

Este arquivo contém o texto completo do seguinte trabalho:

MARTINS, Roberto de Andrade. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. [Newton's apple: history, myth, foolishness]. Pp. 167-189, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

Este arquivo foi copiado da biblioteca eletrônica do *Grupo de História e Teoria da Ciência* <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>> da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), do seguinