são usadas histórias em quadrinhos. E ainda de acordo com Kaufman e Rodríguez, a história em quadrinhos constitui uma das variedades mais difundidas da trama narrativa com base icônica: combina a imagem plana com o texto escrito, e os elementos verbais e icônicos integram-se a partir de um código específico.

Esse tipo de texto busca a participação ativa do leitor por via emocional, assistemática, anedótica, concreta.

Construções substantivas, adjetivas ou adverbiais [...] orações com predicado não verbal, quebras deliberadas da sintaxe normal, ausência de conectores lógicos são alguns dos recursos usados com frequência para expressar a ironia, a zombaria, o duplo sentido, o enfoque humorístico ou sarcástico da realidade. p.40

## O livro

O livro possui uma linguagem bastante simples e, muitas vezes, engraçada. Em muitos momentos o autor conversa com o leitor. Há a presença de inúmeras figuras e de quadrinhos, principalmente quando o autor conta algum fato, ou mesmo um momento histórico.

Os ensaios preliminares que realizei com o livro, antes de levar à sala de aula, foram bastante positivos. Alguns estudantes de variadas séries (oitava série do ensino fundamental, primeira série e terceira do ensino médio) que leram o livro disseram que o mesmo possibilita uma leitura agradável além de fornecer algumas informações que os estudantes desconheciam, como a vida de Newton e os problemas enfrentados.

A seguir, apresento algumas falas dos alunos que leram o livro antes do estudo aqui apresentado. Os três primeiros são discursos de um aluno de terceira série do ensino médio, em época de prestar vestibular (meu aluno em plantões de dúvidas). Falei ao aluno que estava realizando um trabalho com o livro e pedi que escrevesse pontos que achou mais interessantes nele. O aluno atendeu meu pedido através de um e-mail com suas observações:

Mas a parte do livro que mais gostei foi a explicação das três leis de Newton, eu ainda estava com algumas dúvidas, mas o livro dá uma bela explicação e consegui sintetizar a matéria...(André<sup>1</sup>)

Também achei sensacional a parte de Gravitação Universal, Leis de Kepler...sem contar que eu não tinha a menor noção de quem era Kepler e o que ele tinha feito, e como teve um fim trágico também. (André)

[...] sem falar na parte matemática da coisa, né...nossa hein, Newton foi um Kra fantástico, nunca pensei que ele tivesse dedicado tanto a vida para descobrir coisas novas e inesperadas, ele sofreu muito em sua vida também...não foi nada fácil para ele. O mais legal que era que ele realmente gostava de fazer tudo isso, gostava tanto que até se esquecia de dormir e comer para acabar seus novos cálculos ou teorias.(André)

Outra fala selecionada é a de uma aluna de segunda série do ensino médio. Era minha aluna de aulas particulares. Um dia, contei a ela sobre o trabalho que gostaria de realizar com o

---

<sup>1</sup> Os nomes são fictícios.

livro e a garota disse-me que havia feito a leitura do livro e depois a realização de uma prova sobre ele. Pedi que me dissesse o que tinha achado e uma de suas falas foi a seguinte:

A parte do livro que eu mais gostei foi a história de Newton, as coisas que aconteceram com ele. Se você me perguntar o que eu lembro, vou dizer que é a vida de dele, suas invenções...sinceramente não lembro bem das suas leis, nem das fórmulas que inventou. (Maíra)

### **Algumas características do livro**

Como toda obra, dependendo do que dela se espera, o livro de Kjartan Poskitt apresenta alguns aspectos negativos, os quais acredito que não comprometem a atividade de leitura. Muitas vezes, o autor apresenta idéias sem discutir suas condições de produção, como se fossem verdades absolutas. Nesse caso, acredito que, em situações de ensino, pode-se utilizar a própria leitura para introduzir aspectos de produção considerados essenciais.

Um exemplo disso é o caso da experiência da Galileu e a Torre de Pisa. O autor diz, sobre o que Galileu pensou: “Exatamente como eu pensava: o peso não faz a menor diferença! Eles chegam juntos no chão!” p.77. Acredito que seria conveniente que o autor discutisse, ainda que de maneira simplificada, a questão da resistência do ar. Em que condições os objetos chegam juntos ao chão? De qualquer maneira, discuti essa questão em sala de aula, durante o trabalho. Questionei os alunos sobre o que aconteceria realmente com o tempo de queda dos objetos se fosse considerada a resistência do ar. O livro pode apresentar alguns aspectos não precisos sobre a ciência e sua produção, mas se estes forem discutidos em sala de aula pelo professor, essas discussões podem se transformar em situações extremamente ricas.

Em alguns trechos do texto, é colocada a idéia de ciência feita por eleitos, por exemplo, quando o texto diz "como a maioria de nós não é tão inteligente quanto Isaac, vamos tratar de simplificar o máximo" p. 41. Minha preocupação não está em retirar o mérito de Newton, mas questionar como se faz a produção da ciência.

Em outro momento, o autor é extremamente parcial quando fala de Robert Hooke, por exemplo, na seguinte expressão: “este livro é sobre o Newton, por isso vamos ignorá-lo” p.87, ou ainda quando coloca na voz de Newton: “ ele inventou umas besteiras que disse serem minhas quando não eram, insinuou que algumas idéias minhas na verdade eram dele, ignorou completamente os resultados de algumas experiências” p. 115.

Por outro lado, em certas partes do texto, ocorrem conversas com o leitor, por exemplo, "se comprou o livro com seu dinheirinho, é o momento adequado para lhe agradecer. Muito obrigado." p.140, . Em outras, acontece a ironia: "azar o seu". Acredito que essas características podem ser positivas à medida que possibilitam trazer o aluno para a leitura do livro e, com isso, levá-lo a eventuais questionamentos.

Novamente me refiro à fala de um estudante sobre a leitura do livro. Ele afirmou em relação à linguagem que "o livro é muito instigante, pois logo nas primeiras páginas ele faz desafios e deixa o leitor com vontade de "entrar de cabeça" ou, por outro lado, ir procurar alguma coisa mais "light" ". É importante dizer que este estudante é um aluno que já concluiu o ensino médio e, portanto, não é o tipo de sujeito em que apliquei o estudo, mas, de qualquer maneira, ele me forneceu informações a respeito do tipo de situação que a leitura pode gerar.

Estava, no entanto, ciente de que a mesma leitura, realizada com os alunos de ensino médio (sujeitos de meu interesse), poderia ocasionar posicionamentos diferentes dos que apontei até aqui, já que, segundo a análise de discurso, referencial em que iria me apoiar no estudo, a história do sujeito e o ambiente constituem os modos de leitura.

Notei também que, em alguns momentos, o autor trata certos assuntos de forma simplificada, podendo passar a impressão de que a construção do conhecimento científico é simples, que a lógica do conhecimento científico é basicamente a mesma lógica do conhecimento do senso comum/cotidiano, apenas refinada. Um dos momentos em que esse fato ocorre é no trecho a seguir:

esse procedimento tem o ridículo nome de DIFERENCIAÇÃO (por isso o nome cálculo diferencial), o que quase já basta para fazer qualquer um entregar os pontos, mas na verdade é simples de morrer. Você só precisa fazer duas coisinhas (no caso de  $y=x^6$ ): copiar o 6 e escrevê-lo antes e na mesma altura do x e subtrair 1 do 6 de cima. Só isso, mais nada! Você acaba de aprender a encontrar DERIVADAS! Você não é um gênio? p. 62

Mais uma vez, não penso nesse trecho como um problema para o estudo a ser realizado em sala de aula. Acredito que idéias como essas podem ser interessantes para introduzir discussões com os estudantes a respeito de suas próprias concepções e para serem trabalhadas com eles.

Antes de ter contato com o livro *Isaac Newton e sua maçã*, já pensava em trabalhar com Newton porque, além de Newton ser o responsável pela síntese das explicações físicas, unindo o céu e a Terra, o conteúdo relativo às três leis de Newton é o conteúdo usualmente trabalhado no ensino médio. Quando li o livro, analisei algumas de suas características, e indiquei a leitura a alguns alunos, pensei que seria interessante trabalhá-lo no ensino médio, porque além de ser sobre Newton, o autor escreve em uma linguagem acessível para a maioria das pessoas, de forma bem humorada e com trama que atrai o leitor, diferente da maioria dos livros didáticos. Além disso, seria uma maneira de trabalhar a leitura em sala de aula, que realmente me interessava, principalmente porque, em geral, não se lê em aulas de física e também porque admiti que estimulando a leitura na escola poderia se conseguir que os alunos, mais tarde longe dela, procurariam ler como fonte de informação e teriam mesmo prazer nessa atividade (Ricon e Almeida, 1991).

## **2.2 *Isaac Newton e sua maçã*: as três leis do movimento**

O subtítulo do capítulo em que as leis do movimento são apresentadas é "Os trechos técnicos - em forma agradável e simples". As páginas referentes às três leis do movimento estão no anexo I, juntamente com outros trechos do livro lidos pelos estudantes. As leis são apresentadas basicamente assim:

**Primeira Lei de Newton: Todas as coisas permanecem em repouso ou se movem em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas.**

A seguir, o autor faz um comentário sobre a lei e apresenta alguns exemplos:

Bem, a primeira parte é simplíssima. Tudo o que não está se movendo só vai se mover se alguma coisa lhe der um empurrão. Fácil. A segunda parte é mais interessante. Diz que todas as coisas que estão em movimento continuarão se movendo para sempre em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas. Imagine que você esteja num carro, numa velocidade constante, numa estrada reta e plana. Se você fechar os olhos e tapar os ouvidos, não será capaz de dizer em que velocidade está se movendo [...] (POSKITT, 2001, p.144)

Na página 146, traz algumas figuras a respeito do movimento de uma bola lançada para frente em lugares com e sem gravidade e com e sem resistência do ar. Considero essa parte do livro bastante interessante, pois, através dela, é possível entender o que aconteceria em casos específicos e abstratos como, por exemplo, o caso de um objeto lançado em lugar sem resistência do ar e gravidade. Discussões que, em geral, não constam em livros didáticos utilizados na sala de aula de ensino médio.

Sobre a Segunda lei:

### **Segunda Lei de Newton: A mudança de movimento depende da intensidade da força.**

A fim de explicar essa lei, o autor pergunta ao leitor se já tentou empurrar um carro sozinho e explica:

No começo, para movê-lo, você tem de empurrar com muita força. Isso porque o carro está ganhando velocidade, em outras palavras, está acelerando - o que consome força. Quando o carro atingir a velocidade que você deseja, você já não precisará empurrar com tanta força para que ele continue andando. [...] Se você dispuser alguém para ajudá-lo, o carro vai receber o dobro de força - e você vai ver que ele ganhará velocidade duas vezes mais rápido. Já se você empurrar dois carros, eles só vão ganhar a metade da velocidade [...] (POSKITT, 2001, p. 147)

A seguir explica o que é aceleração, massa e força.

A Terceira lei é apresentada da seguinte maneira:

### **Terceira Lei de Newton: A toda ação corresponde uma ação igual e oposta.**

De acordo com Poskitt, é uma graça e muito simples:

O que ela diz é que, quando a gente empurra alguma coisa, essa coisa empurra a gente de volta [...] é a mesma coisa que acontece quando você se encontra num carro que está acelerando: o encosto de seu banco tenta empurrar você para a frente e, ao mesmo tempo, seu corpo empurra o encosto para trás. <sup>152</sup>

Apresenta outro exemplo, o de duas equipes jogando cabo-de-guerra (nesse caso, apresenta ilustração).

Após essa breve apresentação que faço das leis, mais uma vez justifico a escolha deste livro. A maneira como apresenta as leis não é tão sintetizada como nos livros didáticos, além de apresentar exemplos do dia a dia dos estudantes e conversar com o leitor. Acredito que leituras desse tipo podem envolver o aluno de uma maneira que o livro didático muitas vezes não consegue.

### 3. APOIO TEÓRICO/METODOLÓGICO

#### 3.1 Bachelard e a perspectiva descontinuísta da ciência

*na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando, pode-se venerar o mestre, contradizendo.*

*Gaston Bachelard*

Quanto aos principais subsídios que contribuíram para a elaboração das aulas no que se refere à discussão da ciência com os alunos, a partir da leitura do texto de Isaac Newton, destaco, primeiramente, a perspectiva descontinuísta para a ciência, amplamente discutida por Gaston Bachelard; o epistemólogo francês acreditava que a ciência é marcada por períodos de continuidade e ruptura, pois, segundo ele, o novo conhecimento sempre ocorre a partir do anterior, do erro do anterior. Sempre conhecemos contra um conhecimento. É essa visão de ciência que considero válida para discutir com os estudantes. Além disso, as idéias do erro como motor do conhecimento proposta pelo epistemólogo, assim como a discussão que faz sobre os obstáculos epistemológicos, foram relevantes para algumas análises dos episódios de ensino.

A respeito do epistemólogo Gaston Bachelard:

Nascido no século XIX (1884) e falecido no século XX (1962), Bachelard viveu em um período de grandes conquistas na ciência e de grandes mudanças na racionalidade humana, sabendo bem como interpretá-las. Não para fazer delas monumento cristalizado – as verdades pelas quais o homem sempre trabalhou -, analisando-as segundo estatuto do século XIX, mas, ao contrário, expondo todo seu caráter de rompimento com o conhecimento passado. Em constante crítica ao empirismo, ao cartesianismo e ao positivismo reinantes na ciência, mostra-se ele um filósofo instigante, polêmico [...]. (LOPES, 1992, p.254)

No que se refere à importância que Bachelard dedica ao rompimento com o conhecimento passado, penso no papel das concepções alternativas presentes nos alunos. Segundo o trabalho de Oliveira (2001):

Cabe ao ensino encontrar meios de levá-los (os alunos) a perder suas certezas, confrontá-los com elementos que os façam reconhecer o erro. A utilização em sala de aula da história da ciência entendida como reconstrução racional, em que se enfatiza a

procura da raiz dos erros que se constituíram como obstáculos ao progresso do saber pode ser um caminho para encorajar o aluno a desconfiar de suas certezas e tentar descobrir e retificar suas concepções, no entanto a semelhança entre as concepções pessoais e históricas não prova que o andamento do aluno reproduza estas. p64

Não se pode considerar o estudante como uma cabeça vazia, pronta à espera de conhecimento. Ele possui um saber do cotidiano e cabe ao ensino conhecê-lo para poder trabalhar com ele. O aluno só vai aprender se lhe forem dadas razões que o obriguem a mudar a sua razão (Lopes, 1999).

O aluno compreende melhor o valor da noção galileana de velocidade, caso compreenda o papel aristotélico da velocidade e do movimento. É no entendimento do processo de retificação que o conceito de velocidade se consolida. (BACHELARD apud LOPES, *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*, 1999, p.327)

As considerações de Bachelard a respeito do rompimento com o passado foram de grande relevância para o desenvolvimento da atividade que desenvolvi.

Ainda sobre as idéias de Bachelard, destaco Bachelard (1996). Logo no capítulo 1, o autor afirma:

Mas, diante do mistério do real, a alma não pode, por decreto, tornar-se ingênua. É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. p18

Nesse trecho, Bachelard defende o questionamento. Era de meu interesse que o aluno fosse, de alguma maneira, questionador. Além disso, também considerei como objetivo do trabalho discutir com os estudantes uma visão de ciência não acabada.

Ainda no que se refere à concepção de ciência, Bachelard (1996) faz referência à abstração, não como símbolo de má consciência científica, mas como capaz de tornar o espírito científico leve e dinâmico. Além disso, atenta para a existência de metáforas e imagens, afirmando que o espírito deve lutar contra elas, ou seja, estar pronto para destruí-las. Segundo Bachelard, devemos prestar atenção às experiências cheias de imagens, pois estas podem se tornar um centro de falso interesse. A partir da experiência é necessário que se extraia o abstrato do concreto.

Em *A filosofia do não* (1987), Bachelard trata da evolução filosófica de um conceito físico, especificamente o conceito de massa. Afirma que, a princípio, o conceito se relaciona com "sobrecarga" (realismo ingênuo). Mais tarde, o espírito encontra a explicação empirista e a seguir, a explicação racional clássica, com Newton. A massa passa então a ser escrita como o quociente entre força e aceleração:

Antes de Newton estudava-se a massa no seu ser, como quantidade de matéria. Depois de Newton ela é estudada num devir dos fenômenos, como coeficiente de devir. Podemos aliás fazer uma observação curiosa: é a necessidade de compreender o devir que racionaliza o realismo de ser. Por outras palavras, é no sentido da complicação filosófica que se desenvolvem verdadeiramente os valores racionalistas [...] é preciso vermos que, uma vez estabelecida a relação fundamental da dinâmica, a mecânica se torna toda ela verdadeiramente racional. Uma matemática especial associa-se à experiência e racionaliza-a [...] abre-se um campo de abstração indefinido. p. 27-28

O racionalismo newtoniano dirigiu toda a física matemática do século XIX, porém, na era da relatividade, esse racionalismo se abre; como fica, então, a noção de massa? A massa não é mais tratada como independente do espaço e do tempo, a noção simples dá lugar à complexa.

Segundo Bachelard, a nova filosofia contradiz a antiga:

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que *é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado*. E não se trata de considerar obstáculos externos [...] é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. (BACHELARD, 1996, p.17)

Um fato mal interpretado constitui um obstáculo ao desenvolvimento da ciência e à produção do conhecimento científico. A noção de obstáculos epistemológicos é importante para o processo de continuidade - ruptura, proposto por Bachelard. A ideia de obstáculo é o principal da obra *Formação do Espírito Científico* (1996) e pode ser estudada no pensamento histórico do conhecimento científico e na prática da educação.

Na educação, a noção de obstáculo epistemológico também é desconhecida:

Acho surpreendente que os professores de ciência, mais do que os outros, se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão. [...] os professores de ciência imaginam que o espírito começa como uma aula, que é possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. (BACHELARD, 1996, p.23)

De acordo com o epistemólogo, o estudante entra na sala de aula com conhecimentos empíricos já constituídos, e não se trata de adquirir uma cultura experimental, mas de mudar a cultura experimental.

Segundo Bachelard, o primeiro obstáculo é o realismo (primeiras observações) que leva ao arrebatamento, à intuição.

Não é possível se adquirir nova cultura por incorporação da mesma aos traços da remanescente. Os hábitos intelectuais incrustados no conhecimento não questionado invariavelmente bloqueiam o processo de construção do novo conhecimento, caracterizando-se, portanto, segundo Bachelard, como *obstáculos epistemológicos*. (LOPES, 1993, p. 325)

A seguir, tem-se a crítica ao conhecimento geral (indutivismo), ao conhecimento pragmático, substancialismo e ao animismo.

Sobre a experiência primeira, Bachelard fala de como ela fascina. Dá-se valor às imagens e não às idéias. As experiências divertem, fascinam, mas não ajudam ao desenvolvimento do espírito científico:

O espírito científico deve formar-se *contra* a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma. (BACHELARD, 1996, p.29)

Afirma que o conhecimento geral também é um obstáculo ao conhecimento científico:

A psicanálise do conhecimento objetivo deve examinar com cuidado todas as seduções da *facilidade*. Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica. p.69

Muitas vezes, usa-se, de modo simples, o raciocínio indutivo baseado numa série de fatos particulares que leva à lei científica geral.

A seguir trata do conhecimento unitário e pragmático como obstáculo epistemológico. “O conhecimento geral corre o risco de ser vago. Os conceitos mais ricos são aqueles que, através de provas experimentais, produzem maior deformação”. (CARDOSO, 1985, p.20)

De acordo com Cardoso, que comenta os obstáculos segundo Bachelard, o conhecimento pragmático significa utilizar o caráter utilitarista do conceito:

Os trovões são úteis porque fertilizam as terras mais áridas; é graça aos cometas que se renova a umidade do globo terrestre. Admitir algo realmente inútil na natureza seria cometer o equívoco imperdoável de admitir uma formação ocorrendo ao acaso. Para um espírito pré-científico, verdade e utilidade estão sempre associadas. Impossível conceber experiências que possam colocá-las em conflito. p.21.

O obstáculo substancialista consiste em acreditar que o que ocorre na aparência ocorre no interior, explicação monótona das propriedades pela substância. Ele estabelece a relação direta entre macro e micro.

Segundo Bachelard o obstáculo animista seria a atribuição de características de ser vivo a materiais inanimados. “De imediato, o pensamento animista busca determinar a importância de cada um dos três reinos da natureza, através de analogias compatíveis com um plano que se imagina natural.” (CARDOSO, 1985, p. 23)

A partir de Lopes (1993), é possível perceber que algumas das noções de Bachelard podem ser utilizadas para se pensar o ensino; por exemplo, para Bachelard, o conhecimento nunca começa do nada, ele sempre continua a partir de um conhecimento anterior. Pensando nisso, Lopes, pautada em Bachelard, diz que podemos pensar a aprendizagem como um processo que se dá a partir da desconstrução de um conhecimento, da retificação do passado.

### **3.2 Análise de Discurso e leitura**

No que se refere à constitutividade entre linguagem e pensamento, o suporte se encontra na linha francesa da análise de discurso, principalmente em trabalhos de Michel Pêcheux a quem se deve a origem dessa linha de análise e trabalhos publicados no Brasil por Eni Orlandi. Nesses autores, encontro sustentação para admitir a relevância de se compreender o funcionamento dos discursos escolares, ou seja, de analisar como ocorre a produção de sentidos pelos estudantes.

A análise de discurso (AD) é considerada como uma disciplina de entremeio; essa disciplina se configura fundamentalmente nos anos 60 e se faz nas contradições das relações entre disciplinas outras. A particularidade da AD é que não se forma da soma de outras disciplinas (marxismo, linguística, psicanálise), mas em suas contradições. Não há separação entre linguagem (linguística) e exterioridade (ciências sociais):

A AD se forma no lugar em que a linguagem tem de ser referida necessariamente à sua exterioridade, para que se apreenda seu funcionamento, enquanto processo significativo. Nessa remissão, o conhecimento da linguagem fica a cargo da linguística, e o da exterioridade, a cargo das ciências sociais. Como se a AD ficasse no meio, como uma interdisciplina, beneficiada pela relação linguística com as ciências sociais. Não é assim. Eu diria, antes, que a AD é uma espécie de antidisciplina, uma desdisciplina, que vai colocar questões da linguística no campo de sua constituição, interpelando-a pela historicidade que ela apaga do mesmo modo que coloca questões para as ciências sociais em seus fundamentos, interrogando a transparência da linguagem sobre a qual elas se assentam. (ORLANDI, 1996 a , p. 24-25)

Para a análise de discurso (Orlandi 2000 b):

- a . A língua tem sua ordem própria mas só é relativamente autônoma.
- b. A história tem seu real afetado pelo simbólico (os fatos reclamam sentido).
- c. 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. Isso redundaria em dizer que o sujeito discursivo funciona pelo inconsciente e pela ideologia.

19-20

Discurso, para a análise de discurso, é palavra em movimento, prática de linguagem: com o estudo do discurso, observa-se o homem falando (Orlandi, 2000 b). O discurso é um objeto sócio - histórico, ele reflete como a linguagem está materializada na ideologia e como a ideologia se manifesta na língua.

A linguagem não é transparente e como não há uma relação termo a termo entre linguagem/pensamento/mundo, segundo a análise de discurso não é possível dizer "o que quer dizer", ou seja, não é possível atribuir sentido (conteudismo). Não se pode considerar que a relação entre as palavras é natural, devemos considerar o funcionamento do discurso.

Ainda em AD, aprende-se que não há sentidos em si, mas ocorre a "relação a", os sentidos se determinam pelas condições em que são produzidos (ORLANDI, 2001, p. 164).

O gesto de interpretação se dá porque o espaço simbólico é marcado pela incompletude, pela relação com o silêncio. A interpretação é o vestígio do possível. É o lugar próprio da ideologia e é “materializada” pela história. Esta é uma característica importante da interpretação. Ele sempre se dá em algum lugar da história e da sociedade e tem uma direção, que é o que chamamos de política. (ORLANDI, 1996a, p.18/19)

Segundo Orlandi (1996 a), "no momento em que se assume a incompletude da linguagem, sua materialidade (discursiva), o gesto de interpretação passa a ser visto como uma relação necessária (embora na maior parte das vezes negada pelo sujeito) e que intervém decisivamente na relação do sujeito com o mundo (natural e social), mesmo que ele não saiba” p. 20.

"Partimos do princípio de que há sempre interpretação. Não há sentido sem interpretação. Estabilizada ou não, mas sempre interpretação”. (ORLANDI, 1996 a, p.21)

Compreender não é produzir sentidos, mas entender como um objeto simbólico produz sentido. Como se dá a relação de sentidos? As relações de sentidos compreendem as relações de forças, em que os lugares de que o sujeito fala são constitutivos do dizer. É a projeção imaginária do lugar no discurso, a posição do sujeito no discurso. E a antecipação? Quando falamos, antecipamos ao interlocutor, colocando-nos no lugar dele, imaginando-se na situação. Segundo o mecanismo de antecipação, todo sujeito tem a capacidade de colocar-se no lugar em que seu interlocutor "ouve" suas palavras. "Ele antecipa-se assim a seu interlocutor quanto ao sentido que suas palavras produzem." (ORLANDI, 2000 b, p. 39)

É também com suporte da análise de discurso que admito as condições de produção dos sentidos não sendo apenas as imediatas na organização escolar, mas incluindo contextos sócio econômicos amplos, o que me obriga, ao tentar analisar o funcionamento dessa produção, a admitir a interdiscursividade, ou seja, a memória discursiva como constitutiva da produção do sentido. A consideração da memória discursiva, da ideologia, como necessárias na produção de sentidos possibilita superar a visão da leitura como atividade puramente instrumental e facilita a identificação na análise dessa atividade de deslocamentos nos conhecimentos dos estudantes com relação ao saber científico.

Em relação às condições de produção, são os interlocutores, o contexto histórico - social, ideológico, a situação que constituem o sentido da sequência desenvolvida. As relações de força, a intertextualidade e a antecipação constituem as condições de produção do discurso.

Segundo Orlandi (1998), "uma das questões que se impõe para os que trabalham com análise de discurso é a da relação dos processos de ensino-aprendizagem com o que chamamos memória discursiva ou interdiscurso".

No que se refere à memória discursiva (interdiscurso), "é preciso que o que foi dito por um sujeito específico num lugar específico se apague para que o anonimato possa fazer sentido em "minhas palavras" " (ORLANDI, 2000 b, p. 34). Em Orlandi (2001), tem-se a explicação do funcionamento da memória discursiva:

O dispositivo ideológico de interpretação do sujeito vem carregado de uma memória (uma filiação nas redes de sentidos - o interdiscurso) que, entretanto, aparece negada como se o sentido surgisse lá. Isto porque a memória discursiva (o interdiscurso) se estrutura pelo esquecimento: esquecemos como os sentidos se formam de tal modo que eles aparecem como surgindo em nós. p. 28

"Da ilusão de que o sentido não tem história resulta o movimento da identidade e dos sentidos: eles não retornam, eles se transformam, se deslocam." (ORLANDI, 2000 a, p. 72)

Assim, as palavras não significam o que queremos, elas significam de acordo com os sentidos (memória discursiva) no imaginário em que estão imersas, significam pelas condições em que funcionam.

Ainda com relação à memória, de acordo com Pêcheux (1999),

Memória deve ser entendida aqui não no sentido diretamente psicologista da "memória individual", mas nos sentidos entrecruzados da memória mítica, da memória social inscrita em práticas, e da memória construída do historiador. p.50

No que se refere à ideologia, segundo Orlandi (1994), esta é vista como o imaginário que medeia a relação do sujeito com suas condições de existência:

Pela ideologia se naturaliza o que é produzido pela história; há transposição de certas formas materiais em outras. Há simulação (e não ocultação de conteúdos) em que são

construídas transparências (como se a linguagem sua materialidade, sua opacidade) para serem interpretadas por determinações históricas que aparecem como evidências empíricas. [...] A ideologia é interpretação de sentidos em certa direção, determinada pela relação da linguagem com a história, em seus mecanismos imaginários. p.57

“Dizer que o sujeito está determinado ideologicamente pela linguagem é considerar que ele está constituído historicamente, que, quando ele fala, ele “é falado” pela ideologia, isto é, “falado” pela história, e que isso se opera num processo discursivo cuja base material é a língua. (RODRÍGUEZ ZUCCOLILLO, 2000, p.187)

Também em relação à análise de discurso, tem-se a noção de formações imaginárias:

Quanto ao social, não são os traços sociológicos empíricos- classe social, idade, sexo, profissão - mas as formações imaginárias que se constituem a partir das relações sociais que funcionam no discurso: a imagem que se faz de um pai, de um operário , de um presidente, etc. (ORLANDI, 1994, p. 56)

De acordo com Rodríguez Zuccolillo, parafraseando Pêcheux, as formações discursivas determinam, pelo primado do interdiscurso sobre elas, o que pode e deve ser dito numa conjuntura dada das relações sociais. p.201

Da análise de discurso, também pautei-me em Orlandi (1996 a), que apresenta os três modos de repetição quando penso na aprendizagem:

- 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. p. 72

Na repetição empírica, o sujeito repete e esquece, na formal, repete com outras palavras e, na repetição histórica, ele inscreve o dizer em seu saber discursivo, o que lhe permite não só repetir, mas, ao fazê-lo, produzir deslizamentos, possibilidades de outros dizeres:

A repetição empírica é a que na Escola chamamos efeito papagaio: o aluno repete sem saber o que está repetindo. Esquece logo depois pois o que diz não lhe faz sentido. A repetição formal já é uma elaboração da forma abstrata da língua, e temos nesse caso o que em geral é considerado o bom aluno: ele repete com outras palavras. No entanto, como não há historicização, o dizer não sai do lugar. Finalmente, na repetição histórica teríamos um aluno com um real trabalho da memória: ele inscreveria assim o dizer em seu saber discursivo o que lhe permitiria não só repetir, mas ao fazê-lo, produzir deslizamentos, efeitos de deriva no que diz. [...] Este seria o "ideal" da aprendizagem: levar o aluno a passar da repetição empírica à histórica, com passagem obrigatória pela formal já que para que haja sentido é preciso que a língua se inscreva na história. (ORLANDI, 1998, p. 14)

Orlandi (1998) afirma que há trânsito entre esses diferentes modos de repetição. E a seu ver é nesse movimento que estaria a aprendizagem. "A possibilidade da Escola interferir na relação com o repetível: criar condições para que o aluno trabalhe sua relação com suas filiações de sentido, com a memória do dizer. p.14

No que se refere à leitura, do ponto de vista da lingüística se poderia tomar a leitura como decodificação. O texto teria um sentido e o aluno deveria apreender esse sentido (Orlandi, 2000 a).

Na perspectiva da análise de discurso:

Não se vê na leitura do texto apenas a decodificação, a apreensão de um sentido (informação) que já está dado nele. Não encara o texto apenas como produto, mas procura observar o processo de sua produção e, logo, da sua significação. Correspondentemente, considera que o leitor não apreende meramente um sentido que está lá; o leitor atribui sentidos ao texto. Ou seja: considera-se que a leitura é produzida e se procura determinar o processo e as condições de sua produção.p.37

Algumas outras considerações acerca da leitura ainda merecem destaque (Orlandi, 2000 a):

- a - o de se pensar a produção da leitura e, logo, a possibilidade de encará-la como possível de ser trabalhada;
- b - O de que a leitura, tanto quanto a escrita, fazem parte do processo de instauração do(s) sentido(s);
- c - o de que o sujeito - leitor tem suas especificidades e sua história;
- d - o de que tanto os sujeitos quanto os sentidos são determinados histórica e ideologicamente;
- e - o fato de que há múltiplos e variados modos de leitura;

f - finalmente, e de forma particular, a noção de que a nossa vida intelectual está intimamente relacionada aos modos e efeitos de leitura de cada época e segmento social. p.8

Geralmente, na escola, exclui-se a relação do texto com o contexto e do leitor com o contexto, ocorrendo principalmente leituras previstas, como se o significado estivesse no próprio texto.

Há modos diferentes de leitura, dependendo do contexto em que se dá e de seus objetivos. O leitor pode fazer a leitura pensando na:

- a. Relação do texto com o autor: o que o autor quis dizer?
- b. Relação do texto com outros textos: em que este texto difere de tal texto
- c. Relação do texto com seu referente: o que o texto diz de X
- d. Relação do texto com o leitor: o que você entendeu?
- e. Relação do texto com o para quem se lê? (se for o professor)  
O que é mais significativo neste texto para o professor Z? o que significa X para o professor Z? (ORLANDI, 2000b, p.10)

Ainda de acordo com Orlandi (1996 a) a proposta, é então a de construir procedimentos que mostrem a pluralidade de gestos de leitura que possam ser marcados e reconhecidos no espaço polêmico desta. Daí, a importância de uma abordagem discursiva já que essa abordagem permite observar como a língua produz sentidos, permite procurar entender o sentido como acontecimento.

Ainda no que se refere à leitura, agora, na perspectiva de Geraldi (1996), as formas como nos relacionamos com os textos podem fornecer informações de como poderiam ser diferentes práticas de leitura na escola:

- Posso ir ao texto em busca de respostas a perguntas que tenho. Trata-se de *perguntar* ao texto. Nem sempre ele me dará as respostas que busco, poderá me dar respostas que considero parciais, poderá me dar respostas que considero incorretas, poderá não me dar resposta alguma, e preciso continuar buscando em outros textos, desde que *minhas perguntas* estejam me incomodando. É o que se pode chamar de *leitura - busca - de informações*.

-Posso ir ao texto para *escutá-lo*, ou seja, não para retirar dele uma resposta pontual a uma questão que está incomodando neste momento. Lê-se para retirar do texto tudo o que dele posso extrair nesta leitura. É o que se pode chamar de *leitura - estudo - do - texto*.

-Posso ir a um texto para *usá-lo*, inspirando-me nele para com ele fazer outras coisas: construir uma montagem, retirar dele um argumento, buscar um exemplo, apreender uma analogia, etc. Pretextos legítimos. E mais uma vez, qualquer tipo de texto pode ser usado, dependendo novamente do tipo de uso que quero fazer.

-Posso, por fim, ir ao texto *desarmado*. Sem perguntas para as quais imagino ele possa fornecer respostas; sem querer escrutiná-lo pelo meu estudo; sem qualquer pretensão de uso imediato. É o que se pode chamar de *leitura - fruição - do - texto*. (GERALDI, 1996, p. 120-122)

Então, dadas essas considerações, na sala de aula, os alunos podem ler um texto com diferentes finalidades, como presenciei e descrevi no capítulo cinco deste trabalho. No entanto, deve-se ressaltar o que é dito em Almeida e Ricon (1993): as condições de controle e cobrança devem ser diferentes das usuais, quando se quer desenvolver no aluno, gosto pela leitura.

Ainda pensando a leitura, Silva (1997) forneceu uma reflexão importante acerca da importância do texto escrito nas aulas de Física:

[...] o texto escrito, sem dúvida nenhuma, está e estará presente em maior ou menor grau em relação a outros recursos, no cotidiano escolar desse ensino. O texto escrito representa não só um dos meios pelos quais o aluno interage com o conhecimento da física na escola (às vezes o único), como representará posteriormente para o aluno, um meio pelo qual poderá continuar adquirindo informações e conhecimentos fora da escola. p.10

E ainda Almeida e Ricon (1991) afirmam que a leitura como processo de interação entre um ser social: o aluno e um texto que em seu discurso carrega invariavelmente também o social possibilita o afloramento de seus conhecimentos anteriores (leituras, conversas, aulas, informações via tevê, etc.) e permite que ele perceba a possibilidade de ampliar, aprofundar e até mesmo analisar criticamente alguns desses conhecimentos. É através da relação que se fará entre conhecimentos anteriores e aqueles presentes no texto que se inicia o próprio entendimento do texto.

Também, por esse motivo, reforço a importância de trabalhar a leitura em aulas de Física.

No que se refere à escola e ao aprendizado de física, aproveito esse momento para caracterizar conhecimento cotidiano, científico e escolar, segundo Lopes (1999), já que estou tratando da dinâmica da sala de aula e da produção de sentidos por parte dos estudantes.

Segundo essa autora, diferentes saberes sociais possuem diferentes instâncias de produção de significados. Nesse sentido:

O processo de construção do conhecimento escolar ocorre no embate com os demais saberes sociais, ora afirmando um dado saber, ora negando-o; ora contribuindo para sua construção, ora se configurando como obstáculo a sua elaboração por parte dos alunos. p.104

O conhecimento cotidiano e científico diretamente se inter-relacionam com o conhecimento escolar, mas não sem contradições. Cada conhecimento tem sua lógica própria. Conhecimento cotidiano e científico possuem uma ruptura nítida:

Ambos históricos, sofrem interações mútuas, mas interpretar a ciência com os pressupostos da vida cotidiana é incorrer em erros, assim como é impossível, em cada ação cotidiana, tomarmos decisões científicas, ao invés de decidirmos na espontaneidade e no pragmatismo. p 157.

De acordo com Lopes (1993):

A racionalidade do conhecimento científico não é um refinamento da racionalidade do senso comum, mas ao contrário, rompe com seus princípios, exige uma nova razão que se constrói à medida em que são suplantados os obstáculos epistemológicos. p.325

É Bachelard quem caracteriza o que são os obstáculos epistemológicos, como apresentei no capítulo três deste trabalho.

De acordo com o que afirma Lopes, acredito que, nesse momento, é importante ressaltar, mais uma vez, que o livro que escolhi para trabalhar em sala de aula não é um material típico que se costuma levar à escola. Destaco que, se olharmos para ele com a visão acadêmica que temos, sobre a produção do conhecimento científico, fica evidente que encontraremos aspectos divergentes. Não é um material que pertence ao mundo acadêmico, no entanto considerarei que poderia contribuir ricamente se utilizado em sala de aula, com alunos de ensino médio.

Retornando à sala de aula, caracterizo agora a relação entre a escola e a linguagem, através da definição de discurso pedagógico, de acordo com Orlandi (1996 b). Mas, antes, Orlandi afirma que a produção da linguagem se faz na articulação de dois grandes processos, o parafrástico e o polissêmico:

Isto é, de um lado, há retorno constante a um mesmo dizer sedimentado - a paráfrase - e, de outro, há no texto uma tensão que aponta para o rompimento. [...] Há um conflito entre o que é garantido e o que tem de se garantir. A polissemia é essa força na linguagem que desloca o mesmo, o garantido, o sedimentado. Essa é a tensão básica do discurso, tensão entre o texto e o contexto histórico - social: o conflito entre o mesmo e o diferente. (ORLANDI, 1996 b, p. 28)

Mas o que é o discurso pedagógico? Segundo Orlandi (1996 b), é um discurso circular. É um dizer institucionalizado sobre as coisas, que se garante, garantindo a instituição em que se origina e para a qual tende: a escola. "Em sua definição seria um discurso neutro que transmite informação (teórico ou científico)". p.28

Orlandi notou que essa neutralidade não era suficiente. Por isso, para ela, existem três tipos de discurso em funcionamento na escola: o lúdico, o polêmico e o autoritário. O discurso lúdico é aquele que tende para a polissemia, em que a reversibilidade é total e em que o objeto do discurso se mantém como tal no discurso. O discurso polêmico é o que apresenta um equilíbrio tenso entre polissemia e paráfrase, em que a reversibilidade se dá sob condições, é disputada pelos interlocutores, e em que o objeto do discurso não está obscurecido pelo dizer, mas é direcionado pela disputa entre os interlocutores. Já o discurso autoritário tende para a paráfrase (o mesmo) e em que se procura conter a reversibilidade, em que a polissemia é contida e em que o objeto do discurso fica dominado pelo próprio dizer (Orlandi, 2000 a).

Para a autora, o discurso pedagógico se apresenta como um discurso autoritário, sem nenhuma neutralidade. Seria interessante encaminhar o discurso pedagógico para torná-lo um discurso polêmico:

Do ponto de vista do autor (professor) uma maneira de se colocar de forma polêmica é construir seu texto, seu discurso, de maneira a expor-se a efeitos de sentidos possíveis, é deixar um espaço para a existência do ouvinte como "sujeito" [...] É saber ser ouvinte do próprio texto e do outro. (ORLANDI, 1996 b, p. 33)

E, do ponto de vista do aluno, como tornar o discurso pedagógico, polêmico?

Da parte dos alunos, uma maneira de instaurar o polêmico é exercer sua capacidade de discordância, isto é, não aceitar aquilo que o texto propõe e o garante em seu valor social: é a capacidade do aluno de se constituir ouvinte e se constituir como autor na dinâmica da interlocução, recusando tanto a fixidez do dito como a fixação do seu lugar como ouvinte. p.33

Pensar a sala de aula é então pensar na possibilidade de tornar o discurso pedagógico, típico da escola, em um discurso polêmico, tanto por parte do professor quanto do aluno. Acredito que trabalhar a leitura em sala de aula e com essa prática possibilitar discussões de assuntos de física e aspectos gerais da ciência é uma maneira de caminhar para tornar o discurso pedagógico polêmico, porque, segundo Orlandi (1998), ensinar é produzir condições para que o aluno, aprofundando sua posição –aluno, tenha voz para intervir no processo que o colocará futuramente, na posição – professor. Para isso, ele deverá se confrontar com sua memória e trabalha-la, a partir de e em confronto com os sentidos produzidos pela posição –professor.

## **4. LEIS DE NEWTON, LEITURA E MEDIAÇÕES EM SALA DE AULA: ALGUNS TRABALHOS**

### **4.1 Leis de Newton e a física escolar**

Na escola, de nível médio, a disciplina Física tem sido sinônimo de desconforto para a maioria dos alunos. A Física comumente desperta "medo" nestes alunos, e, como professora dessa, conforme mencionei anteriormente, gostaria de poder tornar sua aprendizagem mais acessível e agradável. Além disso, o aluno, poder compreender ciência e ser crítico em relação à sua produção e divulgação também sempre foram meus objetivos enquanto professora dessa área do saber.

Como penso a Física em funcionamento na sala, julgo necessário entender como aparecem na literatura aspectos sobre a produção e concepção de ciência, além de considerações a respeito das leis de Newton.

Alguns artigos encontrados na literatura nos últimos anos tratam da aprendizagem das três leis de Newton. São eles: Peduzzi e Peduzzi (1988), Cabral (1984), Talim (1999) e Veit e Teodoro (2002). Outros artigos tratam da compreensão geral da ciência. São eles: Peduzzi (1996), Leite e Almeida (2001), Roth e Roychoudhury (2003), Osborne et all (2003).

#### **4.1.1 Leis de Newton**

Peduzzi e Peduzzi (1988) afirmam que o fracasso do enfoque usual dado às leis de Newton justifica, por si só, a introdução de estratégias alternativas de ensino neste tópico, que levem em consideração as concepções dos alunos em relação a este tema.

Para o trabalho, os autores sugerem uma sequência de ações a serem desenvolvidas pelo professor em sala: pré-teste de conhecimento, introdução histórica, situação estática de um corpo, revisão de pré requisitos, leis de Newton (exemplos e contra exemplos e exemplos qualitativos), correção, resolução de problemas e pós teste.

De acordo com os autores, a unidade trabalhada promoveu maior aprofundamento conceitual, no entanto foram necessárias 10 aulas, quatro aulas a mais que as aulas normalmente utilizadas para trabalhar esse conteúdo. O melhor desempenho no pós -teste é indício de que a atividade, no geral, foi bem sucedida.

Cabral (1984) questiona a afirmação: a Primeira lei de Newton é um caso particular da Segunda, pois, para força resultante igual a zero, temos aceleração zero e, portanto, a velocidade será constante na ausência de forças externas. Segundo ele, a Primeira lei caracteriza implicitamente o que são referenciais inerciais e a Segunda só se aplica a estes. Diz ainda que as dificuldades conceituais das leis de Newton não param por aí. Elas envolvem também a definição de massa, de escala temporal e o próprio significado da Terceira lei.

Talim (1999) apresenta resultado de um estudo sobre a compreensão de alunos do ensino médio sobre a Terceira lei de Newton. O teste aplicado detectou a presença de conceitos espontâneos. As dificuldades dos estudantes podem ser divididas em três grupos que segundo Talim, devem ser tratadas separadamente pelo professor. O teste continha sete questões de múltipla escolha e as dificuldades apresentadas sobre a Terceira lei foram em relação aos seguintes itens:

1. Um corpo móvel que colide com uma parede ou um grande corpo imóvel;
2. Corpos que interagem com forças de longo alcance;
3. Corpos móveis em contato um com outro.

O autor acredita que, mesmo o estudante respondendo corretamente a um dos itens acima, não fica evidente que acertará os seguintes e, por isso, o professor deve trabalhá-los separadamente a fim de propiciar o aprendizado significativo da Terceira lei proposta por Newton.

Veit e Teodoro (2002) propõem o ensino da Segunda lei de Newton a partir de modelagem computacional, de modo que problemas mais reais e mais atuais possam ser tratados. O estudante pode usar modelos baseados em equações diferenciais e funções.

Através da leitura de artigos que tratam, de alguma maneira, de aspectos referentes às leis de Newton se compreende que, em geral, os estudantes apresentam concepções espontâneas acerca desse tema, além de apresentarem dificuldades quanto a sua compreensão, principalmente no que diz respeito aos aspectos conceituais.

#### **4.1.2 Concepções de ciência e a Física escolar**

No que se refere à compreensão da ciência e aos temas relacionados a mesma, Peduzzi (1996) trata das concepções de mundo e das idéias de movimento de Aristóteles. O autor afirma que:

A física aristotélica é apresentada em geral de forma insipiente e amplamente descontextualizada, com isto mostra-se pouco atrativa para o leitor, que não compreendendo seus fundamentos básicos, vê com desconfiança e incredulidade algumas idéias aparentemente superficiais e ingênuas aos olhos de hoje, aparecerem como elementos essenciais de uma teoria científica. (PEDUZZI, 1996, p.49)

Peduzzi defende que, desde que contextualizados, é possível considerar/utilizar elementos da Física aristotélica no ensino médio.

Roth e Roychoudhury (2003) afirmam que estudantes apresentam diferentes posições epistemológicas e diferentes aspectos sobre conhecer e aprender. Alguns autores alegam que o conhecimento científico se aproxima da verdade e existe, independentemente da conceitualização humana. Também afirmam que o conhecimento científico é função do meio social.

Osborne et all (2003) defendem que a educação em ciência deve se preocupar com a natureza da ciência e suas práticas sociais. Além disso, preocupam-se em responder à questão: o que precisa ser ensinado, em aulas, sobre a natureza da ciência?

Em geral, os artigos retratam a relevância de se trabalhar a contextualização de aspectos relativos à ciência, como por exemplo, a utilização de elementos da Física aristotélica, no ensino médio, segundo a argumentação de Peduzzi (1996).

Relacionando esse tipo de leitura à temática de meu trabalho, supus a possibilidade de aliar ao estudo das três leis do movimento uma postura crítica por parte dos alunos e do professor, criando possibilidades para tornar o discurso pedagógico, típico da escola, em um discurso polêmico.

## **4.2 Leitura em ciências**

Depois de tratar da leitura segundo algumas noções de análise de discurso, apresento, aqui, o estudo de artigos, livros e dissertações relacionados à temática de meu trabalho, procurando compreender mais detalhadamente o referencial teórico/metodológico.

Início com teses e dissertações defendidas por membros do grupo de estudo e pesquisa em Ciência e Ensino (gepCE -Unicamp) do qual faço parte, selecionando os trabalhos que, de algum modo, utilizaram a leitura em sala de aula e o referencial da análise de discurso, a partir de 2000. Analisei em maior profundidade quatro trabalhos recentes, defendidos em 2000, 2001 e 2002: Souza (2000), Oliveira (2001), Michinel (2001) e Silva (2002). Além de trabalharem a leitura em aula, o suporte teórico desses trabalhos é o mesmo que utilizei no trabalho aqui apresentado.

Souza (2000) trabalhou com o tema Fotossíntese. Com essa proposta, estabeleceu os seguintes objetivos gerais: "contribuir para repensar o currículo na última série do ensino fundamental, e estabelecer estratégias de mediação da linguagem, tendo em vista a construção social do conhecimento sobre o tema fotossíntese" p.8.

Através de uma proposta de ensino, a autora procurou investigar, principalmente, os aspectos da leitura em sala de aula:

Os contextos de sua utilização e as condições de produção da linguagem, enfatizando formas de intertextualidades, buscando formas que dêem indicadores de como deve ser lido o texto, buscando uma perspectiva diferente para a leitura, pretendendo que o gosto por ela possa extrapolar os muros da escola, dando aos alunos condições de buscarem informações atuais sobre o que ocorre no mundo. (SOUZA, 2000, p. 9)

A autora serviu-se de concepções da análise de discurso propostas por Eni Orlandi, principalmente a noção de leitura considerada como um processo de atribuição de sentidos. Além disso, utilizou a noção de obstáculos epistemológicos, propostos pelo epistemólogo francês Gaston Bachelard (de que tratei no capítulo três).

Analizou alguns livros didáticos no que se refere ao tema Fotossíntese e verificou algumas evidências de obstáculos epistemológicos de Bachelard que, segundo a autora, demonstram como a valorização da experiência de vida dos alunos, em geral, não é levada em conta pelos autores dos livros.

Basicamente, a proposta de ensino baseou-se em um questionário sobre leitura (previamente aplicado) e em aulas envolvendo leitura, escrita e experimentação.

A proposta em sala de aula foi aplicada em quatro salas de última série do ensino fundamental, no período diurno, em duas escolas diferentes do ensino estadual, na cidade de Campinas- SP, no último bimestre do ano letivo de 1997.

No que se refere ao uso de texto de ensino de ciências, Souza afirmou que textos nos quais há possibilidade de ouvir a voz do cientista, podem trazer uma perspectiva diferente ao ensino de ciências. "As análises evidenciaram que textos dessa natureza podem ser boas opções para formarmos pontes entre linguagem comum e linguagem científica". (SOUZA, 2000, p.230)

No entanto, a autora alerta que somente textos diferenciados não garantem leituras diferenciadas e que provoquem deslocamentos.

A dissertação de mestrado de Oliveira (2001) parte de uma reflexão acerca da escrita, procurando, de início, compreender seu funcionamento no ensino da ciência.

Para tal investigação, aplicou uma proposta de ensino sobre o tema energia, proposta essa baseada na epistemologia bachelardiana. Trabalhou com alunos de oitava série do ensino fundamental, em uma escola da rede pública estadual da cidade de Campinas –SP durante o ano letivo de 1998.

Utilizou para desenvolver o objetivo de verificar possibilidades da escrita na aprendizagem de ciência a análise de discurso divulgada por Eni Orlandi e baseou-se principalmente na idéia de autoria, expressa em Orlandi (1996 a). Buscou indícios da passagem

da repetição empírica para a histórica, passando pela formal. Além de algumas noções de análise de discurso as contribuições de Bachelard, como já comentei, guiaram-na no desenvolvimento da proposta de trabalho, principalmente no que se refere à noção de continuidade - ruptura.

Nas aulas ministradas pela autora, foram requisitadas produções de escritos durante as unidades estudadas ou ao final delas, sendo que parte do material recolhido foi analisado com o objetivo de identificar princípios de autoria na escrita e apontar para as possibilidades da contribuição do escrever de maneira mais livre do que as respostas cobradas em momentos de prova.

As aulas foram ministradas através das seguintes estratégias: utilização de textos, artigos de jornal sobre assuntos da cidade, vídeos, apresentação de trabalhos em grupos, atividades experimentais, aulas expositivas e palestra por profissional.

As estratégias estiveram marcadas por variadas intenções: estimular o aluno a ler, observar, analisar, expor, opinar, relacionar, explicar, escrever, motivar-se. Os textos foram produzidos ao final de cada tema, valendo como nota de avaliação do bimestre, a qual incluiu também outras atividades como questões em grupos, tarefas para casa, apresentação de trabalhos.

Do referencial proposto para análise, a noção principal de análise de discurso que Oliveira (2001) utilizou foi a de autoria que, segundo Orlandi (1996 a):

Representa a função que se realiza toda vez que o produtor da linguagem se encontra produzindo um texto com unidade, coerência, progressão, não contradição e fim. O autor responde pelo que diz ou escreve, pois supostamente está em sua origem, embora se constitua pela repetição, pelo interdiscurso [...].<sup>83</sup>

De acordo com Oliveira, Orlandi coloca ainda a autoria como uma função que a escola deva se preocupar em desenvolver:

A posição autor se faz na constituição da interpretação, pois o autor não pode dizer coisas que não tenham sentido, o que mostra sua relação com o interdiscurso e além de fazer sentido este deve ser para um interlocutor determinado, que faz parte de suas formações imaginárias. (OLIVEIRA, p. 81)

Segundo Oliveira, essa noção foi fundamental para sua análise, já que entender que os textos têm relações com outros textos existentes e imaginários leva à idéia de que o autor não

realiza o fechamento completo do texto, assim a interpretação é o lugar do possível, dada a incompletude do discurso.

Para a análise, foram selecionados textos de oito estudantes, referentes a quatro solicitações feitas ao longo de todo ano. Neles a autora procurou elementos que relacionassem a escrita à mudança no pensamento dos alunos, apoiando-se na noção de autoria, baseada nos tipos de repetição. Aliada à repetição, utilizou as idéias de Bachelard sobre continuidade-ruptura.

A autora concluiu que teria sido melhor se, com a unidade aplicada, a repetição histórica tivesse sido atingida por todos os alunos. No entanto, verificou que a maioria atingiu a repetição formal, ficando a historicização distribuída dispersamente ao longo dos textos. Mas, embora muitos escritos tenham apresentado apego à memorização mecânica, já que os alunos tentaram repetir fielmente aquilo que foi discutido em sala de aula, por outro lado Oliveira afirma:

Parece-nos estar claro que apresentamos um quadro bastante favorável à sua utilização (da escrita), na medida em que vislumbramos a possibilidade de conduzir o aluno à construção de manifestações próprias, ancoradas nos conteúdos apresentados pelo professor, mas utilizando-se de uma linguagem mais próxima ao seu dia - a - dia, que acabou por promover a re-significação destes conhecimentos. p.129

Relacionando o título do trabalho (*Possibilidades da escrita no avanço do senso comum para o saber científico na 8ª série do ensino fundamental*) ao seu alcance, Oliveira afirma que de fato os alunos manifestaram mudanças no pensamento, mas não pode afirmar com absoluta certeza até que ponto a escrita foi responsável por esse avanço.

A seguir, comento o trabalho de Michinel (2001), uma tese voltada para a leitura, por estudantes do ensino superior, de textos divergentes.

O problema central do trabalho de pesquisa de Michinel (2001) é

entender aspectos gerais do funcionamento da leitura de *textos divergentes* sobre energia por alunos de cursos de física na educação superior, compreendendo os deslocamentos que podem ser provocados nas suas significações, em particular na estrutura de seu perfil conceitual, com intuito de buscar indícios de que a divergência nas significações conceituais é um mediador didático que exposto através da leitura, complementada com outras mediações sociais e semióticas, em aula, pode ativar deslocamentos conceituais, os quais podem contribuir para re-construção conceitual,

dessa noção, pelos alunos, isto é, possível ampliação do conceito e compreensão de seus componentes pelos estudantes. (MICHINEL, 2001, p.13)

O autor relatou os resultados fornecidos pelo estudo de campo que realizou durante o segundo semestre de 1999 e o segundo semestre de 2000 e que lhe permitiram acumular uma quantidade de dados suficientes para estruturar o trabalho, com grau de aprofundamento empírico adequado. Fez funcionar os textos em quatro turmas de licenciatura em Física nas quais trabalhou a proposta de intervenção educativa formulada.

A pesquisa está fundamentada em organizar o trabalho pedagógico, que consistiu em fazer funcionar a aula com um conjunto de textos, considerados divergentes, sobre os temas energia e calor, provocando a leitura e discussão desses textos e, sob certas condições de produção, estimular processos de re-significação conceitual.

Michinel colocou em funcionamento leituras consideradas divergentes por expressarem posições, ontológicas ou epistemológicas, diferentes em relação a um dado conceito, ou por se deslocarem diante desse conceito ainda no mesmo estatuto e avaliou esse funcionamento a fim de obter informações relativas às conceituações dos estudantes, sujeitos da pesquisa:

Os diferentes discursos, em interação, que são produzidos no processo de ensino e pesquisa (discursos dos estudantes, discursos dos professores, discursos dos autores, discursos do pesquisador) são objetos de nosso estudo. Nesses, expressa-se uma relação não unívoca entre linguagem, pensamento e mundo; também não há transparência na história na qual estes discursos têm sua gênese e desenvolvimento. p. 33

Para atingir seu objetivo, recorreu à análise de discurso (Orlandi, 2000 b; Pêcheux 1995), para analisar as interpretações produzidas nesse processo.

Segundo Michinel (2001),

O problema objeto de estudo pretende entender o desenvolvimento de conceitos em física, particularmente de conceitos relacionados com o tema ou a noção de energia, no nível de educação superior, considerando como constitutivas do trabalho pedagógico as condições de produção relacionadas com a sala de aula e, em particular, o funcionamento da leitura, sob essas condições de produção. p.33

De acordo com Michinel, as noções de sujeito, discurso, tipo de discurso e condições de produção e suas relações são noções chave na análise de discurso.

Em relação à análise de discurso, a constituição do sujeito é de uma formação subjetiva, ela não parte do sujeito individual “concreto”, mas de considerar esse sujeito nas suas relações sociais levando em conta o histórico e ideológico. O autor considerou, no trabalho, as condições de produção de leitura, as histórias dos alunos, assim como suas histórias de leituras.

As condições de produção imediatas da leitura são levadas em conta quando ele caracteriza a turma e os textos. Os textos utilizados são de Richard Feynman (divulgação científica que apresenta a conceituação da energia por meio de uma metáfora), David Halliday e Robert Resnick, Moyses Nussenzveug e Paul Allen Tipler (recorte de livros didáticos destinados ao ensino superior)

O autor também buscou entender o papel da leitura e como os alunos lêem os textos. Além disso, observou o lugar de onde os sujeitos falavam (estudantes do Instituto de Física como licenciandos, alunos da Faculdade de Educação e futuros professores de ensino médio). Procurou compreender os deslocamentos conceituais provocados pelas mediações dos textos, dele próprio e da professora da classe.

Em suas conclusões, ele diz que os alunos perceberam o caráter divergente dos textos. Há um comportamento diferenciado quanto à representação que os alunos têm dos mesmos. Essa dispersão na visão dos textos está relacionada a características do aluno, seu contexto de leitura e sua própria história. Mudanças conceituais mediadas pela leitura, pela fala dos outros, e pela apropriação prévia de conceitos.

A tese defendida por Silva (2002) também usa como referencial de análise a linha francesa da análise de discurso e trabalha com leitura. No caso de textos e imagens, esse trabalho buscou compreender como foram produzidos sentidos em uma unidade de ensino sobre gravitação newtoniana, desenvolvida em aulas de Física no nível médio.

As aulas configuraram uma abordagem caracterizada por três aspectos intimamente relacionados entre si: a abertura de espaço à voz, à participação dos estudantes; o estabelecimento de conexões com o contexto cultural científico - tecnológico atual e a leitura de textos e imagens tomada como objetivo e lugar de ensino e de aprendizagem e não apenas como instrumento de algo que ocorre fora, em outro lugar, paralelamente (Silva, 2002).

As opções teórico - metodológicas se orientaram por uma perspectiva que procura descrever e analisar não apenas os sentidos produzidos nas aulas analisadas, mas suas condições de produção,

condições que se referem à relação entre o discurso científico e o discurso comum, e os implícitos que o fazem funcionar de maneiras diferentes, as especificidades do espaço institucional escolar e suas memórias, e as especificidades do contexto histórico - cultural mais amplo, contexto do qual a ciência e a tecnologia fazem parte. p.61

No que se refere à análise de discurso, o autor pensa a linguagem a partir desses pressupostos. "É a inscrição da língua na história que produz sentidos constituindo um objeto próprio, o discurso". p.61

Apóia - se também na noção de memória, ou interdiscurso:

É possível, inscrever cada palavra, expressão, enunciado numa rede na qual estes adquirem seu sentido. Não é apenas o que é dito/escrito que constitui o sentido, mas também os implícitos, os pressupostos, o não - dito, outros dizeres, dito antes e em outros lugares, que significam no meu dizer. p.62

Na concepção de discurso da análise de discurso, o sujeito tem um lugar importante na constituição dos sentidos, mas não único, já que o sujeito não é a origem da significação, pois esta remete a uma memória, a uma (ou mais) formação (ões) discursiva (s).

O que o autor fez durante o desenvolvimento do trabalho? Silva realizou, durante as aulas, leituras de jornais e revistas, exibição de documentário, leituras de divulgação científica e imagens.

E concluiu que:

A análise dos processos discursivos em torno da síntese newtoniana revelou que textos e imagens podem funcionar produzindo sentidos que compõem uma perspectiva ampla de formação cultural pela educação científica, incluindo a própria prática de leitura nesta formação. p.187

Registrou uma certa dispersão de sentidos que pode ser interpretada como resultado de um contexto em que as diferentes histórias de vida, interesses, expectativas, memórias dos estudantes tiveram espaço para fazer funcionar suas interpretações, suas leituras.

Como as teses e dissertações comentadas anteriormente utilizam algumas noções da análise de discurso para a análise do material coletado em sala de aula, foram extremamente relevantes para o estudo que aqui apresento, já que utilizo esse referencial de análise. Nele tive a preocupação de analisar o funcionamento da leitura do texto e a mediação da professora no que se refere à aprendizagem, ou seja, a deslocamentos produzidos pelos alunos, procurando verificar as possibilidades da passagem da repetição empírica para a histórica.

Ainda no que se refere à leitura em sala de aula, destaco algumas das idéias contidas em artigos científicos na área de ensino de Física no Brasil, publicados em periódicos e em capítulos de livros. Entre os aqui apresentados, a maior parte utiliza o referencial teórico da análise de discurso, ressaltando que a toda leitura tem sua história, assim como os leitores têm suas próprias histórias. A realização de atividades de leitura com cobranças diferentes das usuais, na maior parte das vezes provoca envolvimento diferentes. Além disso, os autores constatam que é possível realizar leituras diferentes para um mesmo texto.

Ricon e Almeida (1991) discutem como a escola pode interferir na construção da história de leitura dos estudantes. Preocupados com a leitura em aulas de Física, afirmam que a linguagem matemática deve ser vista como um objetivo a ser atingido pelos alunos, e não o ponto de partida. Como base do que escrevem, foram realizados ensaios que permitiram obter informações empíricas em aulas de Física no ensino médio, em escolas oficiais de Campinas- SP. Nesses trabalhos notaram que os conhecimentos dependiam de leituras anteriores e, por isso a importância de se conhecer as histórias de leitura dos alunos.

Almeida e Ricon (1993) destacam o papel da linguagem e questões relativas à leitura. Segundo os autores, situações de controle e cobrança devem ser diferentes das usuais a fim de se desenvolver o gosto pela leitura. Além disso, questionam como trabalhar a leitura para que ocorra incorporação do saber científico.

Almeida (1996) traz um estudo sobre luz e suas representações. Realiza uma atividade de leitura de trechos do livro *A Evolução da Física*, de Einstein e Infeld. Foi solicitado que os alunos lessem a primeira e a última página desse livro. Entre outras ocorrências, o que notou é que as respostas que os alunos apresentaram para a pergunta : “o que é, para você, luz?” foram diversificadas, algumas relacionadas ao conteúdo da disciplina e outras até místicas. Defende que sejam levadas em conta as diferentes representações dos estudantes nos procedimentos que visam ao alcance da racionalidade científica.

Segundo Silva e Almeida (1998), a partir do referencial teórico análise de discurso, a leitura de um texto não é única, pois o leitor produz sentido de acordo com sua história de vida e de leitura. Os autores notaram que, geralmente, a voz do professor aparece como aquela que deve ser copiada pelos alunos, pois o próprio professor acaba repetindo o texto, com o pretexto de “explicador”.

Almeida, Silva e Babichack (1999) relatam dois ensaios realizados com alunos no ensino médio (um sobre atrito e outro sobre as estações do ano). Na pesquisa, focalizaram os modos de leitura e as “lógicas” argumentativas dos alunos. O estudo foi fundamentado em noções de análise de discurso e na visão de que o conhecimento é construído num processo de continuidade e ruptura, como foi apresentado no trabalho de Gaston Bachelard, o qual também incluí como suporte do trabalho que aqui apresento.

Um dos recursos utilizados foi pedir aos alunos que fizessem a leitura do texto antes do professor fazê-lo. Os alunos deveriam escrever dúvidas e perguntas, e pensar sobre como seria um mundo sem atrito.

Os autores perceberam que foram manifestadas dúvidas diferentes das usuais, incluindo recortes de partes do texto; mostraram que os alunos esperavam respostas da professora, e a crença de que matéria é o que o professor explica.

Almeida e Mozena (2000) também verificam o funcionamento da leitura, nesse caso, no contexto de trabalho com uma unidade de ensino sobre luz e outras formas de radiação eletromagnética, em salas de aula de oitava série do ensino fundamental. Procuram compreender

a relação entre tipo de questões e cópias, a intertextualidade, as generalizações indesejáveis e a possibilidade de diversas leituras para um mesmo texto.

Almeida, Silva e Michinel (2001) destacam os aspectos do funcionamento da leitura em aulas de Física a partir de estudos nos quais pensaram a mediação do texto como meio privilegiado para que indivíduos tenham maior acesso à cultura científica. O suporte para o estudo é também a análise de discurso de linha francesa, assim como nos textos já comentados: Almeida e Ricon (1993), Silva (1997), Silva e Almeida (1998), Almeida, Silva e Babichack (1999), Almeida Mozena (2000), entre outros.

Os autores apresentam seis episódios nos quais foi focalizada a mediação do texto escrito sobre temas de Física. O foco foi realizar a mediação conceitual pela leitura, verificar os efeitos de sentidos produzidos por ela e os deslocamentos na linguagem.

Beijamim e Teixeira (2001) também tratam da leitura, avaliando a contribuição desta a partir de um livro paradidático intitulado *Energia e Meio Ambiente* de Branco (1990), através de uma amostra de alunos de primeira série do ensino médio. Durante a atividade, não houve mediação do professor e foram avaliados os efeitos da leitura do texto sobre a mudança de postura dos sujeitos em relação a aspectos considerados fundamentais para a construção da cidadania e aspectos ligados a noções de energia consideradas relevantes.

Carvalho e Barbosa (2003) acompanham o comportamento de um grupo de alunos durante uma atividade em que buscam saber se alunos de segunda série de ensino fundamental são capazes de compreender tópicos de física através da narrativa. Utilizam como referencial as idéias de Bakhtin e Luria sobre a utilização da linguagem. Notaram que o trabalho dos alunos em grupo favoreceu a resolução do problema proposto, no caso, sobre alavanca. O que se destaca essencialmente nesse trabalho é a relação que as autoras apontam entre aprendizagem e discussão/interação de alunos entre si e com a professora.

Em Leite e Almeida (2001) são feitas considerações sobre a importância da compreensão da linguagem científica e da metalinguagem envolvida no discurso científico de professores e alunos e são relatados os resultados de dois estudos efetuados com a finalidade de detectar o grau

de compreensão dos estudantes do ensino secundário e universitário de termos usados nos textos e nas aulas de Física.

Através da leitura desses artigos, notei que seria fundamental estar atenta aos diferentes modos de leitura dos estudantes, além de promover situações em sala de aula diferentes das usuais, para se compreender as múltiplas produções de sentidos por parte dos estudantes, a partir da leitura de texto de divulgação científica.

### **4.3 O texto de divulgação científica**

Segundo Salém e Kawamura (1996), preocupadas com a divulgação científica em Física, algumas intenções ou objetivos gerais dos livros de divulgação científica são:

- atrair o leitor para o mundo da ciência ( dar nova visão da física)
- divulgar a ciência a um público amplo
- espera-se do leitor algo mais ligado ao prazer, que ao dever

O leitor desse tipo de livro geralmente é um voluntário, ele vai até o livro; muitas vezes, pode ser leigo em Física, Matemática, Ciência.

Segundo as autoras, os autores são, na maioria das vezes especialistas em Física, que têm vivência em pesquisa.

Sobre a estrutura dos livros, muitas vezes, estes partem do concreto para o abstrato. Partem de um fenômeno conhecido, de uma historinha, poema, lenda, dado histórico para chegar ao conhecimento. Também têm a preocupação de situar o leitor em um contexto mais abrangente.

Os recursos utilizados são, em geral, ilustrações simples e bem humoradas, perguntas, com ou sem respostas, experiências de pensamento, diálogo (reais ou fictícios) entre defensores ou opositores de uma idéia, teoria.

A linguagem é caracterizada pela ausência, ou pela presença pouco marcante de formalismo matemático (revelar o que há por trás das fórmulas). Alguns destacam-se pela linguagem sofisticada. Outros, pelo apelo à curiosidade, reflexão, seja pela linguagem (simples e

direta), aproximação do leitor à posição de investigador, ênfase em aspectos fantásticos, descrições de experiências históricas. E neles não está previsto o controle de aprendizado.

Algumas vezes, aparece uma mistificação, como descobertas científicas feitas por homens geniais; cientista como “militante”, apaixonado.

Salém e Kawamura defendem que livros de divulgação científica e livros didáticos possuem naturezas diferentes e por isso produzem aprendizados de naturezas diferentes.

Algumas limitações, segundo as autoras, seriam: conhecimento pouco operacional, ausência de sínteses, de formalizações e o fato de não haver controle do aprendizado.

No livro que escolhi para este trabalho (*Isaac Newton e sua maçã*), notei algumas características que acredito serem positivas quando trabalhadas em sala de aula, e outras que considero “como um problema”, às quais já me referi no capítulo dois.

Uma vantagem de se trabalhar com texto de divulgação, segundo Ricon e Almeida (1991), é que é interessante trazer as idéias dos alunos através do uso da linguagem com a qual eles estão acostumados.

Também destaco a idéia de que o texto de divulgação fornece uma visão global, apresentando os conceitos de forma não isolada. Bom texto é aquele que envolve o leitor, não tem medo de apresentar os conceitos (Ricon e Almeida, 1991). Pensei nessas características quando selecionei o livro de divulgação *Isaac Newton e sua maçã* para trabalhar com os estudantes.

Ainda no que se refere à divulgação científica, Almeida (1998) articula algumas idéias sobre o funcionamento do texto escrito, especialmente o de divulgação científica no ensino de ciência. Segundo a autora, a maioria dos textos de divulgação científica fornece espaço à argumentação, à discussão das idéias. Mas, segundo Almeida:

A substituição de texto de um tipo por outros de natureza diferente não muda a qualidade da mediação escolar. Um texto com características totalmente divergentes das do manual didático pode ser trabalhado pelo professor e visto pelos estudantes segundo os mesmos “hábitos de leitura”, que um e outro foram construindo em anos e anos de escolarização. (ALMEIDA, 1998, p.54)

Nesse trecho, Almeida chama a atenção para necessidade de mudar as estratégias de leitura quando se trabalha com textos de natureza diferente do livro didático, no caso, textos de divulgação científica.

Além disso, de acordo com Terrazan (2000), os textos de divulgação científica não têm preocupação didática explícita, não ficam presos à idéia de pré-requisitos e nem sequências de conteúdos. Segundo o autor, a linguagem se aproxima da linguagem jornalística, com a qual boa parte dos alunos tem contato.

No entanto, estou ciente de algumas desvantagens da utilização de livro de divulgação científica, como afirmam Moura e Canalle (2001). Os autores discutem mitos e controvérsias que cercam alguns cientistas. Muitas vezes, esses mitos estão presentes em livros didáticos e de divulgação científica de maneira inquestionável. Assim, foi minha preocupação discutir a maneira como o cientista, no caso, Newton, foi apresentado no livro que escolhi para o estudo.

De acordo com Gouvêa (2000), um dos editores da revista de divulgação científica, *Ciência Hoje das Crianças*, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência afirmou:

Olha, normalmente eu procuro ter assim uma linguagem despojada. Procuro fazer uma linguagem que... procure prender o leitor mais por uma questão de humor. Uma coisa que vá levar ele à continuação da leitura. E aí a linguagem normalmente varia conforme o tema também. Coisa de bicho já é mais ou menos... já tem quase que uma fórmula de fazer Galeria “Galeria de bichos ameaçados de extinção”, seção da *Ciência Hoje das Crianças* e os demais textos, depende do que eu recebo. Depende da forma com que eu leio e com que o texto assim... me oferece como possibilidade.

Para esse editor, a linguagem bem humorada pode servir de incentivo à continuação da leitura; no entanto, não podemos nos esquecer de que a revista à qual o editor se refere é uma revista de divulgação científica para crianças.

Ainda segundo Gouvêa, quando o autor/editor escreve, ele escreve pensando em um leitor virtual e cria suas imagens desse leitor; escreve-se pensando no leitor virtual, mas quando esse leitor se insere na prática de leitura, num contexto social, ele passa a ser real, no caso a criança.

Um outro editor (Gouvêa, 2000) também reflete sobre isso quando diz que:

A gente tinha uma preocupação fundamental com o nosso destinatário... Como é que eu vou tirar essa máscara da ciência, como coisa mágica, né, porque nessa hora ela vira o oposto do que quer ser. Como uma coisa mágica feita para eleitos... É uma coisa de mostrar que é prô menino preto, pobre, do interior, deter um conhecimento... é difícil mas é possível. Tem que ter sempre o olho voltado para o destinatário. (editor de texto 1)

#### 4.4 Atividade de leitura e possibilidades das mediações de ensino em sala de aula

No que se refere à sala de aula, de acordo com Silva (2002),

a sala de aula é um espaço onde se produzem/reproduzem determinados sentidos, ocultam-se e apagam-se outros sentidos, com a utilização de determinados recursos, envolvidos em determinadas práticas. p.3

Ainda segundo Silva, “a escola não se restringe à divulgação de conhecimentos mas interfere na natureza dos conhecimentos que são divulgados e na própria forma como esses conhecimentos circulam e são lidos em nosso cotidiano” p.4.

Pensando na produção de sentido e na relevância do papel da escola, Silva afirma que,

os sentidos produzidos na escola fazem parte de um processo mais amplo implicado na produção/reprodução, seleção/distribuição de bens simbólicos. A escola não produz sentidos a partir de si mesma, e nem os sentidos produzidos fora da escola podem ser totalmente desconectados do funcionamento dessa instituição. Daí a importância de compreendermos os modos como a escola participa da construção/disseminação /produção de formas simbólicas que mediam nossa relação com e realidade. p.4

Ainda com referência ao papel da escola para a produção e apreensão do conhecimento, destaco as idéias de Candela (1998), Compiani (2003), Fontana (1993), Mortimer e Scott (2002) e Tobin e Gallagher (2003). Esses textos se assemelham por tratarem de questões referentes à sala de aula e mediação do professor.

Candela (1998) analisa o discurso como ação social para estudar as construções sociais de significados relativos ao conteúdo de ciências naturais que os alunos realizam em sala de aula de primeiro grau:

Estudo o contexto argumentativo construído e negociado na interatividade entre docente e alunos, na forma como estes usam as condições que este contexto propicia para construir e negociar diversos significados dos conteúdos científicos, ou seja, a relação dialética entre o contexto criado e os significados construídos em sala de aula.p.143

Nesse trabalho, o que interessa à autora é a relação entre os alunos e o conteúdo estudado.

Ainda de acordo com Candela,

A análise do discurso em sala de aula é um meio privilegiado para estudar os processos educacionais quando se procura compreender os mecanismos e as condições que propiciam a construção de significados [...] é necessário manter o discurso do professor como referencial para entender o discurso infantil. [...] ao invés de analisar quais as ações dos professores que facilitam a aprendizagem dos alunos, analiso quais as condições de interação são criadas coletivamente e como são aproveitadas para a construção de significados. p.144

É possível não apenas manter o discurso do professor como referencial para o discurso infantil, mas também como referencial para entender o discurso dos alunos como um todo.

O artigo adota a perspectiva interpretativa. Analisa os processos interativos a partir do contexto social e cultural. Situa o estudo da construção cultural dos significados dentro das relações entre cultura, linguagem e cognição e da antropologia.

As sequências que analisa faz parte de uma aula de quarta série do ensino fundamental com 32 alunos de oito a dez anos, na qual o professor solicitou, em dia anterior, a um grupo de alunos, que preparassem em casa as experiências da lição sobre mudança de estado. Na aula, os alunos expõem o texto e produzem as falas analisadas por Candela.

Compiani (2003) analisa o papel mediador do professor em sala de aula e o discurso em aula de ciências. Segundo Compiani (2003), situações típicas em sala de aula seriam:

[...] nossa idéia de compreensão da escola como um dos ambientes sociais de construção de conhecimento passa por entender e profissionalizar o papel mediador do professor, as contribuições dos alunos e o discurso inerente à sala de aula. É foco de análise o fluxo das enunciações nos diálogos entre professor - alunos e alunos - alunos.

p.1

Ainda de acordo com Compiani, é inegável o papel controlador do professor em sala de aula e, por outro lado, em trabalhos como Candela (1998) foi encontrada uma participação dos alunos nos rumos das significações.

De acordo com Compiani, referindo-se novamente às situações em sala de aula,

[...] a mediação do professor é muitas vezes problemática, conflituosa, ou que, muitas vezes, ele tem que ser drástico e decidir rapidamente. Muitas dessas decisões nem sempre são racionalizadas; no momento de tomá-las são tácitas e também intuitivas. p.1

Ainda com relação ao papel do professor, "o papel do professor é primordial, já que, se apoiando processo do aluno mas orientando-o para sínteses possíveis, favorece a discussão, cria um ambiente de escuta e debate [...]" ( COMPIANI, 2003, p.2).

Fontana (1993) toma por base o cotidiano. E questiona como a prática da educação mediatiza a elaboração e desenvolvimento de conceitos sistematizados. Utilizando como referenciais Vygotsky e Bakhtin, segundo Fontana:

pela mediação do outro [...] a criança vai se apropriando (das) e elaborando as formas de atividade prática e mental consolidadas ( e emergentes) de sua cultura, num processo em que pensamento e linguagem articulando-se dinamicamente. p.122

Diferencia ainda atividade sobre a vida cotidiana e a sistematizada pela escola:

Cotidianas: acontecem espontaneamente, no contexto das situações imediatas. [...] a influência do adulto não sufoca a atividade da criança na formação de generalizações, mas a oculta.

Escolarizadas: a criança é colocada diante da tarefa particular de entender as bases dos sistemas de concepções científicas, que diferenciam, por sua vez, das elaborações conceituais espontâneas. p.124

No episódio relatado em Fontana (1993), assim como nos outros citados, noto as interações entre os conhecimentos, de que Lopes, citada no capítulo três, fala. Esse episódio foi vivenciado na terceira série do ensino fundamental, de uma escola municipal de um bairro periférico de Campinas. O objetivo era trabalhar com os alunos o conceito de cultura. Inicialmente, foi feita uma visita a um museu e perguntou-se "o que é cultura" a fim de entender como o conceito sistematizado havia sido apreendido e elaborado.

A análise desse episódio é relevante para o presente trabalho porque exemplifica a negociação dos conceitos, presente em sala de aula, da mesma maneira que vivenciei durante a atividade de leitura, que propus aos estudantes e relato neste trabalho.

No primeiro momento, a professora percebe que as palavras utilizadas pelas crianças faziam parte da experiência cotidiana. Os alunos não estavam utilizando conceitos e informações já introduzidos. A professora, então, reintroduziu o conceito de cultura. A seguir, a professora estabeleceu um novo foco, reorientando a discussão. Nesse episódio, fica evidente o papel

mediador e direcionador do professor durante as aulas. Mais adiante, as crianças utilizaram a classificação (do que é cultura) por exclusão. A professora controlou os sentidos no processo de elaboração quando substituiu a palavra cultura por "feito pelo homem".

O trabalho de Mortimer e Scott (2002) assinala o aumento do interesse pelo processo de significação em salas de aula de ciências, gerando um programa de pesquisa que procura responder "como os significados são criados e desenvolvidos por meio do uso da linguagem e outros modos de significação" p.1.

Essa mudança sinaliza um deslocamento dos estudos sobre o entendimento individual para entender como os significados e entendimentos são desenvolvidos no contexto social das salas de aula.

Nessa perspectiva, os significados são vistos como polissêmicos e polifônicos.

Mortimer e Scott apresentam uma ferramenta para analisar a forma como os professores podem agir para guiar as interações que resultam na construção de significados em sala de aula de ciências.

Os autores utilizam uma ferramenta com Categorias Analíticas para analisar as interações e a produção de significados em sala de aula. A ferramenta é aplicada em uma sequência de três aulas de ciências, com classe formada por 27 alunos de 13-14 anos, num trabalho com duração de uma hora. O assunto desenvolvido é Reações Químicas, com o objetivo de descrever empiricamente o fenômeno da ferrugem.

Tobin e Gallagher (2003) investigam a interação em sala de aula envolvendo 15 professores e estudantes em duas escolas urbanas da Austrália. Dois tipos de estudantes alvos participaram ativamente das interações em sala de aula. São aulas de matemática, durante as quais ocorrem diferentes interferências; o mesmo professor acompanha três ou quatro salas. É uma pesquisa de tipo etnográfica e que usa pequenos grupos de discussão. Os autores concluem que atividades individualizadas podem ser alternativas para o ambiente de sala de aula.

Os artigos citados anteriormente retratam as diferentes mediações em sala de aula. O que considero importante para a construção do conhecimento por parte dos estudantes é mediação entre: professor – aluno; aluno – aluno; aluno – texto; aluno com sua própria memória e aluno com o conhecimento cotidiano que possui antes mesmo de começar a frequentar a escola, este

último podendo ser incluído no anterior, ou seja, o conhecimento cotidiano como parte da memória do estudante.

## **5. CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO DO ESTUDO E ALGUNS EPISÓDIOS DE ENSINO**

### **5.1 A escola, registro dos discursos e os procedimentos de ensino**

#### **5.1.1 A escola e registro dos discursos**

As leituras do livro de divulgação científica *Isaac Newton e sua maçã*, de Kajartan Poskitt, aconteceram em aulas de Física, em uma sala de primeira série do ensino médio de uma escola pública da cidade de Jundiaí -SP. Nessa escola, o número de aulas de Física é de duas aulas por semana.

Jundiaí é uma cidade que fica a 63 quilômetros da capital (São Paulo). Segundo o *site* da cidade, o número de habitantes é cerca de 323000, de acordo com o censo de 2000. A cidade possui uma escola técnica de ensino médio, seis faculdades particulares e uma Faculdade de Tecnologia de Jundiaí (FATEC). A cidade é considerada, segundo o mesmo *site*, a oitava economia do estado de São Paulo, com altos índices de industrialização e qualidade de vida. Possui um dos maiores parques industriais da América Latina, com destaque para as indústrias metalúrgicas e alimentícias.

A escola em que realizei o estudo situa-se em um bairro localizado a cerca de 10 minutos do centro da cidade. No bairro, existem vários estabelecimentos comerciais (papelerias, lojas de roupas, bares, sorveteria, supermercado, padarias).

De acordo com a análise de discurso, é possível considerar as condições de produção em sentido estrito: a situação imediata do discurso (término do horário de trabalho, saída do restaurante, sala de aula).

No sentido amplo, as condições de produção incluem contexto sócio-histórico e ideológico.

Em meu caso, a situação em sentido estrito é a sala de aula, com os alunos, a pesquisadora atuando como professora e o texto selecionado para leitura. No sentido amplo estão as histórias de leitura, de escolarização e de vida dos estudantes e da professora, e o contexto sócio – histórico em que estão inseridos.

No que se refere às vidas dos estudantes, uma consideração relevante é que estes são alunos de uma escola pública de um bairro próximo ao centro de Jundiaí. Alguns moram em bairros menos favorecidos que o bairro onde se situa a escola e, para esses alunos, geralmente, a locomoção é difícil; muitas vezes deslocam-se a pé até a escola.

Também faz parte das condições de produção em sentido amplo o próprio papel que, em geral, se espera que a escola desempenhe. A expectativa geral é que a escola mescle seu papel entre formadora de estudantes no que se refere ao conteúdo, além de ser importante quando se pensa na formação social do indivíduo. No entanto, aparentemente, na maioria das escolas públicas, os requisitos básicos para a formação escolar do estudante e para a formação de um sujeito envolvido numa sociedade, que se modifica rapidamente estão longe de ser atingidos.

Quando se pensa na dinâmica escolar, segundo Arroyo (2004), uma temática que não pode deixar de se lembrar é a centralidade do tempo no cotidiano da escola. De acordo com o autor,

nas trajetórias escolares de muitos (as) vimos como são frustrantes as vivências da escola, são dramáticas as tentativas de articular tempos humanos e tempos escolares. A lógica da escola não coincide com a lógica da sobrevivência a qualquer custo. [...] Essa lógica trabalha com tempos predefinidos para cada domínio e habilidade: tempo para aquisição da escrita, cálculo, etc. 191-194

Dessa maneira, as dinâmicas das salas de aula, em geral, envolvendo as questões que Arroyo destaca, também constituem as condições de produção do trabalho.

E lembro que as condições de produção, é que constituem os discursos. Neste estudo, levo em conta as relações de sentido, ou seja, o fato de que não há discurso que não se relacione com outro. Aquilo que o sujeito diz tem relação com o que já foi dito, com o que está sendo dito e com o que poderá ser dito. "Elas compreendem fundamentalmente os sujeitos e a situação. Também a memória faz parte da produção do discurso" (ORLANDI, 2000 a, p.30). Considerando as relações de sentido, procuro compreender os discursos e os sujeitos durante meu trabalho na sala de aula.

O número de alunos presentes variou entre 20 e 34 alunos. O primeiro encontro aconteceu no dia 10 de novembro de 2003. A professora efetiva estava de licença, portanto o professor da sala era o professor substituto. Uma semana antes de iniciar o trabalho, procurei o professor; expliquei que o trabalho seria essencialmente um trabalho envolvendo leitura de livro de divulgação científica. Ele concordou, dizendo que poderia começar na próxima semana e que seria interessante para os alunos pois a professora efetiva havia faltado muito e os estudantes estavam um pouco desinteressados. Com os alunos encontrei-me no primeiro dia de trabalho. Disse que faríamos a leitura de um livro e eles me ajudariam, dizendo que tipos de envolvimento tiveram durante a leitura.

No primeiro dia de aula entreguei algumas perguntas aos alunos a fim de conhecer suas idades, suas aulas preferidas, se pretendiam continuar os estudos e se já haviam ouvido falar de Newton (anexo II). A maioria dos alunos tinha idade de 15 anos. Havia apenas dois alunos com 14 anos e quatro alunos com 17/18 anos.

De um total de 34 alunos, 27 disseram que pretendiam continuar os estudos. Quando perguntados se já tinham ouvido falar de Newton e, em caso afirmativo, onde, 23 alunos responderam que não. Os alunos que disseram sim apresentaram as seguintes respostas:

- *acho que ele criou as três leis de Newton*
- *na escola. Ele criou as três leis*
- *no programa SBT "Os Simpsons". Eu sei que ele é um inventor. Ele descobriu a lei da gravidade.*
- *sim, na 8<sup>a</sup> série, na aula de ciências. Que girando um disco com as cores primárias, fica branco.*
- *Sim. Na aula de ciências. Ele fez o disco de Newton com várias cores e girando as cores se misturam e fica branca.*
- *Eu sei que ele inventou a lei da gravidade, por causa de uma maçã que caiu da árvore quando ele estava sentado, eu acho que é isso.*
- *sim. Em livros e até em desenhos. Ele é um inventor de coisas que são usadas até hoje.*

Apenas sete alunos tentaram explicar o que conheciam de Isaac Newton.

Na fala desses estudantes, é interessante notar que além da escola, a televisão apareceu como fonte de informação sobre o autor. Também notei as palavras *invenção* e *descoberta* utilizadas em relação à produção de conhecimento por Newton, e ainda que os que se referem às

aulas de ciências, remetem a um conteúdo da óptica de Newton. Quanto à mecânica, a referência de um estudante à gravitação está associada a “lenda” da maçã e apenas dois estudantes se referem às três leis.

Posso dizer que o estudo das três leis seria novo para aquela sala, pois apenas dois alunos as mencionaram.

No segundo dia de aula, o professor disse que eu poderia realizar o trabalho em apenas uma das aulas; por isso neste dia assisti a uma aula do professor na sala em que fiz a pesquisa. Foi possível notar algumas características do tipo de aula do professor.

Os alunos não tinham livro didático para acompanhar a aula e nem outro tipo de material. O professor escrevia a matéria na lousa. Praticamente, não fazia nenhum comentário e os alunos resolviam exercícios. Além disso, a turma não tinha o hábito de ficar em silêncio e, aparentemente, só alguns alunos prestavam atenção durante a aula do professor e o mesmo ocorreu nas minhas aulas.

Silva (1997) também notou a presença de algumas dessas características nas aulas que acompanhou durante o desenvolvimento de sua dissertação de mestrado:

A prática de resolução de exercícios é a prática predominante nas aulas analisadas. Ensinar e aprender física aparecem como sinônimos de ensinar e aprender a resolver exercícios de física, de tal forma que todas as ações, tanto do professor quanto dos alunos, se voltem nessa direção, para esse propósito, inclusive a leitura. p.85

## **Os registros dos discursos**

Realizei um estudo qualitativo, no qual, através de gravação em áudio e vídeo e pedindo aos alunos que, por escrito, fizessem perguntas, dessem opiniões sobre a aula e respondessem questões sobre as leis de Newton, obtive os discursos que iria analisar. Baseei-me no artigo de Carvalho (1996) para decidir pela gravação das falas. Acredito que quando se deseja analisar detalhadamente situações típicas de sala de aula, incluindo a atuação do professor na mediação do que quer ensinar, torna-se evidente a relevância da gravação.

No registro feito com as gravações foi possível detectar situações, que como parte integrante no desenvolvimento do episódio, enquanto atuando como professora pesquisadora, não poderia ter notado sem o auxílio dessas. Quando pode ver, rever, ouvir e ouvir novamente, o

pesquisador tem a chance de obter informações novas. Além disso, é um material que pode ser analisado novamente e dar a alternativa ao leitor para aceitar ou rejeitar o que se está argumentando.

Porém estou ciente das dificuldades. A presença de instrumento como a filmadora e os gravadores podem interferir na situação escolhida para se pesquisar. Os alunos podem ficar inibidos diante de uma câmara de vídeo, mas apesar da interferência causada insistimos na sua importância. De acordo com Carvalho (1996):

reconhecemos que o uso de uma câmara em sala de aula, tal como a presença de um observador, ou as ações e atitudes do entrevistador interferem no comportamento dos sujeitos que estão sendo investigados. Do mesmo modo que temos conhecimento na história do desenvolvimento científico, das modificações que todo instrumento de medida introduz no fenômeno estudado; mas isto não o invalida se, graças a ele, conseguimos entender melhor o próprio fenômeno. p.11

Com os episódios registrados, pode-se selecionar precisamente aqueles de interesse e uma análise mais cuidadosa pode auxiliar em futuras tomadas de decisão. Também no meu caso, em alguns momentos, como afirmei anteriormente, confrontei resultados obtidos a partir de diferentes meios: gravações (áudio e vídeo) e atividades escritas relativas às leituras do livro de divulgação científica.

### **5.1.2 Procedimento de ensino e algumas ocorrências na leitura**

#### **Primeiro dia de aula (aula de 100 minutos)**

Após obter as respostas às questões, que descrevi no item 5.1.1 (A escola e os registros dos discursos), na primeira aula, como dispunha de apenas 12 livros (nesse dia o número de alunos era 34), dividi os alunos em grupos de três a quatro estudantes e pedi que começassem a leitura na página cinco<sup>1</sup> e que seguissem até onde fosse possível, em um tempo estabelecido (cerca de meia hora). Também lhes pedi que, enquanto realizassem a leitura, escrevessem em uma folha as perguntas que gostariam de ver respondidas (sobre o livro, Newton, leitura...). Em

---

<sup>1</sup> as leituras a que me refiro estão indicadas no anexo I.

geral, os alunos leram até a página 17 -18. Esse trecho conta a estória de Alice, uma semente, e o início da vida de Newton.

Ao iniciarem a leitura, alguns alunos se mostraram dispersos, mas logo depois a maioria deles se envolveu com a leitura. Em seguida, descrevo algumas ocorrências que destaquei nesse primeiro momento da atividade, lembrando que enquanto a atividade se desenvolvia, os alunos estavam sendo filmados.

Ao final do tempo estabelecido, mantendo os livros com os alunos e os mesmos em grupos, comecei uma discussão sobre a leitura, direcionando-me especialmente para as páginas (33-34) que tratavam de Copérnico, Aristóteles, Galileu, Kepler, mesmo sabendo que grande parte dos estudantes não havia lido até essas páginas. Ao adiantar-me para essas páginas, tinha a intenção de propiciar uma discussão a respeito da produção da ciência com os alunos, reportando-me essencialmente à perspectiva descontinuista da ciência proposta por Bachelard. Fiz a leitura em voz alta e solicitei aos alunos que discutissem a respeito de Galileu. Alguns deles protestaram dizendo que ainda não haviam feito a leitura até aquele ponto, porém respondi que gostaria que avançassem mesmo assim, pois acreditava que ler sobre Galileu era importante. Em seguida, pedi que avançassem até a página 76, que trata de Galileu e a experiência da torre de Pisa, a respeito da queda dos corpos próximos à superfície da Terra. Uma aluna fez a leitura desse trecho, lendo o que se encontrava nos quadrinhos. Pedi que parasse a leitura antes dos dois últimos quadrinhos. A leitura foi a seguinte (no livro, o texto aparece em quadrinhos):

Galileu: acho que a altura está boa...  
Um ovo levinho e uma bala de canhão super pesada. Qual vai bater primeiro no chão?  
Lá vão eles.  
Sai da frente!  
Xô ! cuidado! O gênio italiano vem aí.  
Opa! Bem na hora

A aluna, conforme falei, interrompeu a leitura no quadro: *Opa! Bem na hora.*

Os últimos quadrinhos diziam:

Plof (ovo)! , plum! (bala)  
Galileu: exatamente como eu pensava! O peso não faz a menor diferença! Eles chegam juntos no chão!

Na análise dos episódios de ensino, apresento o diálogo que tive com a aluna sobre essa leitura, a suposta experiência da Torre de Pisa.

### **Segundo dia de aula (aula de 50 minutos)**

Nesse segundo dia, o número de alunos era menor, cerca de 25 alunos, sendo que os alunos presentes e o professor disseram que um possível motivo para a ausência foi a chuva.

Nesse dia, pedi aos alunos que iniciassem a leitura na página 138. Essa parte do livro trata dos *Principia* (o livrão da ciência, conforme o autor do livro nomeia). Discute sobre os problemas editoriais de Halley, como escrever um clássico do século XVII, os problemas de Newton com um outro cientista, Hooke e, finalmente, as três leis do movimento. Já na página 144 tem-se a discussão sobre a Primeira lei de Newton, no entanto, poucos estudantes avançaram até essa página. Mas, mesmo com alguns alunos não tendo conseguido realizar a leitura até a página 144, enquanto realizava uma discussão com a turma toda sobre a Primeira lei, pedi que observassem a página 146 (desenho da trajetória de uma bola lançada em lugar com resistência do ar e sem gravidade, resistência do ar e com gravidade e lugar sem resistência do ar e sem gravidade).

A maior parte do tempo, discuti com os alunos os conceitos envolvidos no entendimento da lei da inércia, tentando entender os efeitos de sentidos produzidos a partir, principalmente, dos desenhos da página 146. Destaquei os desenhos porque pareceu-me uma maneira interessante de discutir a Primeira lei; aparentemente, as figuras representam a abstração do conceito da lei da inércia em situações específicas (com resistência do ar, sem gravidade...).

### **Terceiro dia (novamente uma aula de 50 minutos)**

No terceiro e último dia de atividade discuti com os estudantes sobre as Segunda e Terceira leis de Newton. A leitura realizada nesse dia iniciou-se na página 147 e seguiu até a 152-153. Essas páginas trazem as explicações das Segunda e Terceira leis de Newton. Nesse dia, discuti com os estudantes a diferença entre massa e peso. No início da leitura, dois alunos pediram para que explicasse sobre a balança e em outro grupo, com outros três alunos, pedi que

me explicassem, durante a leitura, como seria a intensidade da força que um aluno faria se batesse em outro, e se essa força seria a mesma que o outro aluno faria nele.

Ao final da leitura, promovi uma conversa sobre força e, durante a discussão, escrevi no quadro a forma matemática da segunda lei de Newton ( $F = m a$ , força é igual ao produto da massa pela aceleração). Até então, na conversa com os estudantes, não tinha me detido em qualquer fórmula, atuando, portanto, de maneira bem diferente daquela a que pareciam estar acostumados.

**Síntese das atividades dos alunos durante os três dias de aula (trechos do texto no anexo I)**

<b>Primeiro dia</b>	<b>Segundo dia</b>	<b>Terceiro dia</b>
Respostas ao questionário. Início da leitura na p.5. Leitura: outros cientistas. Galileu e a Torre de Pisa (p.76-77).	Leitura com início na p. 138. <i>Principia</i> e Primeira lei de Newton. Observação dos desenhos das trajetórias (p.146).	Segunda e Terceira leis de Newton. Diferença entre massa e peso.

**5.2 Questões, comentários e análise de alguns episódios de ensino**

Sempre no início de cada aula pedia aos alunos que anotassem as perguntas que gostariam de ter respondidas. As perguntas poderiam ser sobre o livro, sobre Isaac Newton, sobre Física. E, ao final de cada aula, pedia aos alunos que escrevessem o que haviam achado da aula. Início as análises dos episódios a partir desses discursos.

**5.2.1 Tipos de perguntas feitas pelos estudantes**

As perguntas que apresento a seguir foram feitas pelos estudantes durante a leitura do livro. Em todas as aulas pedi que fizessem esse trabalho, como já afirmei.

A partir das perguntas dos alunos pode-se questionar: qual a relação entre a dinâmica proposta durante aula e as perguntas que foram feitas? Por que o aluno falou isso e dessa maneira?

Desde que cheguei à sala de aula, disse que era professora de Física e que faria um trabalho com eles. Os alunos sabiam que estavam em aula de Física e com professora de Física; por outro lado, a professora não era a professora da classe e sim uma aluna da Unicamp. Esse fato e o fato de eu falar que eles poderiam fazer qualquer tipo de pergunta, certamente influenciou as respostas que apresentaram e as questões que formularam. As condições em que os alunos se encontravam não podem ser desconsideradas ao se apontar as posições que assumiram.

### 1. Perguntas a respeito de Newton e sua vida<sup>2</sup>:

- *Por que ele tinha o hábito de escrever nas paredes?*
- *Newton era filho de seu pai mesmo?*
- *Newton teve filhos? Quantos?*
- *É verdade que ele queria colocar fogo em sua mãe?*
- *Ele nunca se casou?*
- *Por que Isaac era odiado pela Igreja Católica?*
- *Por que ele quase foi parar na forca?*
- *Qual foi a causa da morte de Isaac?*
- *Por que enfiava as coisas embaixo do globo ocular?*

Estas perguntas foram feitas no primeiro dia de aula, dia em que os alunos leram a parte do livro que trata essencialmente da vida de Isaac Newton, sua infância e adolescência. Elas mostram que, mesmo em aulas de física, os alunos demonstram interesse pela vida do cientista e aspectos curiosos dessa vida, quando as mediações em classe possibilitam a manifestação desse interesse. Note-se também que as questões vão além do que está escrito no texto. Este não se refere, por exemplo, ao fato de Newton ter ou não ter tido filhos, o que não impediu o aluno de perguntar.

### 2. Perguntas a respeito do que Newton fez ou sobre assuntos da Física:

- *Por que massa não é igual ao peso?*
- *Por que na lua tem menos gravidade?*

---

<sup>2</sup> os discursos estão apresentados da maneira como os alunos escreveram em aula.

- *O que é força?*
- *Por que quando a gente pula empurramos a Terra para fora da órbita?*
- *O que foi que Isaac descobriu e inventou?*

Essas perguntas referem-se principalmente ao terceiro dia de aula, quando os alunos leram a respeito das Segunda e Terceira leis. Nestas perguntas podemos notar o interesse pelos dos estudantes por questões relacionadas ao conhecimento da Física.

Por outro lado, novamente na última questão, pode –se notar a imagem do cientista como descobridor, inventor e não como produtor de um conhecimento.

3. Perguntas gerais sobre a história de Alice: “Alice fez seu ingresso no mundo quando a mãe dela foi esmagada pelo casco de um cavalo no mercado de Grantham. Ela era uma das muitas sementinhas marrons espalhadas entre as pedras que calçavam a rua [...]” (POSKITT, 2001, p. 9):

- *Quem é Alice? O que a Alice tem a ver com a história?*
- *O que Alice tem a ver com física?*
- *Alice era a macieira do jardim de Newton?*

Estas perguntas também são referentes ao primeiro dia de aula. Elas evidenciam o interesse pela temática da história. Mas, buscam entender a relação entre Alice e a Física. Afinal, quem estava fazendo o trabalho com eles, era uma professora de Física.

Note-se também que mesmo tendo sido determinado onde os estudantes deveriam ler, pelo menos um deles, possivelmente folheou o livro até o fim, pois a macieira é apresentada apenas na última página.

4. Outros tipos de perguntas:

- *O que quer dizer: "DIE DULCE FRUERE"*
- *Quem é Copérnico? Aristarco, o que ele fazia antes de Aristóteles?*
- *Kepler, com que método ele conseguiu calcular a distância das estrelas?*
- *Na verdade o que ele fez de tão importante que ainda não entendemos?*
- *O que é alquimia?*

Também notei, durante a própria leitura em grupo, que os alunos tinham mais liberdade para perguntar a respeito de assuntos diversos (vida de Newton, idade, semente...) do que sobre os conteúdos de Física.

Neste último conjunto de questões, além do interesse pelo que estaria escrito numa linguagem desconhecida, o latim, as questões dos estudantes mostram o interesse pelos cientistas citados no texto. E no caso a questão sobre o método que Kepler teria usado, nota-se o interesse pela própria Física. Note-se também a relação que o estudante faz entre a importância do que o cientista fez e o próprio entendimento desse feito.

E apesar de perguntas gerais terem sido as mais frequentes, alguns outros questionamentos relativos à Física foram formulados: *O que é força? Por que quando a gente pula empurramos a Terra para fora da órbita?*

Por outro lado, a questão sobre alquimia pode evidenciar a disposição do estudante em não deixar passar “palavras” desconhecidas para ele, ou quem sabe, um interesse pela própria alquimia, querendo mais explicação.

O conjunto de questões mostra que a leitura que os estudantes fizeram de um mesmo texto foi diferenciada e os aspectos que julgaram mais interessantes também. Leitura que depende das leituras anteriores e da história de vida do aluno enquanto estudante e indivíduo inserido num espaço social.

### **5.2.2 Comentários dos estudantes sobre as aulas**

Ao final das aulas também pedia aos alunos que escrevessem, contando a alguém o que tinha achado do tipo de aula que tiveram.

A seguir apresento alguns discursos dos estudantes em relação ao tipo de aula:

- *Foi uma aula divertida, onde nós tivemos a oportunidade de expor nossas opiniões e esclarecer algumas dúvidas. Esse trabalho poderia continuar com as outras salas pois é um modo interessante de aprender*
- *A aula de hoje foi diversificada, muito interessante e proveitosa.*
- *A aula foi confusa, não entendemos nada.*
- *A aula foi muito confusa, porém interessante.*

Esse conjunto de falas, novamente, indica diferenças entre os estudantes. Enquanto alguns manifestam ter gostado tanto da aula que recomendavam que outros tivessem a oportunidade de ter a mesma aula, outros estudantes a caracterizaram como confusa, enquanto outros admitem que ela foi interessante, mesmo tendo sido confusa. A maneira como conduzi a aula fez com que alguns achassem ótima, diferente das usuais e outros achassem confusa.

Como estavam organizados em grupos, alguns alunos fizeram as perguntas e comentários sozinhos, outros, apresentaram questões e comentários coletivos. Mas ressalto que o número de alunos que fez o comentário a respeito da aula ter sido confusa foi pequeno (dois grupos com três estudantes em cada um).

A aula a que assisti nessa sala (que descrevi anteriormente no item 5.1.1), levou-me a fazer suposições sobre alguns comentários dos alunos. Possivelmente, porque não estavam acostumados com o tipo de dinâmica que realizei, aula dialógica e participação ativa dos alunos, alguns aparentemente não participaram e consideraram esse tipo de atividade difícil de entender. Notei que alguns alunos não pareciam estar acompanhando as discussões. Além disso, a turma não tinha o hábito de ficar em silêncio e isso contribuiu para o fato de só alguns alunos prestarem atenção na aula.

Notando isso, nas outras aulas, tentei discutir o texto passando por cada grupo. Com essa dinâmica, as discussões ocorridas foram bastante diversificadas, e, aparentemente a atenção dos alunos, no que se refere ao tema da aula, leis de Newton, foi maior. Acredito que, em relação à aula como estavam acostumados, conteúdo escrito na lousa, explicação e exercícios, na opinião de alguns estudantes teria faltado um certo fechamento de alguns assuntos na minha aula. Verifiquei, a partir de algumas respostas, que os alunos esperavam “a voz da professora” concluindo tudo o que haviam lido. Como a proposta era verificar a produção de sentido por parte dos estudantes a partir da leitura, ainda que com a mediação da professora, penso que a falta de um fechamento só aparentemente comprometeu o trabalho, pois o fechamento não teria necessariamente possibilitado a produção de novos sentidos pelos estudantes.

Mais um aspecto deve ser destacado. O fato de eu não ser a professora da sala possivelmente tenha deixado os alunos mais à vontade para fazer um tipo de comentário sobre a aula que talvez não fizessem para o seu professor.

Esses comentários, por si, já são um indicador de que o uso desse livro de divulgação, como ocorre com outros recursos didáticos, por si, não foi condição suficiente para que todos os estudantes se envolvessem e julgassem entender o conteúdo trabalhado no texto.

### 5.2.3 Alguns episódios de ensino

#### Episódio I

O primeiro discurso que destaco para análise é o de Paulo<sup>3</sup>. Esse trecho foi escrito por ele no final do segundo dia de aula, dia em que foi realizada a leitura da Primeira lei da Newton, no texto de Kjartan Poskitt:

*- Eu entendi que sem a resistência do ar e sem gravidade, um papel nunca vai parar de flutuar no espaço. Esse Newton só inventou coisa ridícula. Ex: ele joga papel e bola de canhão de um mesmo lugar e ele chega primeiro que os dois!"*

Nota-se que ele se refere ao que no texto aparece como a experiência de Galileu na Torre de Pisa, no entanto confunde-se com Newton, como comento a seguir.

Segundo o professor substituto, durante as aulas de Física, esse aluno se mostrava geralmente apático, não participava e, quando falava, eram piadinhas. Durante a leitura em grupo, não se mostrou interessado. Quando percebeu que os outros dois colegas não estavam mais lendo nada, pegou o livro e avançou, sozinho, até a página 40, e, durante a leitura, fez perguntas, como sugeri no início.

Durante a discussão, ficou a maior parte do tempo em silêncio, porém, quando pedi que escrevessem o que tinham entendido a respeito da lei da inércia, escreveu: "*Eu entendi que sem a resistência do ar e sem gravidade, um papel nunca vai parar de flutuar no espaço*".

No entanto, o mais surpreendente é o que escreveu a seguir: "*Esse Newton só inventou coisa ridícula. Ex: ele joga papel e bola de canhão de um mesmo lugar e ele chega primeiro que os dois!*". Essa discussão sobre a experiência de Galileu a que ele se refere havia ocorrido na aula

---

<sup>3</sup> Os nomes são fictícios

anterior. Ele se lembrou do que tínhamos conversado e ainda criticou a experiência (ainda que tenha confundido Galileu com Newton).

No texto, Galileu diz que vai soltar, do alto de uma torre, um ovo levinho e uma bala de canhão para “descobrir” qual vai chegar primeiro ao chão. Ele solta ambos e, pela figura, sai correndo, descendo a torre. Ao final conclui: “exatamente como eu pensava! O peso não faz nenhuma diferença! Eles chegam juntos no chão!” (POSKITT, 2001, p.77).

Ele tem razão: como Galileu poderia chegar antes que os dois objetos? Sem dúvida, mesmo sem interagir comigo e com a sala, pensou no problema. Enquanto professores e de acordo com a análise de discurso não podemos controlar os sentidos produzidos pelos estudantes. Certamente, atingiu a repetição histórica, pois produziu novos sentidos. Além disso, de acordo com Orlandi (2000b):

Há múltiplos e variados modos de leitura e a nossa vida intelectual está intimamente relacionada aos modos e efeitos de leitura de cada época e segmento social. p.8

## **Episódio II a <sup>4</sup>**

O episódio seguinte refere-se aos deslocamentos produzidos pelo aluno Alex durante sua conversa comigo.

Alex chegou à sala de aula se afirmando como "o skatista" e, a seguir entregou-me um colante (adesivo). Na primeira aula, quando pedi aos alunos que respondessem as questões a que me referi no item 5.11, Alex escreveu que gostaria de fazer faculdade de “Skateologia”.

Durante a leitura em grupo, foi o aluno do grupo que mais fez perguntas e, durante a discussão, o que mais explicitou sua opinião, sugerindo até trazer seu *skate* na próxima aula, para ajudar a responder a uma pergunta que fiz. Fiquei surpresa porque, pelo que havia notado anteriormente, alunos com o perfil apontado não se envolviam muito durante as atividades em sala de aula

O trecho a seguir mostra a sugestão de Alex trazer o *skate* na aula seguinte:

---

<sup>4</sup> os episódios de número II referem-se essencialmente aos discursos do aluno Alex.

*P: agora eu tenho mais uma pergunta...será que existe um jeito de eu parar de empurrar a borracha e ela continuar andando?*

*Alex: coloca rodinha. Vou trazer meu "skate" na próxima aula.*

Notei, nesse pequeno trecho, que o aluno, ao responder a questão proposta, baseou-se em sua própria experiência de vida, a de *Skatista*. Nesse caso, o aluno retornou àquilo que lhe era familiar, fazendo relação entre "diminuir o atrito" e "andar sobre rodinhas" ainda que em sua resposta não tenha utilizado o termo atrito.

A seguir apresento o que Alex escreveu sobre o que tinha entendido da aula a respeito da Primeira lei de Newton (segundo dia de aula):

*- Hoje a aula estava legal, só que eu estava com sono e não prestei muita atenção. Eu entendi que se as coisas tem resistência do ar mas não tem gravidade, as coisas param no ar. Se tem resistência do ar e gravidade as coisas caem. E se não tiver nenhuma das duas elas ficam flutuando. É mais ou menos isso."*

Através de sua resposta escrita, Alex dá evidências de que produziu novos sentidos. Segundo a análise de discurso atingiu a repetição histórica, porque não se limitou a dizer o mesmo. Possivelmente baseou-se nos desenhos que o livro traz logo depois da explicação da primeira lei e na conversa que tive com a sala a respeito desses desenhos.

## **Episódio II b**

Ainda com relação ao discurso de Alex, no trecho a seguir, pode-se notar o funcionamento diferenciado da leitura para o estudante, com relação à expectativa da professora:

*P: o que será que ele fazia?*

*A3: estudava*

*Alex: vou começar a colocar o lápis aqui e vou ficar vendo a sombra (trecho do livro)*

*P: quem fazia isso?*

*Alex: Newton*

*P: como você sabe?*

*Alex: eu li aqui (mostra a página onde leu)*

Esse trecho do diálogo demonstra como pode ser desconstruída a leitura desejada pelo professor. O exemplo citado pelo aluno Alex não era o esperado por mim, que supus que para essas aulas outros trechos do livro mereciam maior destaque. O aluno não apenas citou o exemplo, mas relacionou-o aos estudos de Newton e procurou reproduzir o que ele fez.

Ainda com relação a esse exemplo, a leitura ideal do professor está comumente amarrada aquilo que é fornecido pelo livro didático, ou seja, o professor orienta-se por aquilo que é fornecido, pronto, à mão, no livro de respostas, no livro didático. Dessa forma, a autoridade imediata, nesse caso, é o autor do livro didático, direta ou indiretamente, adotado por ele. Indiretamente quando, mesmo não o adotando, orienta suas aulas, muitas vezes escrevendo na lousa, pelo livro didático. E também estabelece a seqüência de conteúdos que irá trabalhar, seguindo a do livro.

## **Episódio II c**

O trecho seguinte é sobre a experiência de Galileu (Torre de Pisa, que os alunos haviam lido na primeira aula). Nesse episódio, fica evidenciada a força que o livro tem. Os alunos que haviam lido até o final o trecho correspondente do livro responderam que ambos cairiam juntos, e outros, que não leram até o fim, responderam que o mais pesado chegaria primeiro. Talvez nem concordassem com o que haviam lido, mas tomaram o que o livro dizia como verdade.

*Juliana: (Lê os quadrinhos até "Opa! Bem na hora!")*

*Alunos1: eles vão chegar juntos.*

*Alunos2: a bala de canhão vai chegar primeiro.*

*Juliana: a bala vai chegar primeiro.*

*Alex: está aqui, está escrito, eles vão cair juntos.*

*(...) P: a Juliana tinha falado que a bala iria cair primeiro. Aí alguma coisa aconteceu e ela mudou de idéia.*

*Alex: porque ela leu o último quadrinho.*

*P: será que tudo que está escrito no livro é verdade?*

*Alunos: éééééé!!!!*

*Alex: quer ver, oh??? (pega um estojo e uma borracha e solta)*

*(...)P: peguei uma folha de caderno e uma folha do mesmo caderno, amassada. Vou jogar, o que vai acontecer?*

*Alex: a folha amassada cai primeiro. A folha sem amassar faz hou.....hou....hou...*  
*(..) P: então o ar faz diferença?*  
*Alex: é lógico!!!*

No entanto, apesar da força do livro, a penúltima fala de Alex também evidencia o papel da memória. Soltar uma folha amassada e outra sem amassar é uma experiência típica das aulas de Ciência, da qual, possivelmente, a partir da intervenção da professora, ele se lembrou. Segundo Orlandi (2000 a):

O que é dito em outro lugar também significa em "nossas" palavras. [...] o fato de que um já - dito que sustenta a possibilidade mesma de todo dizer, é fundamental para se compreender o funcionamento do discurso, a sua relação com os sujeitos e a ideologia. [...] Disto se deduz que há uma relação entre o já - dito e o que se está dizendo [...] p. 32

### **Episódio III**

O episódio que apresento a seguir se refere ao terceiro dia de aula. Nessa aula, estudei com os alunos aspectos da Segunda e Terceira leis de Newton. O trecho a seguir traz o diálogo entre a aluna Luciana e o aluno Rafael, com minhas intervenções:

*Luciana: Ele queria me dar um soco na cara.*  
*Rafael: aqui oh, vou mostrar minha força.*  
*P: então tá, faz de conta que você vai dar um soco nela.*  
*Luciana: faz de conta não, professora. Ele não sabe fazer de conta.*  
*Rafael: longe?*  
*P: pode encostar, mas sem muita força.*  
*P: será que a Luciana também faz uma força em você quando você bate nela?*  
*Rafael: faz...*  
*P: faz, então grande coisa você bater nela...*  
*P: será que a força que ela faz em você na hora em que você bate nela é igual ou diferente da força que você faz nela?*  
*Rafael: é diferente...*  
*P: por que?*  
*Rafael: eu estou fazendo, então eu acho que é maior.*

Nesse episódio, fica evidente que tentei aproveitar o assunto que Rafael iniciou sobre força para comentar sobre a Terceira lei de Newton. Rafael diz acreditar que a força que faz em Luciana é a mesma que a Luciana faz nele. No entanto, com uma pergunta mais direta, afirma

que a força que faz nela é diferente da que ela faz nele. Então, falo para continuarem a leitura a partir da Terceira lei de Newton:

*P: será? Tenta ler esse pedaço aqui. Fala da Terceira lei de Newton. Depois vocês me falam se é maior ou não.*

*Luciana: a professora não deixou a gente continuar lendo. Mandou a gente pular a página. A gente estava na metade da Segunda lei de Newton e ela já fez ir para a Terceira.*

Antes de os alunos acabarem a leitura sobre a Segunda lei, passei para a Terceira lei, tentando aproveitar a fala de Rafael, como disse anteriormente, sem perceber que os alunos têm seu próprio tempo de leitura, seu próprio ritmo. Pela fala de Luciana, fica claro que não respeitei esse tempo. Para ela, ainda não bastava o que tinha lido sobre a Segunda lei, como então passar para a Terceira? Por outro lado, esse episódio faz notar como Luciana estava efetivamente lendo o que havia sido proposto. Luciana parece ter evidenciado maior interesse pela leitura do livro do que pela fala da professora. E não posso deixar de notar que, nesse momento, agi com os alunos como se eles já tivessem estudado as três leis. Suas histórias de vida e seu conhecimento em física eram diferentes dos meus, por isso, para eles, não fez sentido aproveitar a fala de Rafael e iniciar a conversa sobre a Terceira lei. Mesmo assim, Luciana continua:

*Luciana: Terceira lei: a toda ação corresponde uma reação igual e oposta. Presta atenção para você não querer mais me bater. O que ela diz é que quando a gente empurra alguma coisa essa coisa empurra a gente de volta. É a mesma coisa que acontece quando você [...] duas equipes jogando cabo de guerra. Se ambas puxam com a mesma força não saem do lugar. Se uma equipe puxa um pouco mais, a força extra faz com que a outra equipe acelere em sua direção. Mas se a outra equipe soltar de repente a corda, a primeira equipe não vai ter mais nada pelo que puxar e vai levar um tombadão.*

*P: será que o Rafael bate mais forte no ombro da Luciana ou a Luciana bate mais forte na mão do Rafael?*

*Luciana: eu acho que é igual.*

*P: por que?*

*P: por que Rafael? A Luciana acha que é igual, depois que ela leu.*

*Rafael: é igual também...*

*P: só porque está escrito ou você acha mesmo?*

*P: o que a Terceira lei fala é que se você bater em alguém, a força que o ombro dela faz na sua mão é igual a força que sua mão faz no ombro dela. Só que uma*

*está no ombro dela e a outra força está onde? Na sua mão. Então uma está na sua mão e a outra no ombro. Então elas estão em lugares diferentes. Elas têm o mesmo valor. A mesma força que eu faço, ela faz em mim; só que uma está no ombro e uma em mim. Entendeu?*

Luciana continua a leitura.

A partir da leitura do texto, Luciana afirma que ambas as forças são iguais, têm o mesmo valor. Rafael também diz que é igual, mas parece que não está muito de acordo.

De acordo com Bachelard, é preciso valorizar o erro. Foi preciso aproveitar a fala de Rafael de que as forças que fariam eram diferentes para iniciar com eles a leitura da Terceira lei e assim trabalhar esse conceito com os alunos.

Não se pode considerar o estudante como uma cabeça vazia, pronta à espera de conhecimento. Ele possui um saber do cotidiano e cabe ao ensino conhecê-lo para poder trabalhar com ele. O aluno só vai aprender se lhe forem dadas razões que o obriguem a mudar a sua razão (Lopes, 1999).

Por outro lado, a continuação da leitura por Luciana logo após minha fala evidencia como ela viu o livro como uma fonte de informação.

#### **Episódio IV a**<sup>5</sup>

Em outro momento da atividade de leitura, no terceiro dia de aula, dois alunos fizeram a leitura juntos do trecho sobre a Segunda lei de Newton. O trecho a seguir é parte do texto apresentado no livro:

[...] O esquisito é que massa não é a mesma coisa que peso. Você pode verificar isso pessoalmente: basta ter uma balança e um foguete espacial. Faça o seguinte:

1. suba na balança e veja qual o seu peso - por exemplo, 50 Kg.
  2. pegue sua balança, entre no foguete e vá até a Lua.
  3. Quando descer na Lua, suba de novo na balança. Você vai ver que seu peso é mais ou menos 8 Kg. nossa!!!
  4. Volte para casa no foguete, mas enquanto estiver no espaço, experimente subir na balança. Aí vai ser moleza, porque você estará flutuando e, claro, seu peso será zero!
- [...]

---

<sup>5</sup> Os trechos dos discursos referentes aos episódios IV referem-se aos alunos Sérgio e Renato.

[...] "Imagine que você tenha uma peça de metal com uma massa de 1 Kg flutuando no espaço. Agora imagine que você dê um empurrão nela acelerando-a um metro por segundo a cada segundo. Sabe quanta força você precisa aplicar? A resposta é ...um newton. Pois é, quando inventaram as unidades métricas, em homenagem a Newton deram seu nome às unidades de força. Assim, para ser precisa, a sua balança caseira deveria marcar newtons. [...]. (POSKITT, 2002, p. 149-150)

Durante a leitura, um dos dois estudantes me perguntou sobre a utilidade da balança.

Então, questionei:

*1.P: mas essa balança aí é a de balançar, ou não é?*

*2.Sérgio: deve ser de meça peso.*

*3.P: medir, né?*

*4.Sérgio: meçar, medir é altura, meça é quilo, aqui é o contrário, entendeu?*

*5.P: então tá, o que a balança faz, dá uma lida e vê se você entende,.*

*6.Sérgio: que que ela faz?*

*7.P: é...*

*8.Sérgio : ela pesa.*

*9.P: então, vê se é isso mesmo.*

*10.Sérgio: ela mede as força dos pés empurrando para baixo. "essa força que puxa a sua massa para o chão".*

*11.Renato: se você pesar na lua, 50 Kg, na verdade na lua você vai ter oito.*

Durante a leitura, Sérgio comenta a respeito da balança, então vou até ele e questiono sobre o que a balança faz. Ele diz: "*de "meça" peso*". Parece-me que o aluno quando diz "aqui é diferente" quer mostrar qual é o seu espaço, seu lugar. Na sua condição de aluno, pode dizer "aqui é diferente" e ainda questionar a professora: "entendeu"? (turno 4).

Quando peço novamente que diga o que a balança faz, ele procura resposta no livro (turno 10): "*essa força que puxa a sua massa para o chão*".

Logo em seguida, Renato intervém, deixando explícito que procura a resposta no livro (turno11): "*se você pesar na lua, 50 Kg, na verdade, na lua, você vai ter oito*". O livro é que traz esse exemplo, na página 149; pode-se notar que mesmo falando "pesar" e "quilo" o aluno notou que o peso de uma massa de 50 Kg, aqui na Terra, teria o equivalente a oito quilogramas na lua, sendo assim, diferente. É importante ressaltar que o próprio livro traz "peso de 50 Kg" e apenas na página seguinte é que vai explicar a diferença entre peso e massa. Quando entreguei aos alunos as perguntas (no primeiro dia de aula, sobre idade, se pretendiam continuar os estudos e se

conheciam Newton), Renato respondeu que não tinha ouvido falar de Newton: "*não sei nada*", foi sua resposta.

Dessa forma, aparentemente, sua resposta se deve à leitura do texto de Kjartan Poskitt.

Na continuação do diálogo em classe:

*12.Sérgio: "no espaço sideral quase não tem gravidade nenhuma" (trecho do livro). Então se não tem gravidade não tem como (risos) tipo assim, puxa, na lua tem menos gravidade então a força da gravidade ...."portanto a balança não mostra nenhuma força" (trecho do livro). "em outras palavras você não tem peso, no entanto sua massa é a mesma". Mentira, eu tenho 63.*

*13.Renato: faz a leitura.*

*14.Sérgio: que negócio é esse de força?*

Sérgio continua a leitura.

No turno 12, Sérgio possivelmente questiona o livro, provavelmente, pensando no que o livro diz sobre na lua pesar 8 Kg: "Em outras palavras, você não tem peso, no entanto sua massa é a mesma". Sérgio afirma: "*Mentira, eu tenho 63*". Aparentemente incrédulo, ele diz que não pesa 8 Kg, mas tem 63 Kg. Possivelmente tomou como verdade que qualquer corpo na lua pesaria oito quilogramas, por isso se espanta, dizendo que tem 63 Kg, e não oito.

Dessa forma, essa leitura conjunta e comentada pelos estudantes em voz alta mostra a dificuldade de Sérgio em "acreditar" na afirmação do texto.

E, novamente, Sérgio faz outro questionamento (turno 14): "*que negócio é esse de força?*" E ainda do turno 17 ao 23, o aluno confunde-se em relação à homenagem:

*17.Sérgio: o negócio do Newton aí...*

*18.P: o que que é Newton?*

*19.Sérgio: a balança foi feita em homenagem a ele, cara!*

*20.P: homenagem a ele?*

*21.Sérgio: tá escrito o negócio de homenagem aqui óooo. Que inventaram as unidades métricas em homenagem a Newton e deram seu nome às unidades de força.*

*22.P: eles deram o nome de Newton para quê?*

*23.Sérgio: fita métrica eu acho, não, unidade.*

No turno 21, nota-se que Sérgio ainda diz que está escrito no livro: *"tá escrito o negócio de homenagem aqui óooo . "Que inventaram as unidades métricas em homenagem a Newton e deram seu nome às unidades de força."*

Quando pergunto ao que eles deram o nome de Newton, Sérgio diz: "fita métrica eu acho, não, unidade". Fita métrica é provavelmente um termo mais conhecido para ele do que unidade de força, apesar de, no turno 21, ter dito "deram seu nome às unidades de força."

Renato, porém, intervém e diz (turno24): *"unidade de força"*. Pela sua resposta pode-se dizer que a leitura que faz contribui para essa resposta, pois, aparentemente, ele incorporou o texto.

Mesmo com as mediações minhas e do outro estudante, Sérgio diz que não entendeu nada (turno 26). As minhas intervenções e do colega Renato aparentemente não contribuíram para esclarecer a dúvida de Sérgio sobre força e sua unidade:

*24.Renato: unidade de força.*

*25.P: eles deram o nome unidade de força Newton porque foi Newton que fez essa teoria.*

*26.Sérgio: eu não entendi nada.*

Então, novamente pergunto, o que é força (turno 27) em seqüência à fala de Sérgio de que não entendeu nada:

*26.Sérgio: eu não entendi nada.*

*27.P: não??? Assim, o que que é força?*

*28.Sérgio: sei lá, o que empurra alguma coisa.*

*29.P: é o que você faz para empurrar alguma coisa?*

*30.Sérgio: é!!!*

*31.P: então, mas eu quero saber, a força que o Sérgio faz é de 1, 1 o quê?*

*32.Sérgio: o livro tá dizendo que é, tipo, 1 Newton, então.*

*33.P: isso!*

*34.P: por exemplo, alguém foi daqui a São Paulo e andou 50, 50 o que?*

*35.Sérgio: Newton.*

*36.Renato: quilômetro.*

*37.P: então...*

*38.P: a unidade de distância é quilômetro, metro, por exemplo. E a unidade de força?*

*39.Sérgio -Renato: é Newton!!!*

*40.P: é Newton.*

41.Sérgio -Renato: ahmmmmm

42.P: entendeu?

43.Sérgio: não

Apesar de dizer que é um Newton, noto que Sérgio não apreende que Newton é a denominação da unidade de força, apenas repete, repetição empírica, do tipo “papagaio”. Noto isso porque, em seguida, apresentei o exemplo: *"por exemplo, alguém foi daqui a São Paulo e andou 50, 50 o quê?"*; Sérgio responde, *"Newton"*.

O aluno Renato responde "quilômetro", que não estava escrito no livro. Recorreu à sua memória para dar essa resposta (turno 36). De acordo com a análise de discurso, também a memória faz parte da produção do discurso. A maneira como a memória “aciona”, faz valer, as condições de produção é fundamental (ORLANDI, 2000b).

E Sérgio reafirma que não entendeu. Então, pergunto:

46.P: *quantos Newtons você tem?*

47.Sérgio: *eu, quantos Newtons eu tenho? Eu não sei. O Renato tem um monte...*

Será que efetivamente Sérgio está querendo produzir significados para a sua leitura?

Sérgio novamente diz que não sabe, mas responde em seguida que Renato tem um monte. Por quê? É possível que tenha relacionado Newton à massa e responde que Renato tem um monte, porque Renato é mais "gordinho" que ele.

Nos turnos 55 e 56, Renato procura explicar o que compreendeu sobre o que é peso:

57.Renato: *o que eu vi aqui, que tipo assim, o peso é a força da gravidade puxando você...*

58.P: *sei...*

59.Renato: *porque se você pesar na lua vai dar menos.*

60.P: *por que vai dar menos na lua?*

61.Renato: *porque lá tem menos gravidade.*

Noto, através dos turnos 57-61, que Renato consegue organizar seu pensamento mediado pela leitura do livro e pela minha intervenção: se peso é a força da gravidade puxando você e na lua tem menos gravidade, lá seu peso vai dar menos.

Renato não encerra sua fala no turno 57, como poderia fazer, apenas explicando o que é peso e, talvez, ter ficado apenas na repetição empírica, dizendo apenas o que o livro traz, repetindo. A repetição empírica "é a do efeito papagaio, só repete" (ORLANDI, 2000 b, p.54).

Renato, no entanto, continua e completa, "*porque lá tem menos gravidade*", aparentemente passando da repetição empírica para a histórica, através da mediação do livro e da professora. Segundo a análise de discurso,

a repetição histórica é a que desloca, a que permite o movimento porque historiciza o dizer e o sujeito, fazendo fluir o discurso, nos seus percursos, trabalhando o equívoco, a falha, atravessando as evidências do imaginário e fazendo o irrealizado irromper no já estabelecido. (ORLANDI, 2000b, p.54)

Sérgio, que até então dissera não ter entendido nada, diz:

68.P: *então você, se você fosse na lua, você é o mesmo, na lua e na Terra, não é???*

69.Sérgio: *só que o peso é diferente.*

70.P: *por que é diferente?*

71.Sérgio: *porque tem menos gravidade lá.*

Aqui tenho um indício de que, nesse momento, Sérgio, a partir das minhas falas e das falas de seu colega Renato, além da leitura do livro, pode ter notado que o peso depende da gravidade, diferentemente da massa. No entanto, sua repetição da fala do Renato no turno 61, pode ser apenas uma repetição empírica.

Ao final da conversa com os alunos Sérgio e Renato, propus: "O Renato quer fazer um regime. Ele resolve ir para a lua. É verdade ou mentira que consegue fazer um regime assim?"

Renato apresentou a seguinte resposta escrita:

- *Mentira, pois se eu fosse na lua meu físico seria o mesmo mas meu peso mudaria pois  $P = m \cdot g$ .*

Os outros alunos apresentaram respostas sem remeteram para a fórmula:

- *é mentira porque quando ele for para a lua a força dele muda mas a massa continua a mesma.*

- *é mentira porque a massa irá continuara mesma coisa, o que irá mudar é o peso.*

- *mentira, porque na Lua só perde força a massa continua a mesma.*

Além disso, quando pedi que explicassem sobre o que entenderam da Segunda lei, Renato foi capaz de escrever a relação: *quanto maior a massa, menor a aceleração, para uma mesma força*. E além de Renato, outros alunos apresentaram respostas que indicam que atingiram a repetição formal, ou seja, repetiram mudando apenas as palavras, sem remeterem para relações com a própria memória. Também alguns apresentaram indícios de aprendizagem com repetição histórica.

Outros alunos tentaram responder, comparando massa e aceleração, porém acabaram se confundindo:

- *quanto maior a força, menor a aceleração.*

- *tá muito complicado e não entendi nada.*

Renato, quando responde “*quanto maior a massa, menor a aceleração, para uma mesma força*”, fala da posição de aluno que conhece a teoria envolvida na compreensão das leis do movimento.

Por outro lado, de acordo com Bachelard, no que se refere aos obstáculos epistemológicos e ao perfil epistemológico, Renato poderá em algumas situações, falar “peso” quando, na verdade, o “correto” seria massa; no entanto, isso não quer dizer que não superou um obstáculo, mas que ambos os conceitos existem, e são utilizados, um ou outro, de acordo com a situação em que o indivíduo se encontra.

Já Sérgio responde, para a pergunta sobre o regime de Renato e sobre a Segunda lei:

- *não entendemos NECAS.*

A conversa que tive com Sérgio foi a mesma que tive com Renato, porém Renato foi capaz de, em vários momentos, passar da repetição empírica para a histórica, enquanto que essa passagem para Sérgio exigiria outras mediações. Renato fez uso da leitura do livro e das minhas perguntas para apresentar suas respostas. Além disso, em alguns momentos recorreu à memória de outros conhecimentos, como na resposta sobre a unidade de medida de distância.

### **Episódio IV b**

O trecho seguinte é outro trecho do diálogo, com os mesmos dois alunos, Sérgio e Renato, durante a leitura em grupo e em voz baixa, da parte do livro que trata da lei da inércia (página 138):

*Sérgio: o cara que caiu a maçã na cabeça dele?*

*P: será que caiu mesmo?*

*Sérgio: Eu acho que, eu ouvi falar que caiu a maçã e o cara começou a pensar e pensar...acho que caiu sim...para ele parar e pensar eu acho que caiu sim*

*P: só se caísse ele iria pensar?*

*Sérgio: o cara estava sossegado, aí caiu a maçã. Aí ele pensa. Como? E se fosse uma melancia?*

*P: o que aconteceria?*

*Sérgio: aí matava ele.*

*P: ele estava na casa dele, aí caiu a maçã?*

*Sérgio: ele estava dando um rolê por aí...aí a maçã caiu na cabeça dele.*

*P: será que ele já se preocupava antes?*

*Sérgio: ele já procurava alguma coisa...esse negócio de gravidade, teoria da relatividade.*

Nesse trecho "como é a produção da ciência?" O que o aluno pensa sobre isso? Sérgio muda sua resposta e provavelmente seu pensamento de acordo com a intervenção da professora. Afirma no início: "ele estava dando um rolê." Então, eu pergunto "será que ele já se preocupava antes?" Ele diz: "acho que ele estava pensando na gravidade, relatividade...."

A partir deste trecho, nota-se que a leitura como processo de produção de sentidos abre a possibilidade para o surgimento de perguntas diferentes da temática em discussão, como o questionamento sobre a produção da ciência.

Continuando a conversa anterior, mas nesse momento com a sala toda, disse que iria ler com eles:

*P: então vamos fazer uma coisa agora. Eu vou ler um pouco com vocês agora. Alguém foi até a página 144? Tem uma parte aqui na página 144 que fala assim [...] as leis newtonianas do movimento. Lê para a gente Paulo. Quer ler...como você chama mesmo?*

*Sérgio faz a leitura.*

*P: o que isso quer dizer? Vocês entenderam ou não?*

*Sérgio: se eu jogar o lápis assim ele vai ter uma certa velocidade, um certo tempo para cair...isso é o cálculo da Física...tem a ver com gravidade.*

*P: se o Alex jogar o lápis e não tiver gravidade, o que acontece?*

*Sérgio: flutua.*

Nesse momento, podemos ter o que diz Orlandi sobre o mecanismo da antecipação. Como sabia que eu era professora de Física, o aluno Sérgio, ao responder: "*se eu jogar o lápis assim ele vai ter uma certa velocidade, um certo tempo para cair... isso é o cálculo da Física... tem a ver com gravidade*", possivelmente se antecipa ao que um professor de Física gostaria de ouvir (velocidade, tempo, cálculo da física, gravidade).

segundo o mecanismo da antecipação, todo sujeito tem a capacidade de experimentar, ou melhor, de colocar-se no lugar em que o seu interlocutor "ouve" suas palavras. Ele antecipa-se assim a seu interlocutor quanto ao sentido que suas palavras produzem. Esse mecanismo regula a argumentação, de tal forma que o sujeito dirá de um modo, ou de outro, segundo o efeito que pensa produzir em seu ouvinte. (ORLANDI, 2000 a, p.39)

## **Episódio V**

Nesse momento discuto trechos escritos pelos alunos durante o segundo dia de aula, pensando na produção de sentidos por parte destes estudantes. Nesse dia foi estudada essencialmente a lei da inércia. Depois de comentar com os alunos os conceitos envolvidos no entendimento da lei da inércia, observar e questionar os desenhos da página 146 (desenho da trajetória de uma bola lançada em lugar com resistência do ar e sem gravidade, resistência do ar e com gravidade e lugar sem resistência do ar e sem gravidade) pedi aos estudantes que escrevessem o que tinham entendido da explicação.

Alguns discursos:

*- hoje vimos melhor o que é a Lei da Inércia que diz que as coisas permanecem em repouso a não ser que alguma coisa coloque força sobre ela. Vimos que a gravidade atrai as coisas para o chão, que a resistência do ar pára as coisas em movimento, etc.*

*- entendemos que todas as coisas permanecem em repouso ou se move em linha reta na mesma velocidade a não ser que uma força aja sobre ela.*

*- agora tivemos uma reflexão sobre a primeira lei de Newton, a respeito da resistência do ar e da gravidade. O objeto fica parado sem movimento quando nenhuma força age sobre ele. Nunca paramos para pensara respeito disso. É muito bom!*

A partir desses discursos, podemos notar a produção de sentidos por parte dos estudantes, a partir da leitura e mediações da pesquisadora atuando como professora. De acordo com as noções de análise de discurso, os sentidos são produzidos de maneira diferenciada, no caso, por cada estudante e isso se deve às histórias de vida e de suas histórias de leitura.

Enquanto dois estudantes privilegiam a gravidade e resistência do ar: “*a respeito da resistência do ar e da gravidade*”, outros preferem explicar a lei da inércia: “*entendemos que todas as coisas permanecem em repouso ou se move em linha reta na mesma velocidade a não ser que uma força aja sobre ela*”.

É possível, novamente, verificar semelhança entre o que Silva (1997) observou nos discursos dos alunos e as respostas que mostrei:

Mesmo não tendo lido propriamente o texto em casa, como havia sido solicitado, os alunos que leram uma ou duas páginas iniciais do texto, fizeram-no de modos diferentes. Recortando, destacando trechos diferentes, produzindo suas respostas de diferentes maneiras a partir do texto ou se outros elementos do contexto de leitura. P.126

## **Episódio VI**

Quando falei para os alunos escreverem o que tinham entendido da Segunda e da Terceira lei, Renato, um dos alunos que tratei nos episódios IV, escreveu:

*- Eu entendi que se eu empurrar um objeto de 5 Kg e outro com 10 Kg com a mesma força o objeto menor irá mais rápido (quanto menor a massa, maior a aceleração)..*

Renato conseguiu comparar duas situações diferentes (empurrar um objeto de 5Kg e outro de 10Kg), frisar “*com a mesma força*” e ainda concluir o que era esperado por mim: “*o objeto menor irá mais rápido (quanto menor a massa, maior a aceleração)*”. Esse aluno certamente atingiu a repetição histórica. Ou seja, produziu novos sentidos, a partir da criação de um exemplo particular e da importância que mostrou para o termo “a mesma força”.

## **Episódio VII**

Ainda durante a leitura de Sérgio e Renato em grupo, surge o diálogo a seguir:

*Sérgio: estava lendo o livro...*

*Sérgio: ih ,tem mais problema ainda? Deixa eu ver (sobre os problemas editoriais de Halley)*

*Sérgio: ô louco!!! Não vou lê mais não deu preguiça...*

*Deu preguiça de baiano...*

*Deu preguiça de baiano...*

*P: em quem?*

*Sérgio: em mim!*

*P: ah, imagina!! Lê só um pouquinho.*

*Sérgio: é nada!!! Quantas páginas!!! [...] ah, eu não gosto de ler.*

Nesse momento, podemos relacionar as falas de Sérgio ao que a análise de discurso articula, sobre o sujeito e a ideologia. “A análise de discurso vai articular o lingüístico ao sócio – histórico e ao ideológico, colocando a linguagem na relação com os modos de produção social: não há discurso sem sujeito e não há sujeito sem ideologia.” (ORLANDI, 2001, p.63).

Para Sérgio, “preguiça” parece ter relação direta com baiano. Novamente, nesse trecho, funciona a memória. Certamente, em outra situação, já ouviu dizer algo a respeito dos baianos serem preguiçosos. Orlandi (2000 a) afirma que esquecemos o que foi dito em outro lugar e acabamos assumindo o discurso como nosso. Segundo ela, um tipo de esquecimento é o esquecimento ideológico:

Ele é da instância do inconsciente e resulta do modo pelo qual somos afetados pela ideologia. Por esse esquecimento temos a ilusão de ser a origem do que dizemos, quando, na realidade, retomamos sentidos preexistentes. [...] Na realidade, embora se realizem em nós, os sentidos apenas se representam como originando – se em nós: eles

são determinados pela maneira como nos inscrevemos na língua e na história e é por isto que significam e não pela nossa vontade. p.35

## Episódio VIII

Neste episódio ainda, seleciono as falas de Sérgio e Renato. Deixei um gravador na mesa deles e enquanto andava pelos outros grupos, surgiu, entre esses dois, alunos a conversa sobre emprego, trabalho:

*Renato: mas você não tem idade para trabalhar ainda...*

*Sérgio: mas eu estou desempregado, num interessa...*

*Sérgio: sério, estou desempregado, preciso trabalhar meu!!! Eu pedi para a tia arranjar emprego na Universidade para mim, ela não quis. Eu podia ser oficce boy, né, tomá conta da Universidade. Ó o que eu podia fazer: levá as meninhas filhinhas de papai para casa, para o shopping, para o motel, leva os maluco...já era mano, entendeu??? As meninhas filhinhas de papai, podia ser guarda costas delas...*

*Renato: e a frente também...*

*Sérgio: Guarda costa, frente, tudo...*

A atividade de leitura extravasou o próprio conteúdo do livro para trazer elementos do dia a dia, como a presença da imagem que o aluno tem da Universidade. Ele está fora dela e projeta na Universidade apenas um lugar onde pode trabalhar, em nenhum momento diz que a Universidade pode ser o local onde vai estudar, “[...] eu pedi para a tia arranjar emprego na Universidade para mim, ela não quis [...]”. Temos a imagem que Sérgio faz de quem estuda na Universidade e dele próprio, [...] levá as meninhas filhinhas de papai para casa, para o shopping [...]. Tem a imagem de quem estuda na Universidade: as filhinhas de papai. Já ele, só se vê como um possível trabalhador para essas “meninhas”.

Segundo Orlandi,

Pensando as relações de forças, a de sentidos e a antecipação, sob o modo do funcionamento das formações imaginárias, podemos ter muitas e diferentes possibilidades regidas pela maneira como a formação social está na história. Em nossa formação social, se pensamos por exemplo a Universidade, podemos explorar algumas

possibilidades: imagem que o professor tem do que seja um aluno universitário, a imagem que se tem de um pesquisador [...] ( ORLANDI, 2000 a, p. 41)

Nessa fala de Sérgio a preocupação com o emprego é constante. Notamos esse fato em mais dois trechos de conversa:

*Sérgio: [...] vou deixar o currículo no céu...trabalhar de office boy(...)*

*Sérgio: [...] ô tia, não vai arrumar um emprego para mim lá, não?*

*P: lá onde?*

*Sérgio: lá na Universidade. Olha o que eu podia fazer: levar as meninhas filhinhas de papai...”*

Essas imagens podem interferir no próprio envolvimento dos alunos com a leitura do livro. “Por que vou ler esse texto se não tenho perspectiva de poder um dia estar na Universidade”?

Ou então: “para levar as meninhas filhinhas de papai para a casa, para o shopping eu não preciso estudar, muito menos ler um livro sobre as leis de Newton”.

O que cada um privilegia em sua leitura? É o que afirma Geraldí (1996):

- Posso ir ao texto em busca de respostas a perguntas que tenho. [...]
- Posso ir ao texto para *escutá-lo*, ou seja, não para retirar dele uma resposta pontual a uma questão que está incomodando neste momento.
- Posso ir a um texto para *usá-lo*, inspirando-me nele para com ele fazer outras coisas que quero fazer.
- Posso, por fim, ir ao texto *desarmado*. Sem perguntas para as quais imagino ele possa fornecer respostas; sem querer escrutiná-lo pelo meu estudo; sem qualquer pretensão de uso imediato. É o que se pode chamar de *leitura - fruição - do - texto*. (GERALDI, 1996, p. 120-122)

Sérgio não tinha nenhum interesse na leitura, aparentemente sua preocupação era o emprego. Possivelmente não foi ao texto, como afirma Geraldí, nem para buscar respostas, nem para escutá-lo ou usá-lo.

## 6. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora vários trabalhos sobre leitura em ciência, do grupo de estudo e pesquisa em Ciência e Ensino (gepCE), em que me inspirei para pensar o presente trabalho, fossem além da leitura propriamente dita, com a intenção de provocar a inclusão curricular de certos conteúdos, essa não foi a perspectiva deste trabalho. Nele foi escolhido um conteúdo usualmente trabalhado no Ensino Médio, conteúdo este considerado relevante para esse ensino, e foi proposta a verificação do funcionamento de leituras, de um texto específico, mediadas pela pesquisadora, na escola.

Na análise procurou-se compreender significados produzidos na leitura, considerando as condições de produção do estudo e as mediações ocorridas durante as aulas. Entre as condições de produção do estudo, destacam-se as condições de produção do texto em questão, entre elas a linguagem simples, a presença de quadrinhos, desenhos (como destaquei na página 146) e conversa com o leitor.

Uma vantagem de se trabalhar com o próprio livro em sala de aula é que possibilita aos alunos direcionarem seu próprio interesse, ainda que a professora determinasse que páginas deveriam ser lidas. Por exemplo, alguns alunos perguntaram se Alice era a macieira do jardim de Newton; como Alice só foi “apresentada” no final do livro, é possível que esses alunos leram alguns trechos diferentes dos que determinei.

Apesar da professora selecionar as páginas a serem lidas, a aula foi muito diferente das aulas com as quais, aparentemente, estavam acostumados.

O livro também apresenta imagens relativas ao conteúdo da Primeira lei de Newton, como os desenhos da página 149 e figuras variadas, como a imagem de alguns cientistas, de montanha russa, de incêndio, entre inúmeras outras. Para Silva (2004), a respeito das atividades que realizou com imagens do espaço cósmico,

A experiência visual dos estudantes, vivendo na “era espacial”, ampliou estes dados do senso comum para abarcar situações, objetos no espaço cósmico. [...] Os discursos mediados por textos e imagens sobre o espaço cósmico trouxeram para a sala de aula esta experiência imediata contemporânea dos estudantes. p.280-281

Algumas perguntas que os alunos formularam apresentaram relação com as perguntas apresentadas pelos estudantes da sala que Silva (1997) realizou sua pesquisa. As questões que Silva fez aos alunos foram:

1. após ler o texto no caderno, anote aqui suas dúvidas, partes que não entendeu e perguntas que gostaria de fazer à professora.
2. como seria um mundo onde não houvesse atrito?

Esses tipos de questões possibilitam não apenas uma resposta. Segundo Silva,

Não há *apenas uma* resposta para estas questões. Representando uma expectativa aberta quanto às possíveis relações dos alunos com o texto. Ao formularmos estas questões de leitura, levamos em consideração o pressuposto básico da existência de múltiplos sujeitos na sala de aula. p.129

No que se refere ao conteúdo relativo às três leis de Newton, alguns estudantes apresentaram indícios de que produziram significados relativos à compreensão destas leis, atingindo a repetição histórica, por exemplo, quando afirmam sobre o “regime de Renato”, no episódio IVa:

*- É mentira por que quando ele for para a lua a força dele muda mas a massa continua a mesma.*

Pensando na escola, o modelo de escola com salas de aula bem cuidadas, alunos disciplinados e professores envolvidos é o tipo de escola onde aparentemente é possível realizar um bom trabalho. No entanto, não foi bem isso que observei durante o desenvolvimento deste trabalho, nem em algumas passagens que fiz em escolas públicas de duas cidades do interior paulista. De acordo com Weber (1991), a escola pública não consegue oferecer um ensino de qualidade àqueles que conseguem frequentá-la em seus primeiros níveis.

Acredito que a causa de ter surgido por duas vezes o assunto “trabalho”, entre os alunos Sérgio e Renato, seja o fato de este ser uma preocupação constante em suas vidas. Não podem

apenas estudar, pois têm necessidade de trabalhar: *vou deixar o currículo no céu...trabalhar de office boy(...) ô tia, não vai arrumar um emprego para mim lá, não?"*

Ressalto também que cada aluno interagiu de maneira diferente comigo e com a própria sala. Segundo Laplane (2000), que trata do silêncio e das interações em sala de aula:

A imagem que temos da sala de aula é a de um espaço em que se ensina e se aprende, no qual trocam idéias, se trabalha, se realizam atividades, se conversa, se lê, se escreve, se debate. Se essa imagem corresponde, ao menos parcialmente e imperfeitamente, à realidade – ela é também uma idealização que condensa valores, conceitos e crenças em relação à escola-p.55

Para Laplane, em uma sala de aula concreta emergem outras imagens que se superpõem a esta. A sala de aula pode ser vista como um lugar em que nem todo mundo troca idéias, fala, lê, escreve e debate. É exatamente esse tipo de sala de aula que encontrei e que, como destaca Laplane, encontraremos em nossos trabalhos futuros, enquanto professores e/ou pesquisadores.

Relembro ainda o limite do trabalho escolar por ter sido realizado em apenas uma sala de aula e em apenas três dias. Refletindo a respeito disso, acredito que para se fazer um trabalho diferenciado, envolvendo outras atividades diferentes das usuais, aqueles em que geralmente o professor fica à frente da sala e escreve o conteúdo no quadro negro, três dias não são suficientes. Os alunos não estão acostumados com atividades desse tipo. Levam um tempo para se envolver além da constante indisciplina afetar o bom andamento das aulas. Por outro lado, o fator novidade pode pesar a favor dessas atividades.

Pensando em tudo isso, levo em consideração ainda que uma das dificuldades do trabalho do professor é que o docente, na maioria das vezes, tem que tomar suas decisões rapidamente, durante o próprio processo. De acordo com Compiani (2003) a mediação do professor é muitas vezes problemática, conflituosa. Muitas vezes, tem que decidir rápido, drasticamente. Vivi isso durante as aulas. Por mais que elas tivessem sido planejadas, os alunos, em muitos momentos, apresentaram questões e comentários que não estava esperando. Acredito que poderia ter explorado melhor seus comentários a fim de possibilitar que mais alunos pudessem atingir a repetição histórica.

No entanto, a partir de algumas respostas sobre o que os alunos acharam da aula,

*- Foi uma aula divertida, onde nós tivemos a oportunidade de expor nossas opiniões e esclarecer algumas dúvidas. Esse trabalho poderia continuar com as outras salas pois é um modo interessante de aprender*

*- A aula de hoje foi diversificada, muito interessante e proveitosa.*

*- A aula foi confusa, não entendemos nada.*

*- A aula foi muito confusa, porém interessante.*

e principalmente dos episódios analisados, julgo que são válidas atividades do tipo que foram realizadas, mas se quisermos que os alunos se envolvam mais é preciso realizá-las com mais tempo. Notei que foram muitas informações para apenas três dias de aula.

Além disso, de acordo com o próprio referencial utilizado, entre outros, um fato era esperado: o livro funciona diferentemente para cada aluno. Analisando os discursos como os dos estudantes Sérgio e Renato, apresentados no capítulo cinco, compreendi aspectos das verbalizações orais que podem ocorrer em salas de aula de Física a partir da leitura de trechos de divulgação científica e mostrei funcionamentos da leitura das leis de Newton, nas condições deste estudo.

Notei que, apesar de Sérgio buscar no livro algumas respostas, não manifestou indícios de que as havia incorporado. Enquanto que Renato, aparentemente com as mesmas condições de produção imediatas que Sérgio, falou de maneira que nos faz acreditar que as mediações do livro e da professora produziram significados novos.

Já que destaquei o funcionamento do livro, ressalto aqui que a utilização do mesmo é uma condição de produção importante. O fato de apresentar certas características, como linguagem simples e bem humorada, conversa com o leitor e aspectos da vida de Newton, sem dúvida facilitou o envolvimento dos estudantes com a leitura e o entendimento das leis de Newton.

Espero, com o trabalho, ter contribuído para a compreensão de que os processos de produção de sentidos, a partir de atividades de leitura em sala de aula como aquelas em que

realizei nesse estudo, dá-se de maneira específica para cada aluno. Os processos de produção de sentidos dependem das condições de produção em que o trabalho foi realizado assim como das histórias de vida de cada estudante.

Para concluir, reafirmo que para se entender como são produzidos os significados a partir da leitura de um texto, por exemplo, como o utilizado neste trabalho, sobre Isaac Newton, é necessário que se realizem atividades que possam evidenciar múltiplos conhecimentos. Atividades cuja única preocupação não seja responder: “o que o aluno aprendeu de tal conteúdo”, mas que tipos de deslocamentos foram produzidos em relação ao seu discurso, levando-se em consideração o contexto em que está inserido.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria José P.M. A Luz: enfoque no ensino médio e representações dos estudantes. *Pro-Posições*, v.7, n.1 (19), p. 34-40, mar.1996.

\_\_\_\_\_ O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica. In: ALMEIDA, Maria José P.M. e SILVA, Henrique C. (Orgs.). *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas, SP: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil, 1998, p.53-68.

\_\_\_\_\_ *Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis*. Campinas: Mercado de Letras, 2004.

ALMEIDA, Maria José P. M. e RICON, Alan E. Divulgação científica e texto literário: uma perspectiva cultural em aulas de física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 10, n.1, p. 713, 1993.

ALMEIDA, Maria José P. M. de, SILVA, Henrique. C. da. BABICHAK, Cezar C. O movimento, a mecânica e a física no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.21, n.1, p.195-201, mar.1999.

ALMEIDA, Maria José P.M. de. MOZENA, Erika R. 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, 2000.

ALMEIDA, Maria José P. M. de. SILVA, Henrique. C. da. MICHINEL, José Luís M. Condições de produção no funcionamento da leitura na educação em física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n.1, p.5-17, 2001.

ARROYO, Miguel. *Imagens Quebradas: Trajetórias e tempos de alunos e mestres*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

ASSIS, André K.T. Newton e suas grandes obras: o *Principia* e o *Óptica*. In: ALMEIDA, Maria José P.M. e SILVA, Henrique C. (Orgs.). *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas, SP: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil, 1998. p. 53-68.

BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 314p.

\_\_\_\_\_ *A Filosofia do não: filosofia do novo espírito científico*. Tradução por Joaquim José Moura Ramos. Lisboa: Editorial Presença, 1987, 136p.

BEIJAMIM, Alice Assis. TEIXEIRA, Odete. P. B. Análise do uso de um texto paradidático sobre energia e Meio Ambiente. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 23 n.1, p.74-82, mar.2001.

- BRENNAM, Richard. *Os gigantes da física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1998, 288p.
- CABRAL, Fernando. A Primeira lei é um caso particular da Segunda? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, ano I, n.1, p. 4 -7, 1984.
- CANDELA, Antônia. A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. In COLL, C & EDWARDS, D. (Org) *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula*. Porto Alegre: ArtMed, 1998, Cap.6, p.143-169.
- CARDOSO, Walter. Os obstáculos epistemológicos, segundo Gaston Bachelard. *Revista da sociedade Brasileira de História da Ciência*. São Paulo, n.1, p.19-27, jan-jun. 1985.
- CARVALHO, Ana Maria P. O uso de vídeo na tomada de dados: pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. *Pro Posições*, v.7, n.1, p 5-13, mar. 1996.
- CARVALHO, Ana Maria P. , BARBOSA, M. C. Linguagem e o Ensino de física na escola fundamental. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v.1, n.20, p.86-97, 2003.
- COHEN, Bernard I. *O Nascimento de Uma Nova Física*. Traduzido por Gilberto de Andrada e Silva. São Paulo: Edart, 1967.
- COMPIANI, Maurício. *A dinâmica discursiva nas salas de aula de ciências*. In: Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição – reflexões para o ensino, 2, Belo Horizonte, 2003. **Anais – CD-ROM**, Belo Horizonte, UFMG, 2003, 12pp.
- FONTANA, R.A .C. A elaboração conceitual: a dinâmica das interlocuções na sala de aula. In: SMOLKA, A.L. & GÓES, M.C. (Org) *A linguagem e outro no espaço escolar*. 2. ed.Campinas: Papirus, 1993, p.121-152.
- GARDELLI, Daniel. A origem da Inércia. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis. v.16, n.1, p.43-53, 1999.
- GERALDI, João V. *Linguagem e Ensino: exercícios de militância e divulgação*. Campinas, SP: Mercado de Letras - ALB, 1996.
- GUOVÊA, Gauracira. *A Divulgação científica para crianças: o caso da Ciência Hoje das Crianças*. 2000. Tese (doutorado do Programa de Pós - Graduação em Educação Gestão e Difusão em Biociências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- HESSEN, Boris. *Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton*. La Habana: Ed Acadwmia, 1985. 86p.
- KAUFMAN, Ana Maria, RODRÍGUEZ, Maria Helena. *Escola, leitura e produção de texto*. Traduzido por Inajara Rodrigues. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995, 179p.

KOESTLER, Arthur. *O Homem e o Universo: como a concepção de Universo se modificou através dos tempos*. 2. ed. São Paulo: IBRASA, 1989. 426p.

KOYRÈ, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Científico*. Tradução e revisão técnica de Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Editora forense Universitária; Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1982.

LAPLANE, Adriana L. F. De . Interação e silêncio na sala de aula. *Caderno Cedes*, ano XX, n. 50, p. 55-69, abr.2000.

LEITE, Maria Salete S. C. Pinheiro. ALMEIDA, Maria José B. Marques de. Compreensão de termos científicos no discurso da ciência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 23, n.4, p. 458-470, 2001.

LOPES, Alice R. C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química I - obstáculos animistas e realistas. *Química Nova*. v.3, n.15, p. 254-261, 1992.

\_\_\_\_\_ Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, Universidade Autònoma de Barcelona, v.11, n.3, p.324-330, 1993.

\_\_\_\_\_ *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999. 236p.

MARTINS, Roberto. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. 1 - física clássica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v.15, n.3, p.243-264, 1998.

MICHINEL, José Luis M. *O funcionamento de textos divergentes sobre energia com alunos de física: a leitura no ensino superior*, 2001. Dissertação (doutorado em Educação). Faculdade de Educação - UNICAMP, Campinas, SP.

MORENO, Márcio Q. Principia Mathematica 300 anos. *Ciência Hoje*, v.7, n. 41, p. 58-64, 1988.

MORTIMER, Eduardo, F; SCOTT, Phil, Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre. v. 7, n.3, p.24, 2002.

MOURA, Rodrigo. CANALLE, João Batista G. Os mitos dos cientistas e suas controvérsias. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.23, n.2, p. 238-251, jun.2001.

NAJMANOVICH, Denise. *O sujeito encarnado: questões para a pesquisa no/do cotidiano*. Coleção metodologia e pesquisa do cotidiano. 2001. p. 7-117.

NEWTON, Isaac. *Principia - Princípios matemáticos de filosofia natural, livro I*. 2. ed. Traduzido por Trieste Ricci, Leonardo G. Brunet, Sônia T. Gehring, Maria Helena C. Célia. São Paulo: Editora da Universidade, 2002.

OLIVEIRA, Odisséa Boaventura. *Possibilidades da escrita no avanço do senso comum para o saber científico na 8ª série do ensino fundamental* 2001. 164f. Dissertação (mestrado em Educação). Faculdade de Educação - UNICAMP, Campinas, SP.

ORLANDI, Eni. Discurso, Imaginário social e Conhecimento. *Em Aberto*, Brasília, n.61, ano 14, jan-mar. 1994.

\_\_\_\_\_ *Interpretação - Autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico*. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1996a.

\_\_\_\_\_ *A linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso*. 4. ed. Campinas, SP: Pontes, 1996b.

\_\_\_\_\_ Paráfrase e polissemia: a fluidez nos limites do simbólico. *Rua*, n. 4, p. 9-19, 1998.

\_\_\_\_\_ *Discurso e leitura*. 5. ed. São Paulo: Cortez; Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2000 a.

\_\_\_\_\_ *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. Campinas, SP: Pontes, 2000 b.

\_\_\_\_\_ *Discurso e texto*. Formulação e circulação de sentidos. Campinas, SP: Pontes, 2001.

OSBORNE, Jonathan, COLLINS, Sue, RATCLIFFE, Mary, MILLAR, Robin, DUSCHL, Rick. What 'ideias - about science ' should be taught in school science? *Journal of Research in Science Teaching*, v.40, n.7, p.692-720, 2003.

PÊCHEUX, Michel. *Semântica e Discurso*. Uma crítica à afirmação do óbvio. Campinas: UNICAMP, 1995.

\_\_\_\_\_ Papel da memória. In: ACHARD, Pierre et al. *Papel da memória*. Campinas, SP: Pontes, 1999. p. 49-57.

PEDUZZI, Luis O. Q. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.13, n. 1, p. 48-63, abr. 1996.

PEDUZZI, Luis O. Q. PEDUZZI, Sônia, S. Leis de Newton: uma forma de ensiná-las. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 5, n.3, p.142-161, dez. 1988.

RICON, Alan E. e ALMEIDA, Maria José P. M. Ensino da física e leitura. *Leitura: Teoria e Prática*. v. 10, n.18, p. 716, 1991.

ROBILOTTA, Manoel Roberto, BABICHAK, César Cavanha. Definições e conceitos em física. *Caderno Cedes*, ano XVIII, n.41, p. 35-45, jul. 1996.

ROCHA, José Fernando. *Origens e evolução das idéias da física*. Salvador: EDUFBA, 2002.

RODRÍGUEZ ZUCCOLILLO, Carolina Maria. *Língua, nação e nacionalismo: um estudo sobre o guarani no Paraguai*. 2000. Tese (doutorado). Instituto de estudos da linguagem – UNICAMP, Campinas – SP.

ROTH, Wolff Michael. ROYCHOUDHURY, Anita. Physics student's epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v.40 supplement, p.S114-S139, 2003.

SALÉM, Sônia e KAWAMURA, Maria R. O texto de divulgação científica e o texto didático: conhecimentos diferentes? *Atas do V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*. Águas de Lindóia, SP, 1996, p. 588-598.

SANTOS, Boaventura de Souza. *Um discurso sobre ciências*. Porto: Ed Afrontamento, 1987, p.1-58.

SILVA, Henrique C. *Como, quando e o que se lê em aulas de física no ensino médio: elementos para uma proposta de mudança*. 1997. 164f. Dissertação (mestrado em Educação). Faculdade de Educação - UNICAMP, Campinas, SP.

SILVA, Henrique C. *Discursos Escolares Sobre Gravitação Newtoniana: Textos e imagens na física do ensino médio*. 2002. 244p. Tese (doutorado em Educação). Faculdade de Educação - UNICAMP, Campinas, SP.

SILVA, Henrique C. da. *Discursos e leituras da física na escola: uma abordagem introdutória da síntese Newtoniana para o Ensino Médio*. Brasília: Universa, 2004.

SILVA, Henrique C. e ALMEIDA, Maria José P. M. Condições de produção da leitura em aulas de física no ensino médio: um estudo de caso. In: ALMEIDA, Maria José P. M., SILVA, Henrique C. (Orgs.). *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas, SP: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil, 1998. p. 131-162.

SOUZA, Suzani C. *Leitura e fotossíntese: proposta de ensino numa abordagem cultural*. 2000. Tese (doutorado em Educação). Faculdade de Educação – UNICAMP, Campinas, SP.

TALIM, S. Luís. Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v.16, n.2, p. 143-153, ag.1999.

TERRAZAM, Eduardo A. O potencial didático dos textos de divulgação científica: um exemplo em física. Henrique César da Silva (Org.) Maria José P.M. de Almeida. *Textos de Palestras e sessões temáticas. III encontro linguagens, leituras e ensino de ciência*. Campinas, SP. Fe/ UNICAMP, 2000.

TOBIN, Kenneth, GALLAGHER, James J. The role of target in the science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 40, suplemente, p.S99-S 113, 2003.

VEIT, E. A . MORS, P. M. TEODORO, V. D. Ilustrando a segunda lei de Newton no século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n.2, p.176-184, jun. 2002.

WEBER, Silke. O público, o privado e a qualidade da educação pública. *Caderno Cedes*, ano, n. 25, p.27-43, avrrg. 1991.

### **Referência do livro utilizado em sala de aula**

POSKITT, Kjartan. *Isaac Newton e sua Maçã* . Cia das Letras, Mortos de Fama, 2002.

POSKITT, Kjartan. Disponível em <<http://kjartan.co.uk>>. Acesso em: 10 jun. 2003.

### **Referências dos Projetos de Ensino**

PROJECTO FÍSICA. Unidade 3: *O triunfo da mecânica*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbeinkian, 1978.

PSSC. Physical Science Study Committee. *Física*. Parte I. Brasília: Editora da UNB, 1967.

## **Bibliografia Consultada**

ALEXANDER, Patrícia. A; KULIKOWICH, Joana. M. Learning from physics texts: a synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*, v.31, n.9, p.895-911, 1994.

ANDRÉ, Marli E.D.A . Tendências atuais da pesquisa na escola. *Caderno Cedes*, ano XVIII, n.43, p. 46-57, dez. 1997.

BACHELARD, Gaston. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1997, p.7-40.

CASTELLANI, Otávio C. Discussão de conceitos de massa inercial e gravitacional. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.23, n.3, p. 356-359, set.2001.

EINSTEIN, Albert e INFELD, Leopold. *A evolução da física*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. p. 15-127.

GUERRA, Andréia, FREITAS, Jairo, REIS, José C., BRAGA, Marco. *Galileu e o Nascimento da ciência moderna*. Atual: São Paulo, 1997 (Ciência no tempo).

JUNDIAÍ. Wikipedia. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Jundia%C3%AD>>. Acesso em: 23 fev. 2004.

KOCH, Andina. Training in Metacognition and comprehension of physics texts. *Science Education*, v.85, n.6, p. 758-768, 2001.

LOPES, Alice R. C. Livros didáticos: obstáculos verbalistas e substancialistas ao aprendizado da ciência química. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v.74, n.177, p.309-334, mai/ago. 1993.

MARTINS, André Ferrer. ZANETIC, João. O tempo na mecânica: de coadjuvante a protagonista. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis. v.19, n.2, p.149-175, ago. 2002.

NUSSENZVEIG, Moisés. *Curso de física Básica*, v.1. Mecânica. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

ORLANDI, Eni P. *A leitura e os leitores*. Eni Puccinelli Orlandi (Org). Campinas, SP: Pontes, 1998.

OROZCO, Juan Carlo. La síntese de racionalidad Galileana. *Cadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*. Universidade Pedagógica Nacional, n.5, p.3-21, 1999.

PRADO, Fernando Dagnon. Experiências curriculares com história e filosofia da física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.6, n. especial, p.9-17, jun.1989.

PONCZEK, Roberto Leon. A Idéia de Causalidade na Física Clássica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.20, n.1, p.63-85, abr. 2003.

ROURE, Glacy Q. de. Vidas silenciadas, a violência com crianças e adolescentes na sociedade brasileira. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1996, p. 15-45.

SILVA, José Alves da. KAWAMURA, Maria R . D. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. –33, v.18, n.3, p.317-340, 2001.

ZANETIC, João. Física e literatura: uma possível integração no ensino. *Cadernos Cedes*, 41, p. 46-61, 1997.

**8. ANEXOS**

**Anexo I:** trechos do livro *Isaac Newton e sua maçã*, de Kjartan Poskitt, trabalhados durante a atividade de leitura.

IMORTOS DE FAMA

ISAAC  
NEWTON  
E SUA MAÇA



de Kjartan Poskitt  
Ilustrações de Philip Reeve  
Tradução de Eduardo Brandão  
Revisão técnica de Iole de Freitas Druck

4.<sup>a</sup> reimpressão



\*\*\*\*\*  
CIA. DAS LETRAS  
\*\*\*\*\*



Aos professores da Bootham School no período de 1969 a 1974, especialmente Gerard Wakeman (física), David Champion e Rodney Willis (matemática), Michael Allen e Peter Heywood (inglês) e dr. Chris Moore (alquimia e pirrotécnica para aspirantes a roqueiro). Cruças a vorês, o guitarrista cabeludo e barba-lento, de jeans desbotados e esfarrapados, se tortou pouco a pouco um biógrafo de cientistas careca, de jeans desbotados e esfarrapados.

Copyright do texto © 1999 by Kjartan Poskitt  
Copyright das ilustrações © 1999 by Philip Reeve

*Título original:*

Isaac Newton and His Apple

*Preparação:*

Márcia Copola

*Revisão:*

Beatriz de Freitas Moreira  
Ana Maria Barbosa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, sp, Brasil)

Poskitt, Kjartan

Isaac Newton e sua maçã / Kjartan Poskitt ; ilustrações de Philip Reeve ; tradução de Ednardo Brandão ; revisão técnica de Iole de Freitas Druck. — São Paulo : Companhia das Letras, 2001.

Título original: Isaac Newton and His Apple  
ISBN 85-359-0179-5

1. Cientistas - Biografia - Literatura infanto-juvenil 2. Newton, Sir Isaac, 1642-1727 - Literatura infanto-juvenil I. Reeve, Philip. II. Título

01-5041

CDD-028.5

Índices para catálogo sistemático:

1. Cientistas: Literatura infanto-juvenil 028.5  
2. Cientistas: Literatura juvenil 028.5

2002

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA SCHWARZ LTDA.

Rua Bandeira Paulista 702 cj. 32

04532-002 — São Paulo — SP — Brasil

Telefone: (11) 3167-0801

Fax: (11) 3167-0814

[www.companhiadasletras.com.br](http://www.companhiadasletras.com.br)

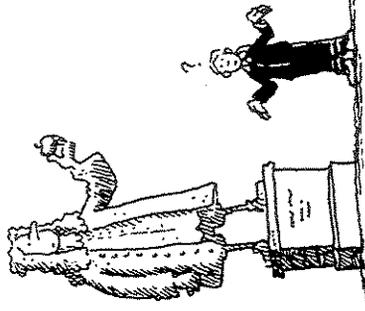
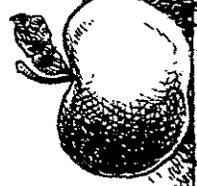
Composição: América Pretira

Impressão: Geográfica

# SUMÁRIO

Por que Isaac Newton é um morto de fama?	5
A estranha história de Alice	9
Um mau começo	11
E aí, Isaac, vai fazer o quê?	26
Aristóteles e alguns outros caras	30
O amigo do Isaac	38
Um começo a jato	40
Um pouco de peste	50
Cálculo diferencial: milagre matemático	56
O "Super-G"	69
Alice dá uma deixa...	81
... e Isaac pega a deixa	82
Um lance de cor	86
O segundo milagre matemático	92
Tempo quente em Londres	96
O herético secreto	101

De volta a Cambridge	103
Isaac fica famoso de morrer	110
As pesquisas esquisitas do Isaac	120
Um pontapé providencial	124
Três caras tomam café	128
O fim do éter	131
A nova torcida do Isaac	135
O livrão da ciência	138
Enquanto isso, no trono...	158
Afinal, novos amigos	164
O pesadelo do falsário	171
As horas livres do Isaac	178
Isaac obtém sua resposta final	188
Depois de Isaac	190
Alice se despede	192



## POR QUE ISAAC NEWTON É UM MORTO DE FAMA?

Apesar de Isaac Newton ter vivido há trezentos anos e não ter sido rei nem nenhuma dessas coisas que chamam a atenção, quase todo mundo ouviu falar dele. E tem mais: ele vai ser famoso de morrer até o fim dos tempos. Mas você sabe por quê?

Um dia o Isaac estava sentado no seu jardim, à sombra de uma macieira, quando...



Se isso acontecesse com você, o que você diria?



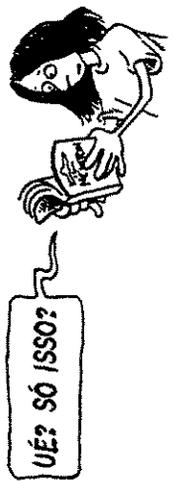
Imagine que você seja como o Isaac e tenha dito: "O que fez a maçã cair?". Qual teria sido sua resposta?



Depois que o Isaac começou a pensar sobre o caso da maçã, nada mais pôde detê-lo, e, é claro, ele acabou chegando à noção da gravidade.

Aí está: é por isso que o Isaac é famoso de morrer.

Então, muito obrigado por ler este livro e espero que não tenha lhe tomado muito tempo.



Na verdade, se você estiver interessado, tem um pouquinho mais, de modo que se você quiser saber...

- por que ele enfia coisas embaixo do globo ocular e quase ficou cego;
- como ele conseguiu decompor a luz;
- como ele inventou todo um novo sistema matemático;
- por que ele sempre queria guardar para si suas brilhantes descobertas;
- por que ele queria tocar fogo na mãe (dele);
- por que a Igreja o odiava;
- por que os falsários o odiavam;
- por que, na verdade, quase todo mundo o odiava;
- por que newtons demais matariam você;
- por que ele quase foi parar na forca;
- de quem era o nariz que ele esfregou na parede de uma igreja, e
- como ele conseguiu, acima de tudo, ser tão inteligente

... está tudo aqui. Então leia!

### Uma dica antes de você começar

A vida do Isaac é uma história fascinante, e quando você acabar de lê-la, vai entender por que tanta gente acha que ele foi o maior cientista de todos os tempos.



Claro, isso quer dizer que este livro vai conter um pouco de ciência, para não falar de matemática. Assim, você tem duas opções:

1 Para uma leitura fácil e gostosa, não hesite em pular as partes técnicas. Afinal, você sempre pode voltar a elas mais tarde.

2 MAS, se você quiser tirar o máximo proveito de toda a experiência fabulosa do Isaac, mergulhe de cabeça no texto! Além de descobrir como o Isaac era inteligente, você poderá ter a agradável surpresa de descobrir como você também é inteligente!

E aí? Está pronto?

Ótimo! Escolha uma posição bem confortável, que lá vamos nós...



## A ESTRANHA HISTÓRIA DE ALICE

Alice fez seu ingresso no mundo quando a mãe dela foi esmagada pelo casco de um cavalo no mercado de Grantham. Ela era apenas uma das muitas sementinhas marrons espalhadas entre as pedras que caçavam a rua, mas Alice nem ligou. Esperava da vida muito mais que aquilo.

Na mesma noite, quando a agitação do mercado serenou, Alice notou um passarinho enorme vindo em sua direção. (Na verdade, o passarinho não passava de um jovem pardal, mas era enorme comparado com Alice.) Num segundo ele a apanhou com o bico, e momentos depois Alice se viu aninhada bem lá dentro do intestino quente da ave. Alice sabia que tivera sorte. Dos seus milhares de irmãs e irmãs, muitos seriam reduzidos a fragmentos sem vida por pequenos roedores, e era quase certo que o resto ficaria apodrecendo nas pedras áridas, mas pelo menos a Alice fora dada uma oportunidade.

Alice percebia a forte movimentação ritmada à sua volta, quando os músculos do passarinho se retesavam para que ele pudesse voar. Pouco a pouco o intestino, contraindo-se, empurrou Alice para uma cavidade forrada de

matéria rica e nutritiva, e Alice sentiu imediatamente a centelha da vida se acender dentro de si.

De repente, com um derradeiro impulso dos músculos traseiros do passarinho, Alice foi ejetada. Envolta com toda a segurança numa viscosa massinha branca sarapinhada de preto, caiu e aterrissou na grama levemente molhada pelo orvalho da noite. Mais uma vez Alice teve sorte. A vida ardia dentro dela, tudo de que precisava estava ali à sua volta, e ela iria sobreviver.

Claro, Alice era cega, Alice era surda, Alice não sentia cheiros e tinha apenas uma vaga noção de tato. Mas Alice possuía uma coisa: o conhecimento que herdara da mãe. Conhecía a vida, conhecia a natureza, sabia como as coisas são e como as coisas vêm a ser. Alice esperava um dia ser capaz de ter seus próprios filhos e transmitir a eles esse mesmo conhecimento. Claro, o que Alice nunca poderia imaginar é que um dia iria partilhar uma parcela ínfima do que sabia com alguém de uma espécie totalmente diversa da sua.

Alice iria mudar a história, mas não antes de uma porção de coisas acontecerem.



## UMI MAU COMEÇO

### CERTIDÃO DE NASCIMENTO

NOME: Isaac Newton

DATA DE NASCIMENTO: 25 de dezembro de 1642

LOCAL DE NASCIMENTO: Solar de WoolsThorpe,  
perto de Grantham, Lincolnshire

PAI: Isaac Newton (morto em outubro de  
1642)

PROFISSÃO DO PAI: Pequeno fazendeiro

MAE: Hannah Newton (ou Hannah  
Ayscough, antes de se casar)

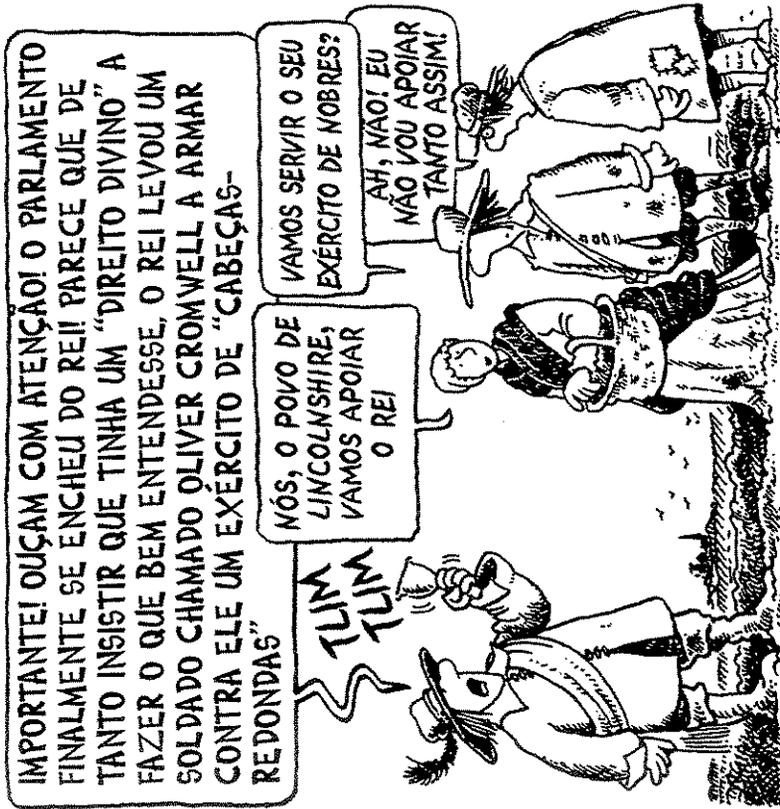
PROFISSÃO DA MAE: Fazendeira

OBSERVAÇÃO DO MÉDICO: A criança não tem  
esperança de vida.

Isaac nasceu à meia-noite e vinte do Natal do ano de 1642, semanas depois de seu pai morrer. O nascimento de Isaac foi tão prematuro, que seu corpo miúdo caberia num jarro de meio litro, que é mais ou menos do tamanho de uma caneca. Ninguém esperava que o frágil bebê passasse daquele dia.

Mas mesmo na tenra idade de algumas horas Isaac surpreendia as pessoas. Ele não só sobreviveu até a noite seguinte, como continuou vivendo por 84 saudáveis anos.

Quando Isaac tinha mais ou menos um ano, a vida na Inglaterra mudou de repente...

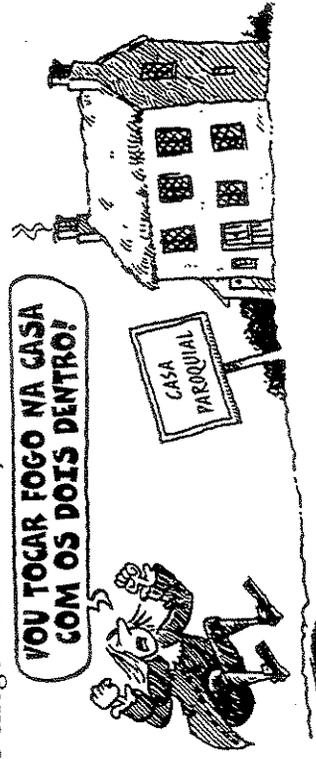


Houve alguns combates e incendiaram algumas casas em Lincolnshire, mas os Newtons felizmente escaparam do pior da Guerra Civil. Os problemas do Isaac, no entanto, começaram logo depois que ele fez três anos, quando sua mãe se casou com um pastor de 63 anos chamado Barnabas Smith. Hannah foi viver na paróquia do marido, em North Witham, mas apesar de esta ficar a poucos quilômetros de Woolsthorpe, o pequeno Isaac não foi convidado a acompanhá-los. Deixaram o menino por lá, com a avó, a sra. Ayscough.

Coitado do Isaac. Passava a maior parte do tempo matutando...

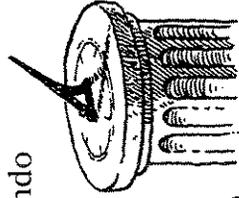


Mas de vez em quando ele manifestava seus sentimentos e chegou até a ameaçar...



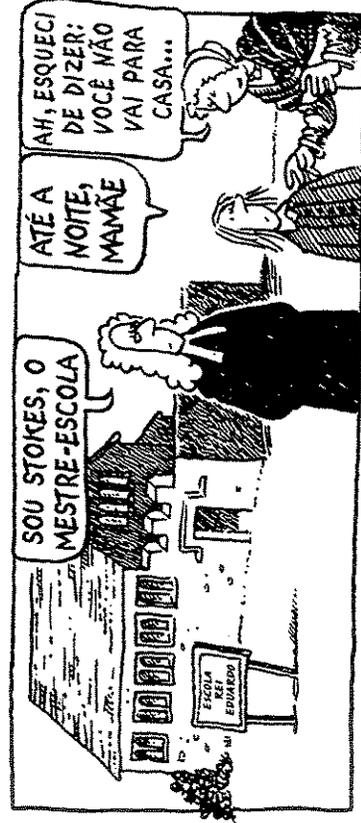
Apesar de se sentir tão infeliz, ainda criança Isaac começou a se interessar por coisas como relógios de sol. Era capaz de ficar sentado horas a fio observando as sombras

resultantes do movimento do Sol e marcando suas posições em horas fixas do dia. Essa preocupação com o movimento do Sol iria acompanhá-lo o resto da vida, e mesmo já idoso ele diria as horas olhando as sombras em vez de um relógio.



O reverendo Barnabas acabou morrendo quando o Isaac tinha dez anos, e sua mãe voltou para Woolsthorpe. Voltou com um bom dinheiro no bolso, e também com novos filhos: Marie, de seis anos; Benjamin, de três, e um bebê, Hannah. Por dois anos eles viveram como uma família, e no início da adolescência Isaac era meio que uma figura paterna para os outros, especialmente para a pequena Hannah.

Naquela época, as crianças que viviam no campo aprendiam apenas o que necessitariam para trabalhar nas fazendas, e, se seu pai não tivesse morrido, é bem possível que Isaac não tivesse aprendido nem mesmo a ler e escrever. Mas como a mãe do Isaac tinha algum dinheiro e não sabia o que fazer com aquele filho esquisito, assim que ele completou doze anos mandou-o para a Escola de Gramática Rei Eduardo VI, em Grantham.



Por que uma escola de gramática se chamava escola de gramática? Porque lá se aprendia gramática. Em outras palavras, a maior parte do tempo se aprendia gramática latina, mas para refrescar um pouco também ensinavam um pouco de gramática grega.

É matemática, arte, trabalhos manuais, ciências humanas, ciências naturais, educação física etc.?

Não dava tempo. Todos estavam muito ocupados aprendendo gramática!

Na verdade, a gramática não era tão inútil quanto parece. Latim era a língua dos antigos romanos e, embora ninguém a usasse para seus afazeres cotidianos em 1654, era a única língua que todas as pessoas instruídas da Europa conheciam, além daquela falada em seus países, claro. Isso quer dizer que alemães, franceses, espanhóis, portugueses, ingleses e italianos se entendiam sem que precisassem saber uns a língua dos outros.

Latim era mais ou menos assim:

DIE DULCE FRUERE

Se você acha complicado, olhe só como era o grego antigo:

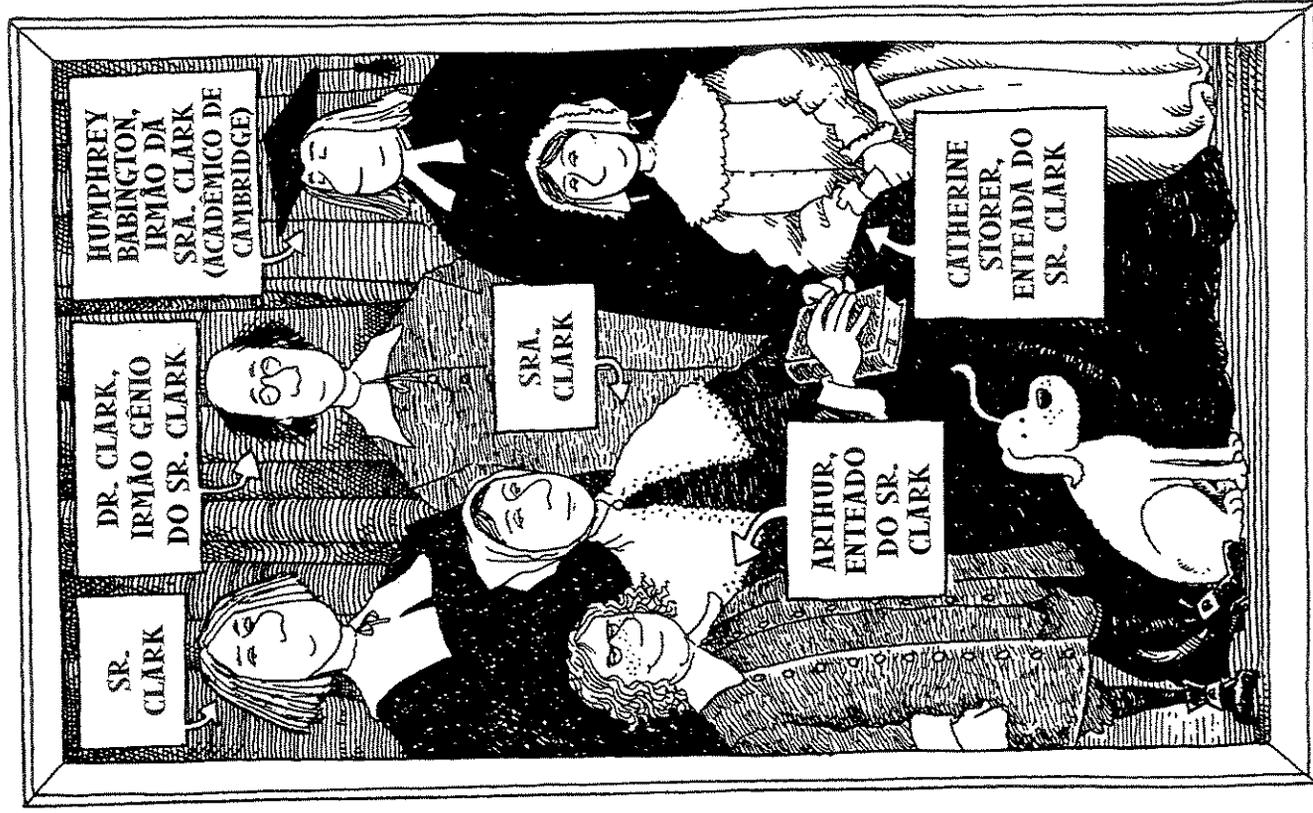
# Γρεγο Αντλυο

Era útil saber um pouco de grego também, porque a maioria das coisas inteligentes pensadas antes da época do Isaac tinham sido escritas em grego, até o Novo Testamento da Bíblia, que viria a ser tão importante para o Isaac. Quem soubesse grego poderia achar exatamente o que queria sem precisar que alguém traduzisse (e provavelmente traduzisse mal).

Devo dizer que, nos primeiros tempos, Isaac não se sentia nem um pouco animado a aprender línguas mortas e não demorou a ser um dos últimos da classe.

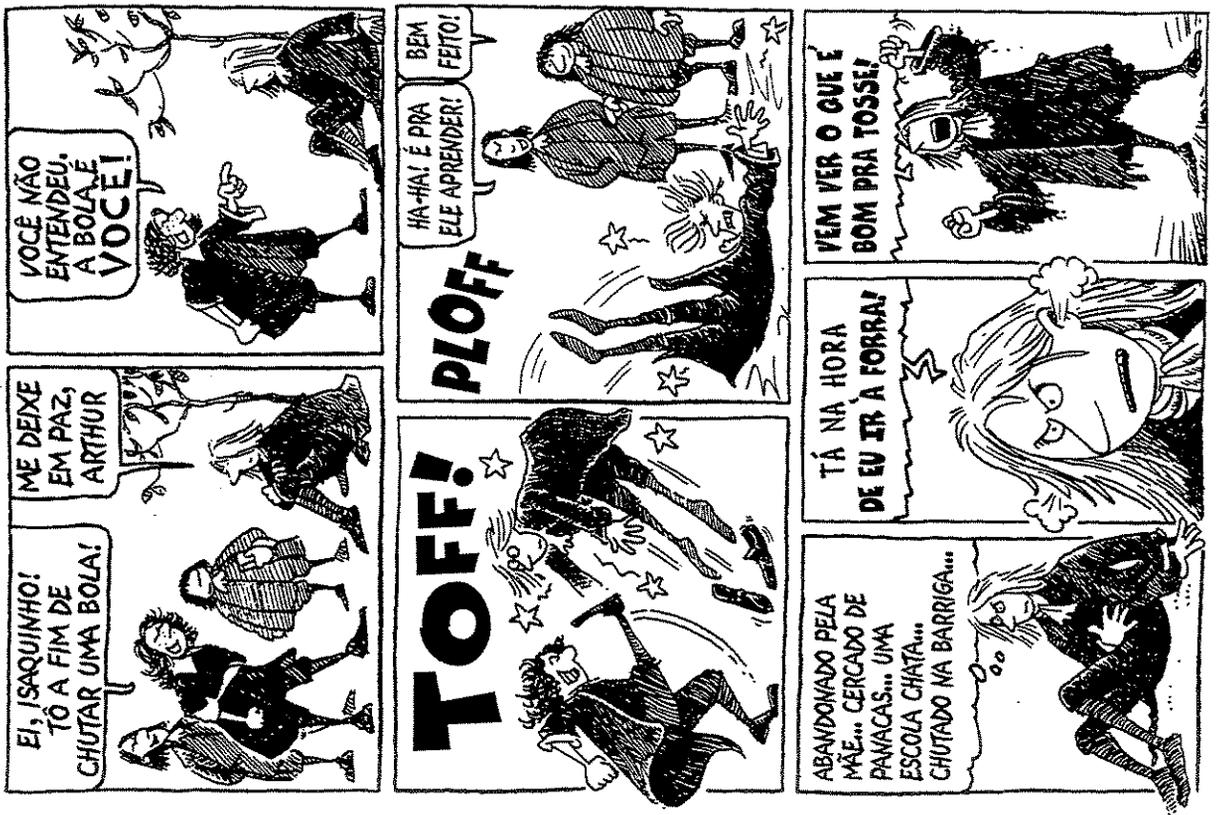


Isso não quer dizer que ele era preguiçoso. Muito pelo contrário: a casa do sr. Clark, o boticário, com quem morava, ficou cheia de relógios de sol. (Não precisa quebrar a cabeça: boticário é o antigo nome de farmacêutico.) Aliás, chegou a hora de conhecer o sr. Clark e sua família, porque a maioria deles vai aparecer mais adiante...



Isaac Newton e sua maçã

Foi graças a Arthur, enteado do sr. Clark e o durão da escola, que um dia Isaac mudou totalmente de atitude.



Um mau começo





Sim, de repente o Isaac tomou uma decisão. Ia ser melhor que todo mundo que ele conhecia em tudo o que pudesse.

### Isaac toma uma atitude

Ele não só atacou o latim — que aprendeu a ler e escrever tão bem quanto o inglês —, mas também divertia todo mundo com sua habilidade em construir modelos de moinho de vento, relógios de água e outras maravilhas mecânicas, muitas vezes trabalhando neles aos domingos, em vez de estudar a Bíblia como deveria. Seu passatempo era fazer papagaios de papel com fogos de artifício presos no rabo e empiná-los à noite para assustar as pessoas. Outra esquisitice dele era a seguinte: não conseguia resistir a escrever nas paredes. Os temas dos grafites podiam ser tanto invenções como figuras geométricas, ou até mesmo retratos de gente, como o rei Carlos I... e isso era um perigo!

Naqueles dias, Oliver Cromwell corria o país. Tinha levado seis anos para derrotar o rei Carlos, e chegou ao extremo de executá-lo. (O rei teve a cabeça cortada, mas a costuraram de volta no lugar antes de pô-lo no caixão.

Boa idéia, não é?) Cromwell era um puritano radical, por isso queria que o culto nas igrejas fosse o mais simples e sem graça possível, para que nada pudesse distrair os fiéis da prece. Detestava em especial seus inimigos católicos por usarem trajes bonitos e espalharem incenso na igreja deles. Cromwell queria determinar até como as pessoas deviam se comportar fora da igreja...



Nem é preciso dizer que Oliver Cromwell não teria ficado nem um pouco contente com o garoto que desenhou o retrato do velho rei nas paredes da cidade! Alguns anos depois, esse pequeno detalhe da vida de Isaac se revelaria muito importante.

Além de aprender latim e grego na escola, Isaac passava horas estudando química, matemática, mecânica e astronomia numa pilha de livros que o irmão gênio do sr. Clark, o dr. Clark, deixara na casa do boticário. Isaac descrevia tudo o que descobria e fazia num caderninho que tinha comprado por uns trocados, e esse caderninho ainda existe: está guardado na biblioteca Pierpont Morgan, em Nova York.

Em 1660, Isaac foi morar de novo com o sr. Clark, o boticário. O que deve ter lhe agradado muito, porque o sr. Clark tinha não só todos os livros de que Isaac gostava, mas também uma jovem enteada, Catherine Storer, que achava Isaac o máximo, e os dois tiveram um namorado, que não levou a nada sério — mas é interessante citá-lo, porque foi praticamente a única vez na vida que o Isaac saiu com alguém.

No ano seguinte ele entrou para o Trinity College. Com dezoito anos, era cerca de dois anos mais velho que a maioria dos calouros, e também era, de longe, o mais pobre...

DIÁRIO INENCONTRÁVEL DO ISAAC

Mamãe não mandou o dinheiro que eu precisava, embora pudesse mandar, então Tenho de Trabalhar para me sustentar. Como é que eu posso estudar, se Tenho de arranzar Tempo para limpar os quartos e esvaziar os penicos dos alunos ricos?

Ainda assim estou feliz,

porque estou trabalhando para o irmão da sra. Clark, Humphrey Babington. que é muito importante no Trinity. Talvez um dia isso possa me ser útil. Escrevo esta nota enyando os outros alunos estão comendo. Só quando eles acabarem é que a gente pode limpar os pratos vire—>

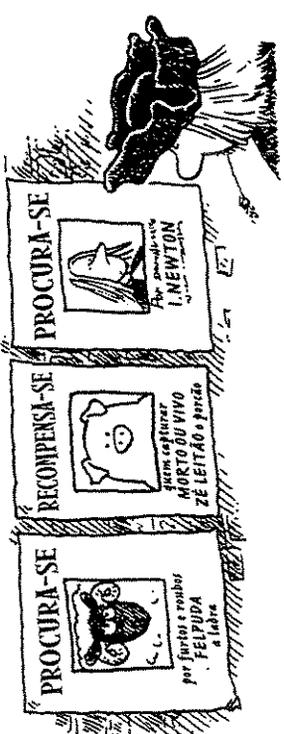


Aos dezessete anos, Isaac estava divertindo as pessoas quando sua mãe disse...

ESQUEÇA ESSES LIVROS. PRECISO DE VOCÊ NA FAZENDA!



Nem é preciso dizer que o Isaac não tinha o menor jeito para trabalhar em fazendas. Logo inventou um modo de escapular e estudar, mas as coisas nem sempre corriam conforme o planejado. Foi levado ao tribunal porque suas ovelhas escaparam e fizeram o maior estrago; seus porcos invadiram o milharal do vizinho, e suas cercas estavam caindo aos pedaços. Tomou uma multa de quatro xelins e quatro pênis [o equivalente, hoje, a cerca de trezentos reais]. Pior que isso, foi fichado na polícia!



Sua mãe e sua avó achavam que ele era um imprestável, mas Isaac logo, logo iria ter um pouco de sorte. Seu tio Bill (oficialmente conhecido como reverendo William Ayscough, de Burton Coggles, Lincolnshire) estudara no Trinity College de Cambridge e entendeu que, se Isaac conseguisse entrar na célebre instituição, seu talento não seria desperdiçado. Com o professor de Isaac, o sr. Stokes, convenceu a mãe de Isaac a deixá-lo voltar à escola para se preparar para a universidade.



Além da matemática e das outras coisas que estudava em Cambridge, Isaac tinha outros três interesses especiais...

### A Bíblia

Fossem católicos ou protestantes, naquela época todos baseavam suas opiniões no que liam na Bíblia. Isaac também era muito religioso e ansiava por descobrir tudo o que pudesse sobre Deus, mas não gostava que lhe dissessem o que devia pensar. Passou um tempo analisando a Bíblia e tentando aprender religião por conta própria, até que chegou à conclusão de que, afinal de contas, a Bíblia não era tão perfeita assim. Isso iria lhe causar sérios problemas!

### Alquimia

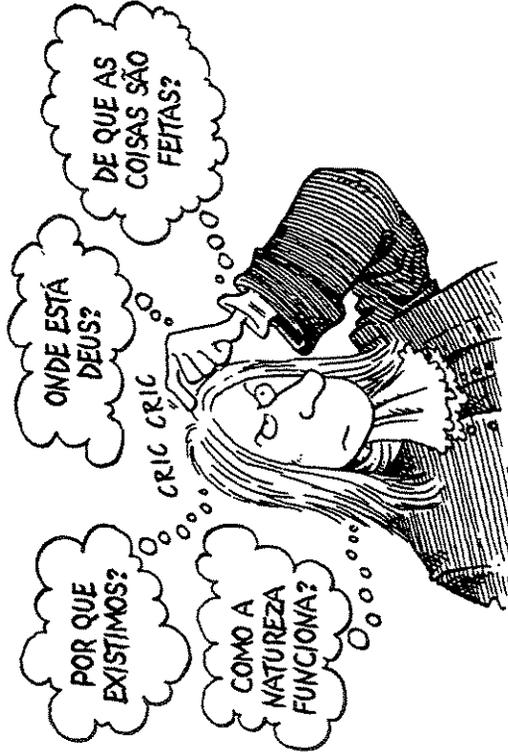
A alquimia era um tema interessantíssimo: um tipo de cruzamento de química com magia. Os alquimistas queriam saber por que certas coisas (como a água e o óleo) não se misturam e por que os ímãs atraem metal. O grego Aristóteles já tinha falado sobre isso; em particular, defendeu a idéia de que "tudo tende para a perfeição" — maneira incrivelmente vaga de explicar tudo, desde o motivo por que as coisas caem no chão ao motivo por que as flores crescem na direção do Sol. Por ser tão cômoda, essa idéia da perfeição das coisas era muito apreciada pelos alquimistas.

As experiências dos alquimistas requeriam forças ou poderes estranhos do próprio alquimista, de modo que, para a experiência funcionar, ele tinha de ser o mais puro e perfeito possível. Isso implicava não apenas ser muito religioso, mas também seguir a religião *certa*. Não é de espantar que Isaac tenha estudado a Bíblia tão a fundo: ele queria entendê-la "certo"! As experiências alquímicas



E AÍ, ISAAC,  
VAI FAZER O QUÊ?

Antes de vermos o que o Isaac descobriu e inventou, tem uma coisa que você precisa saber. Isaac não se considerava matemático ou cientista; em vez disso, dizia que era um *filósofo natural*. Como tantas grandes cabeças antes dele, Isaac utilizava a matemática e as ciências apenas para encontrar as respostas para grandes questões como:





também podiam depender da posição dos astros no céu, o que levou Isaac a se interessar por mais uma coisa.

Havia especialmente duas coisas que os alquimistas ansiavam por descobrir: uma era o “elixir da longa vida”, uma poção que prolongaria a vida; a outra era a “pedra filosofal”, uma substância tão perfeita que teria o poder de transformar qualquer metalzinho ordinário em ouro.

Grças a Aristóteles, os alquimistas acreditavam que tudo era feito de uma mistura de quatro elementos básicos: ar, fogo, água e terra. Durante milhares de anos, basearam suas experiências nessa idéia, e nos tempos do Isaac apenas poucos deles haviam começado a pensar que poderia existir um conjunto diferente de elementos químicos. Aristóteles chegara a dizer que, se a gente conseguisse alterar as quantidades desses elementos em algum corpo, a gente obteria outra coisa — e era em parte por



isso que os alquimistas tinham a esperança de que dentro de qualquer bloco velho de metal havia uma barra de ouro aguardando por ser extraída.

Temos de admitir que às vezes um alquimista chegava a resultados e descobertas úteis, mas em geral eles não descobriam nada que prestasse. Contudo, como muita gente inteligente antes dele, o Isaac levou isso tudo muito a sério.

### Outros filósofos

Para desenvolver suas idéias, Isaac também estudava os filósofos antigos, e o pessoal em Cambridge apreciava particularmente Aristóteles. Precisamos saber um pouquinho mais sobre Aristóteles e alguns outros caras, e é sobre eles que o capítulo seguinte vai falar. Mas antes de você começar a lê-lo, vou avisando que tem uns trechos meio cabeludos.

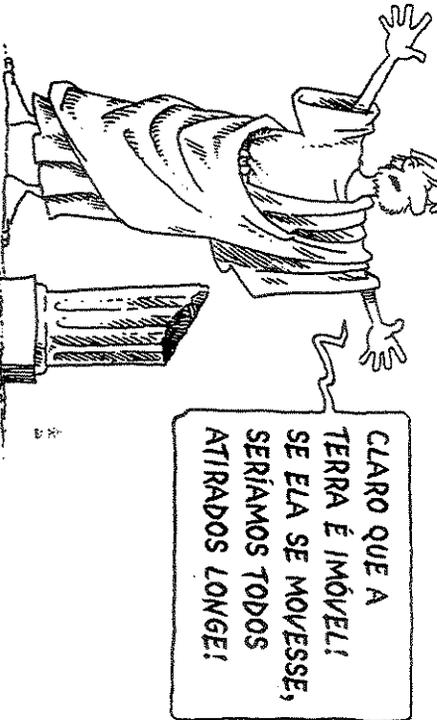


## ARISTÓTELES E ALGUNS OUTROS CARAS

Aristóteles foi um filósofo e cientista grego que viveu de 384 a 322 a. C. Estudou astronomia, ciências naturais, ética e lógica, e, como já vimos, tinha até idéias próprias sobre alquimia. Uma das principais conclusões a que ele chegou foi a seguinte:

*A Terra é o centro do Universo, e o Sol e todo o resto se movem em torno dela.*

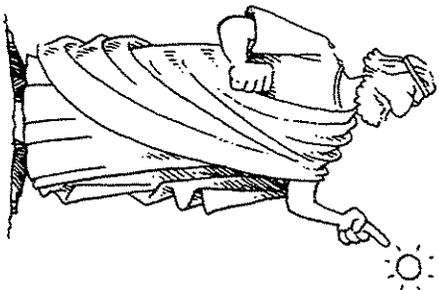
Aristóteles tinha um argumento mais que convincente para sustentá-la:



CLARO QUE A  
TERRA É IMÓVEL!  
SE ELA SE MOVESSE,  
SERIAMOS TODOS  
ATIRADOS LONGE!

## Aristarco

Por mais inteligente que a gente seja, sempre tem alguém que não acredita na gente. Um grego chamado



Aristarco, que viveu uns cem anos depois de Aristóteles, era partidário do sistema "heliocêntrico" — acreditava que o Sol estava no centro do Universo e que tudo, inclusive a Terra, girava em torno do Sol (*hélío* em grego é "sol", e *cêntrico* significa "no centro") —, mas ninguém o levava a sério. Acima de tudo, a idéia de que a Terra era o centro de tudo agradava aos religiosos. Essa gente era poderosa demais, e quem pensasse diferente deles tinha de ficar de bico calado se não quisesse encrenca.

Na época do Isaac, cerca de 2 mil anos mais tarde, Cambridge ainda era antiquada e presa às idéias de Aristóteles, mas nos outros lugares da Europa elas começavam a ser vistas com desconfiança cada vez maior. Para saber por quê, voltemos ao tempo dos gregos antigos...

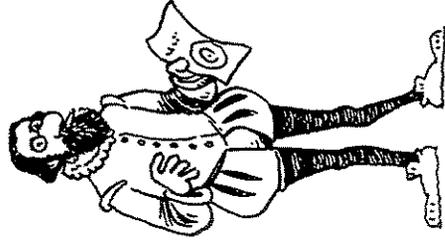


QUASE TODAS AS  
ESTRELAS FICAM  
SEMPRE NO  
MESMO LUGAR...

MAS ALGUMAS SE  
MOVEM, VAMOS  
CHAMÁ-LAS DE  
"PLANETAS"...

## Johannes Kepler e Tycho Brahe

No fim do século XVI, cerca de cinquenta anos antes do nascimento do Isaac, um exemplar do livro de Copérnico chegou às mãos do astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), que era muito inteligente apesar de ter vários probleminhas pessoais (tinha péssima vista, vermes, botões na pele e hemorróidas; sua primeira mulher e seus filhos morreram, e, mais tarde, ele dedicou boa parte da vida a evitar que sua mãe fosse quicada como feitiçeira).



Kepler foi convidado a trabalhar com o rico astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), que tinha uma ilha equipada com os melhores instrumentos disponíveis para observar o céu. (Tycho também tinha uma prisão em sua ilha, um anão vidente e um nariz feito de ouro e cera, porque seu nariz verdadeiro fora arrancado numa briga.)



Kepler se interessava por todo tipo de coisa, por exemplo:

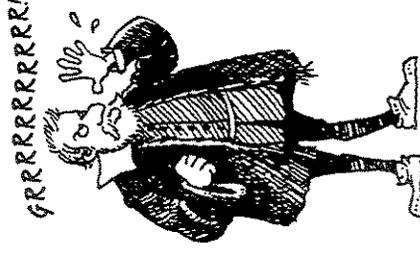
- descobriu como os olhos funcionam e por que precisamos de dois olhos para avaliar distâncias;
- mostrou como deviam ser feitos bons óculos e telescópios, e
- inventou métodos para calcular a distância das estrelas.

No entanto, do ponto de vista do Isaac, o principal feito de Kepler foram suas três leis sobre o movimento planetário, de que voltaremos a falar mais adiante.

## Galileu

Tem mais dois caras que precisamos conhecer antes de voltar ao Isaac. Um deles é o italiano Galileu Galilei (1564-1642), mais conhecido por Galileu, para simplificar. O que sabemos sobre ele?

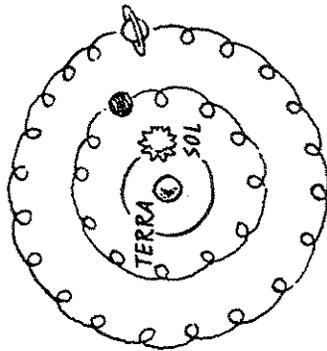
Era grosso, arrogante, gritalhão, teimoso que nem uma mula, louco por uma boa briga, não hesitava em se apropriar das idéias alheias, mas acima de tudo tinha uma inteligência fora do comum. Um livro sobre Galileu seria apaixonante, mas, se você ainda se lembra, este é sobre Isaac Newton, de modo que só vamos recordar duas coisas que o Galileu fez:



- jogando coisas do alto de edifícios, mostrou que a aceleração dos objetos ao cair é constante (veremos daqui a pouco como foi que ele fez);
- proclamou que a idéia de Aristóteles de que a Terra era imóvel estava errada. (Ele tinha razão, mas se desentendeu com o papa por causa disso e acabou sendo forçado a se desdizer.) Disse que podemos afirmar que a Terra se move porque é o movimento dela que faz a maré subir e baixar (no que ele se enganou, e o papa adorou lhe dizer isso).



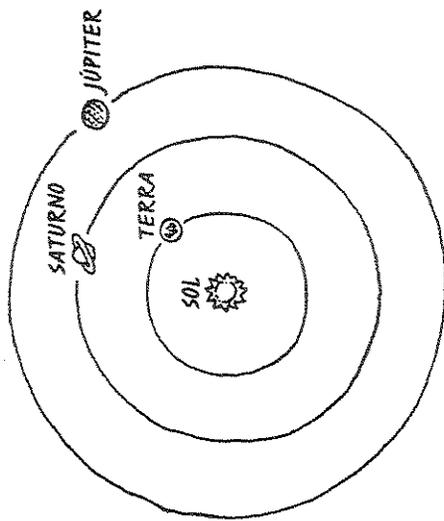
Os antigos acompanhavam o movimento dos planetas com muita atenção, o que não é nada estranho. Se você achasse que havia um deus meio zangado zanzando pelo céu, também ficaria de olho nele, não ficaria? (Além do mais, naquela época não tinha televisão, de modo que observar o céu proporcionava alguma distração às pessoas antes de elas irem para a cama.) Eles desenharam cartas celestes que mostravam a Terra no centro do Universo, e traçaram as trajetórias que o Sol e os planetas pareciam descrever ao se moverem no céu. O resultado foi mais ou menos este:



Para simplificar, a ilustração mostra apenas dois planetas, Júpiter e Saturno. Está vendo como eles parecem se mover fazendo o tempo todo uns cachinhos? É meio esquisito, não acha? (Apesar de até ser uma gracinha.)

## Copérnico

No século XVI, as pessoas começavam a se perguntar por que os planetas se moveriam em trajetórias tão extravagantes. Era muito mais sensato imaginar que eles se moviam de forma mais simples. Foi em 1510 que o monge polonês Copérnico se interessou pelas idéias heliocêntricas de Aristarco e desenhou uma versão do movimento dos planetas com o Sol no centro. Embora ele não estivesse cem por cento certo, sua versão parecia muito mais razoável:



O pobre Copérnico ficou tão chateado ao ver sua versão do espaço deixar todo mundo de cabelo em pé, que a segurou por trinta anos. Quando o livro dele finalmente foi publicado, em 1543, causou todo tipo de problemas, mas pelo menos Copérnico não se enrolou com eles: morreu quase no mesmo instante em que viu o primeiro exemplar.

Se você quiser ter uma pequena idéia de como era Galileu, um dos dedos dele está exposto num museu de Florença. Não é uma graça?



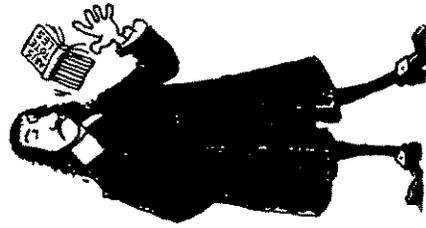
## Descartes

O último cara que precisamos conhecer é René Descartes. Ele viveu de 1596 a 1650 e cutucou o ponto fraco de Aristóteles. A maior parte das idéias de Aristóteles se baseava em maluquices como a de que tudo era produto da terra, do fogo, da água e do ar, tudo “tendia à perfeição” e “buscava seu devido lugar”.

Descartes era muito mais atualizado e disse que a natureza era como uma máquina. Tudo podia ser medido, e havia uma sólida razão mecânica para tudo o que acontecia. E no fim se viu que ele tinha razão: aplausos para o Descartes!

(Descartes tentou encontrar algumas sólidas razões mecânicas para o movimento dos planetas e coisa e tal, mas para azar dele todas se revelaram totalmente erradas: vaias para o Descartes.)

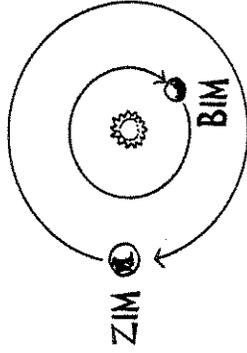
Nem é preciso dizer que Descartes deixou de cabelo em pé todo tipo de gente, que não via onde é que Deus



podia se enquadrar nesse esquema — em meio a essa gente, um grupo de crânios de Cambridge chamados “platônicos”. Isaac dava muita atenção aos platônicos, que incluíam Isaac Barrow (que você voltará a encontrar mais à frente) e Henry More (que você não voltará a encontrar, apesar de, ao que parece, ele ter sido um cara muito legal). Como os outros, o Isaac não estava nada satisfeito com a situação em que Deus ficara, mas percebeu que as idéias básicas de Descartes eram bem melhores que as de Aristóteles. Foi Descartes que, de várias maneiras, fez o Isaac incorporar a matemática a seus estudos filosóficos.

Bom, já chega de Aristóteles e dos outros caras. Está na hora de voltar ao Isaac.

A melhor maneira de entender a terceira lei de Kepler é imaginar dois planetas girando em torno de um Sol imaginário.



Eis como fica a equação baseada na lei:

$$\frac{\left(\text{Tempo da órbita de Bim}\right)^2}{\left(\text{Distância de Bim ao Sol}\right)^3} = \frac{\left(\text{Tempo da órbita de Zim}\right)^2}{\left(\text{Distância de Zim ao Sol}\right)^3}$$

Como você pode ver, o tempo que Bim leva para completar a órbita em torno do Sol é elevado ao quadrado e dividido pelo cubo da distância média; a mesma coisa acontece com Zim. Se você imaginar mais planetas girando em torno do Sol imaginário, pode pôr todos eles na equação: ela só vai ficar muito mais medonha. Argh! Em todo caso, vamos botar uns números e ver se ela não fica mais bonitinha.

Digamos o seguinte:

Bim está a 1 bilhão de quilômetros do Sol, e Zim a 2 bilhões de quilômetros.

Digamos também que Bim leve dez anos para completar sua órbita em torno do Sol.

Graças a Kepler, podemos calcular quanto tempo Zim leva. É só pôr os números conhecidos na horrrosa fórmula aqui em cima. Escrevendo o tempo em anos e a distância em bilhões de quilômetros, teremos:

$$\frac{10^2}{1^3} = \frac{\left(\text{Tempo da órbita de Zim}\right)^2}{2^3}$$

o que dá...

(Tempo da órbita de Zim em torno do Sol)<sup>2</sup> = 800.

Logo, o tempo que Zim leva para descrever sua órbita em torno do Sol é  $\sqrt{800}$  (o que equivale a dizer que precisamos saber que número multiplicado por si mesmo dá 800), o que dá 28,28 anos.

Chega da terceira lei de Kepler! Você vai se sentir aliviado ao saber que não tem mais nenhuma lei de Kepler para encher a nossa paciência. Na verdade, está na hora de darmos tchau para o coitado do Kepler, porque sua vida foi rumando pouco a pouco para um fim tristíssimo. Ele passou suas últimas semanas se arrastando a duras penas de cidade em cidade, tentando receber os salários que lhe deviam, até que não agüentou mais e morreu. Mas sua genialidade foi uma das principais fontes de inspiração do Isaac, e ele será lembrado para sempre por isso.

## Galileu

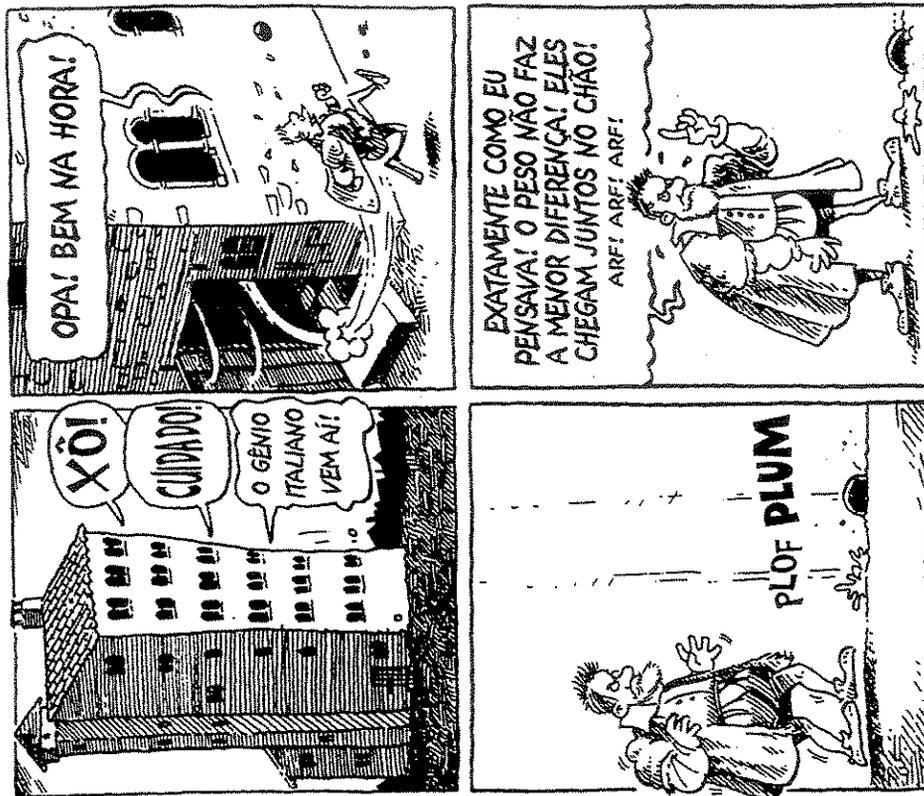
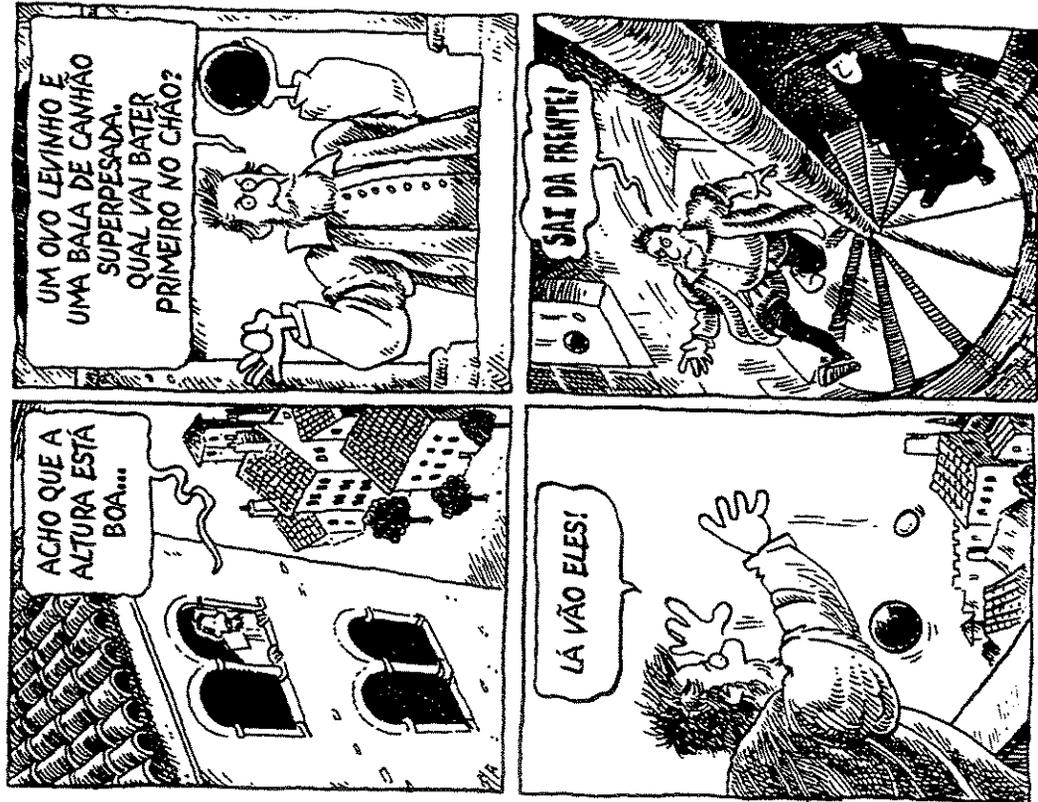
A outra pessoa cujo trabalho influenciou muito o Isaac foi Galileu, que por coincidência morreu no ano em que o Isaac nasceu. Dá o que pensar, não dá? Quem sabe, quando Galileu morreu, um pedacinho do seu espírito não saiu vagando mundo afora até acabar encarnando no recém-nascido Isaac? Isso explicaria de onde veio não só a genialidade do Isaac, como também seu temperamento terrível! Bem, mas vamos aos fatos.

Além de ser uma das primeiras pessoas a sugerir que a Terra girava em torno do Sol, Galileu fez a grande des-

coberta de que um corpo cai com uma velocidade uniformemente acelerada.

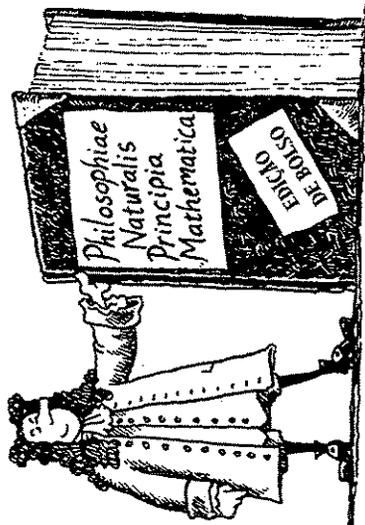
"Ai, não!", você deve estar pensando. "Lá vem mais equação!"

Fique frio. O Philip Reeve vai explicar nos seus simpáticos quadrinhos como Galileu chegou a essa conclusão...



A base da descoberta de Galileu foi essa, e dizem que ele fez a experiência na torre inclinada de Pisa. Pode ser que sim, pode ser que não, mas não deixa de ser uma idéia simpática.

Depois de descobrir que objetos diferentes, ao cair, percorrem a mesma distância no mesmo tempo, Galileu deu mais um passo e observou que, quando você deixa cair alguma coisa, a velocidade da coisa aumenta à medida que ela cai.



## O LIVRO DA CIÊNCIA

Isaac trabalhou firme em seu grande livro durante um ano e meio. A maior parte do tempo, ficou trancado em seus aposentos, e sua única companhia era o Humphrey, que meticulosamente punha o livro no papel, palavra por palavra.

Nos primeiros meses, Newton mandava bilhetes para John Flamsteed, o astrônomo real, que cobravam do coitado a determinação mais exata possível da posição dos planetas. Flamsteed fazia das tripas coração, apesar de nunca ter conseguido entender por que o Isaac era tão exigente. Como todo mundo, ele achava que as órbitas dos planetas eram determinadas pela gravidade do Sol e ponto final. Não podia imaginar que o Isaac começara a desconfiar que cada planeta tinha sua própria gravidade e afetava um pouco a trajetória dos outros.

Finalmente, no verão de 1686, a *Philosophiae naturalis principia mathematica* ficou pronta. Isaac sabia que a obra seria um tremendo clássico, por isso teve o maior cuidado em lhe dar tal aparência.

## Como escrever um tremendo clássico do século XVII

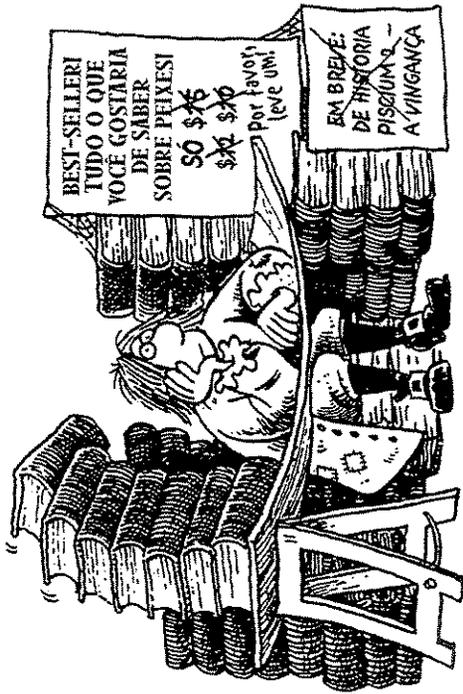
- Escrever em latim. Desse modo qualquer acadêmico do mundo poderá lê-lo. Isso também significa que os camponeses ignorantes não entenderão pataquina, o que evitará que façam perguntas idiotas sobre ele.
- Não usar cálculo diferencial ou integral. Afinal, você ainda está tentando manter seu novo método matemático em segredo. Em vez disso, todas as suas provas e raciocínios devem se basear na antiga matemática grega, o que complica muito as coisas, mas ao menos todo mundo está acostumado com ela há milênios.
- Dar a ele um título extravagante, que significa "Princípios matemáticos da filosofia natural".
- Não deixar Robert Hooke vê-lo.

Com toda a certeza, o Isaac seguiu à risca os três primeiros pontos, mas, como já veremos, se enrolou no último.

Quando Isaac terminou de escrever sua grande obra (os *Principia*, como costumava ser chamada), ela acabou sendo não um livro, mas três. O primeiro era basicamente o *De motu* retrabalhado, que teve uma cópia manuscrita apresentada em abril de 1686 à Royal Society. Edmund Halley se encarregou de cuidar da obra, no que fez muito bem, porque não fosse ele, o livro nunca teria sido publicado. Halley abandonou seu trabalho para incentivar Isaac a reler o que este havia escrito. Pagou todas as despesas e também teve de enfrentar dois grandes problemas.

## Os problemas editoriais de Halley

O primeiro problema é que publicar livros custa um dinheirão, e é sempre uma incógnita se um livro vai dar retorno ou não. (Por falar nisso, se você comprou este livro com seu dinheirinho, é o momento adequado para lhe agradecer. Muito obrigado.) A sociedade tinha acabado de financiar a publicação de um calhamaço chamado *De historia piscium*, do qual vendeu pouquíssimos exemplares. O que não dá para entender: como é que ninguém compra um livro com o título instigante de *A história dos peixes*? Você não apostaria que iria ser o maior best-seller? Pois é, o mercado editorial é assim mesmo.



Em todo caso, os membros da sociedade andavam hesitando em investir o resto do seu capital em outro livro, de modo que Edmund Halley precisou de muita saliva — para não dizer de um bom punhado do dinheiro dele — para convencê-los a publicar a obra de Isaac. Devese lembrar que, quando saíram, os *Principia* também não venderam muito, mas acabaram virando leitura obrigatória no mundo todo.

O outro problema que o Halley teve de enfrentar foi uma reclamação furiosa.



Está bem, sr. Hooke, vamos tentar ser justos. Alguns anos atrás, o senhor tinha escrito o seu *Discurso sobre a natureza dos cometas*, e é verdade que disse ali que todos os planetas e o Sol tinham sua gravidade própria, e citou a lei do inverso do quadrado, MAS suas explicações eram frágeis e se baseavam no “éter”, que não existe. O caso é que o Isaac descobriu a lei do inverso do quadrado séculos antes do senhor, embora a tenha guardado em segredo. Além do mais, o senhor apenas faz suposições e não consegue provar coisa alguma.

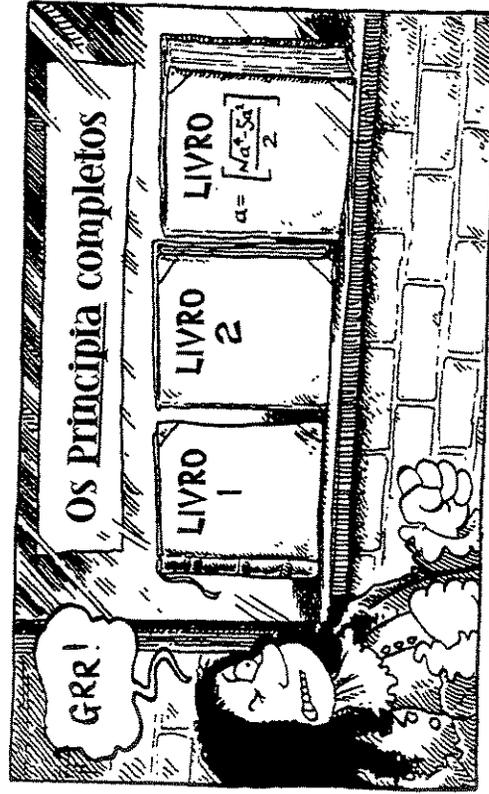


Ah, sim, claro que poderia.



Ainda em 1686, Isaac concluiu seu segundo livro, mas quando já ia terminando o terceiro, ouviu dizer que o Hooke continuava a falar mal dele para todo mundo nos cafés de Londres. Para grande desapontamento de Halley, Isaac se recusou a entregar o terceiro livro.

Halley acabou pedindo a Christopher Wren que conversasse o Isaac de que a única coisa que o Hooke estava fazendo era ficar mais contestável e ridículo que nunca. Isaac mudou de idéia, mas antes de entregar o terceiro livro, reescreveu-o. Ele havia tentado tornar a versão original mais fácil de acompanhar, mas agora a editava de tal modo, que só quem tinha lido os dois primeiros livros poderia entender o terceiro. Também complicou o mais que pôde a matemática do livro, só para ter certeza de que o Hooke não conseguiria acompanhá-la ou, pior ainda, proclamar que ela era de sua autoria.



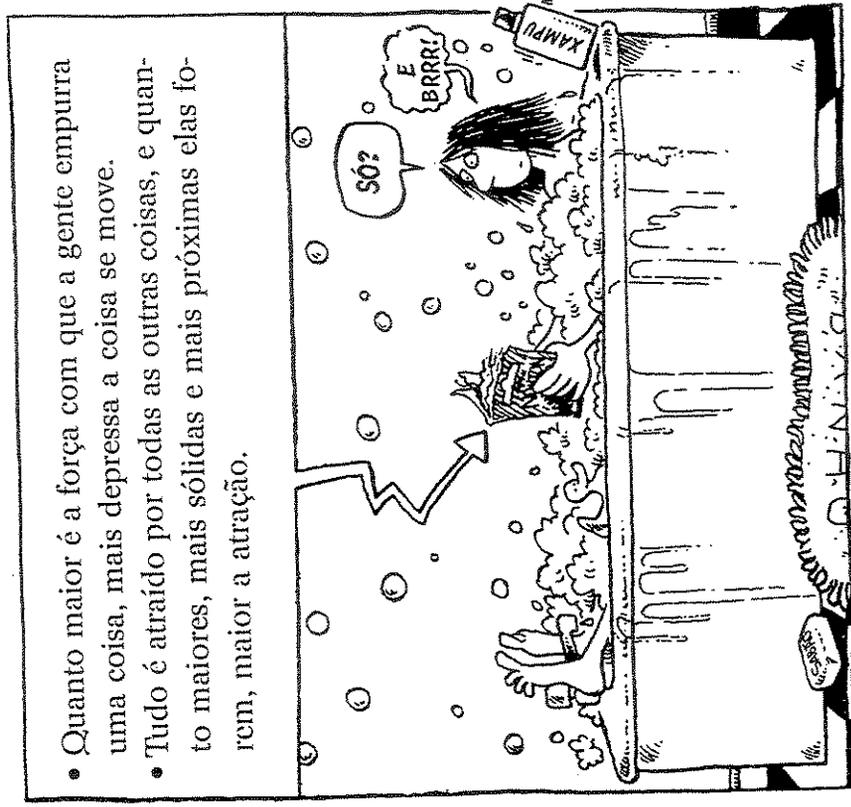
**Afinal, de que tratavam os *Principia*?**

De forças.

Simplem, não é?

Na verdade, os *Principia* tinham 550 páginas, de modo que traziam mais alguns pequenos detalhes além disso, mas se você está lendo este livro na banheira e a água está começando a esfriar, eis as duas coisas principais que o livrão do Isaac diz:

- Quanto maior é a força com que a gente empurra uma coisa, mais depressa a coisa se move.
- Tudo é atraído por todas as outras coisas, e quanto maiores, mais sólidas e mais próximas elas forem, maior a atração.



Neste ponto, se quiser, você pode sair do banho e esvaziar a banheira. Quando voltar a este livro, pode até trapacear e recomeçar da página 158, mas se fizer isso, vai perder os geniais trechos técnicos com que nós outros vamos nos divertir a partir de agora. Azar o seu.

## Os trechos técnicos — em forma agradável e simples

As idéias de força, gravidade e peso são bastante simples para nós atualmente, mas antes de Isaac introduzi-las, o mundo estava acostumado somente ao “éter” e às “coisas em seus devidos lugares”. Isaac não só forneceu essas curiosas idéias novas, como também mostrou que se podia medir e calcular tudo, em vez de apenas dizer vagamente que “as coisas acontecem”.

As partes mais úteis dos *Principia* ainda são usadas por engenheiros e físicos a cada dia que passa. São elas:

### AS LEIS NEWTONIANAS DO MOVIMENTO

*Primeira Lei de Newton: Todas as coisas permanecem em repouso ou se movem em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas.*

Bem, a primeira parte da lei é simplíssima. Tudo o que não está se movendo só vai se mover se alguma coisa lhe der um empurrão. Fácil.

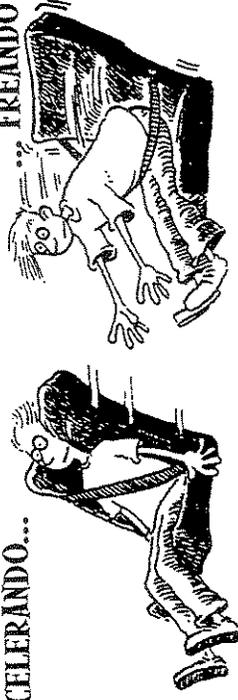
A segunda parte é mais interessante. Diz que todas as coisas que estão em movimento continuarão se movendo para sempre em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas. Imagine que você esteja já num carro, numa velocidade constante, numa estrada reta e plana. Se você fechar os olhos e tapar os ouvidos, não será capaz de dizer em que velocidade está se movendo — pode ser até que nem saiba se está parado ou não. Isso porque não há nenhuma força agindo sobre você e você pode ficar confortavelmente sentado no seu banco.

Se de repente o carro acelerar, você vai perceber, porque se sentirá empurrado para trás no seu banco pela força que vai agir sobre você. Claro, depois que o carro alcançar a velocidade mais rápida e parar de acelerar, você não sentirá mais essa força.

Se o carro frear de repente, a velocidade rapidamente diminuirá e você vai se sentir lançado para a frente. É por isso que você deve usar o cinto de segurança: ele proporciona a força necessária para reduzir sua velocidade.

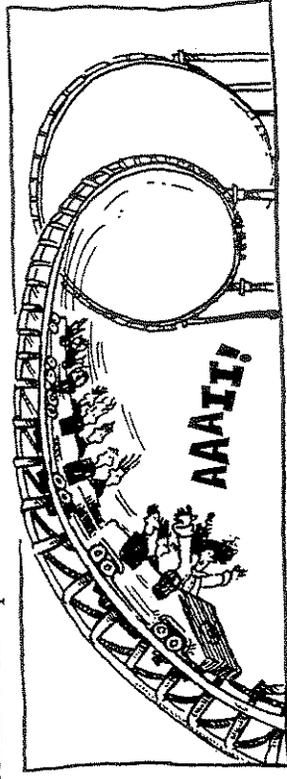
**ACELERANDO...**

**FREANDO**



Se o carro fizer curvas, você também vai sentir, porque será jogado para um lado ou outro pelas forças que vão agir então.

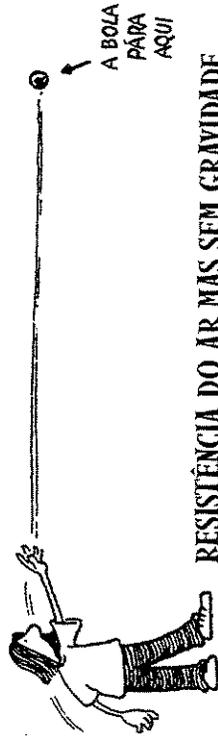
Se você for a uma dessas montanhas-russas que fazem *loops*, ela vai acelerar você, desacelerar você, empurrar você não só para o lado mas também verticalmente, quando você virar de cabeça para baixo no *loop*. Quer dizer, você vai sentir uma porção de forças, que provêm das mais diferentes direções, agindo sobre você, e é isso que torna o brinquedo tão excitante!



Recapitulando: quando se acelera, se desacelera ou se faz uma curva, sempre tem uma força agindo. É essa a Primeira Lei de Newton.

Tem outra idéia mais interessante ligada a ela:

Se a gente atirar uma bola para a frente, duas forças estarão agindo sobre ela enquanto ela se afasta. A resistência do ar reduz gradativamente a velocidade da bola, e, ao mesmo tempo, a gravidade puxa a bola para o chão.



**RESISTÊNCIA DO AR MAS SEM GRAVIDADE**



Não fossem essas forças, a bola voaria em linha reta sem parar até o fim do Universo!



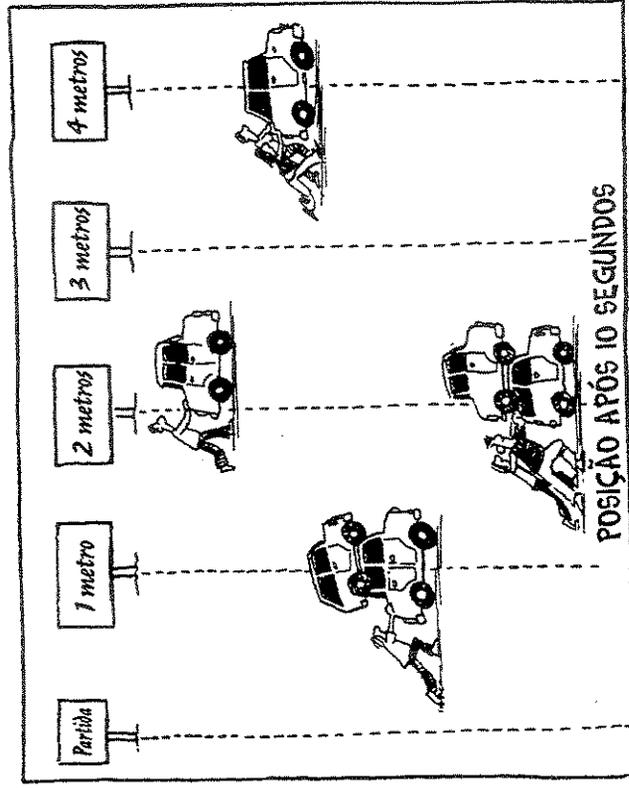
**SEM RESISTÊNCIA DO AR E SEM GRAVIDADE**

Essa é boa, hein?

**Segunda Lei de Newton: A mudança de movimento depende da intensidade da força.**

Já tentou empurrar sozinho um carro? No começo, para movê-lo, você tem de empurrar com muita força. Isso porque o carro está ganhando velocidade, em outras palavras, está acelerando — o que consome força. Quando o carro atingir a velocidade que você deseja, você já não precisará empurrar com tanta força para que ele continue andando. (Quando o carro estiver andando rápido o suficiente, você só precisará fazer força para empurrar o ar para fora do caminho e superar o atrito das rodas.)

Se você dispuser de alguém para ajudá-lo, o carro vai receber o dobro de força — e você vai ver que ele ganhará velocidade duas vezes mais rápido. Já se você empurrar dois carros, eles só vão ganhar a metade da velocidade.



Essa lei tem uma fórmula que provavelmente é a fórmula mais importante da física:

**Força = Massa × Aceleração**  
ou **F = MA**, para abreviar

Claro que não fica nada claro escrever uma coisa como "força igual a massa vezes aceleração" sem explicá-la, por isso na primeira parte dos *Principia* Isaac tomou o cuidado de dizer com exatidão o que cada palavra significa. Vamos descobrir:

### ACELERAÇÃO

Já vimos o que é aceleração quando falamos do Galileu. Se tiver preguiça de procurar a página: significa com que rapidez sua velocidade está mudando. Imagine que você esteja indo a um metro por segundo, um segundo depois a dois metros por segundo, um segundo depois a três metros por segundo... A sua velocidade estará aumentando um metro por segundo a cada segundo ou, como se costuma dizer — muito confusamente, convenhamos —, um metro por segundo por segundo. Você pode escrever assim:  $1 \text{ ms}^{-2}$ , o que só complica um pouco mais as coisas, de modo que vamos em frente...

### MASSA (e como perder peso facilmente!)

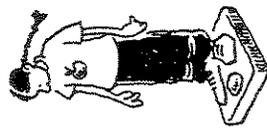
Hoje em dia, a massa é medida em quilogramas. Ela depende do volume e da densidade do objeto, ou, em palavras mais simples, do tamanho e da consistência dele.

Imagine que você tenha um tijolo e uma esponja do mesmo tamanho. O tijolo vai ter muito mais massa, porque é mais denso. Claro, se sua esponja fosse mil vezes

*de 1 kg 500 g*

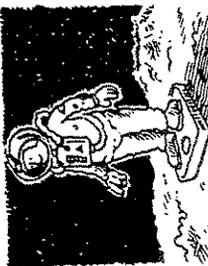
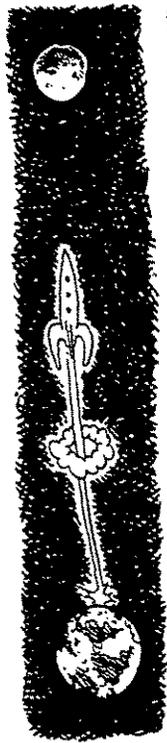
maior que o tijolo, seria mais pesada, porque você teria muito mais esponja.

O esquisito é que massa *não* é a mesma coisa que peso. Você pode verificar isso pessoalmente: basta ter uma balança e um foguete espacial. Faça o seguinte:



- 1 Suba na balança e veja qual o seu peso — por exemplo, 50 kg.

- 2 Pegue sua balança, entre no foguete e voe até a Lua.



- 3 Quando descer na Lua, suba de novo na balança. Você vai ver que seu peso é mais ou menos 8 kg. *Nossa!*

- 4 Volte para casa no foguete, mas enquanto estiver no espaço, experimente subir na balança. Ai vai ser moleza, porque você estará flutuando e, claro, seu peso será zero!



O que aconteceu? Por que seu peso diminuiu? Será que alguém tirou tudo o que existe dentro do seu corpo?

Claro que não. O que é difícil de entender é que o peso é uma força. Quando você sobe numa balança, na verdade ela não mede sua massa, mas a força dos seus pés empurrando para baixo. Essa força vem da gravidade da Terra, que puxa sua massa para o chão. Na Lua, tem muito menos gravidade puxando sua massa para baixo, por isso a balança mostra uma força menor. No espaço sideral, quase não tem gravidade nenhuma, portanto a balança não mostra nenhuma força — em outras palavras, você não tem peso! No entanto, sua MASSA é a mesma: você continua com 50 kg.

Como as balanças caseiras medem uma força, e não a massa, elas não deviam marcar quilogramas, mas unidades de força. Ei, que negócio é esse de medir força? Vamos ver...

## FORÇA

Antes de Isaac explicar o que é força, ninguém sabia direito o que era, mas hoje em dia sabemos perfeitamente.

Imagine que você tenha uma peça de metal com uma massa de 1 kg flutuando no espaço. Agora imagine que você dê um empurrão nela acelerando-a um metro por segundo a cada segundo. Sabe quanta força você precisará aplicar? A resposta é... um newton.

Pois é, quando inventaram as unidades métricas, em homenagem a Newton deram seu nome às unidades de força. Assim, para ser precisa, a sua balança caseira deveria marcar newtons. Quer dizer que um newton é a mesma coisa que o peso de 1 kg? Infelizmente, não...

Voltemos a **Força = Massa × Aceleração**.

Galileu mostrou que um objeto ao cair tem uma aceleração constante, que na Terra é cerca de dez metros por segundo por segundo. (Na Lua, é apenas 1,6 metro por segundo por segundo.) Assim, se na equação pusermos a aceleração igual a 10, podemos calcular a força de um objeto caindo na Terra:

$$\text{Força} = \text{Massa} \times 10$$

Assim, se sua massa é 50 kg, e se você cair de um edifício, a força que puxa você para a Terra será:

$$\text{Força} = 50 \times 10, \text{ o que dá } 500 \text{ newtons}$$



Como a aceleração é constante, a força é sempre a mesma, não importando a velocidade com que você cai. Mesmo se você estiver caindo com uma velocidade zero (isto é, se não estiver caindo, mas estiver em cima da banheira no seu banheiro), a força que puxa você para o chão continua sendo de quinhentos newtons.

As balanças caseiras deveriam ter suas escalas em newtons, e não em quilogramas. Mas parece que os fabricantes de balanças caseiras consideram que você só vai usá-las na Terra, por isso eles marcam suas escalas em quilogramas.

No começo deste livro, eu disse que você descobriria por que newtons demais matariam você — pois bem, se um elefante que pesa duas toneladas sentar sobre você, ele vai empurrá-lo para baixo com uma força de 20 mil newtons. Dureza!



**Anexo II:** perguntas feitas aos alunos antes do início da atividade.

Por favor, responda as seguintes questões:

1. Nome: \_\_\_\_\_  
Idade: \_\_\_\_\_
2. Quais as aulas de sua preferência?
3. Depois do Ensino Médio, você pretende continuar seus estudos? Que curso?
4. Você já ouviu falar de Newton? Onde? O que você sabe sobre ele?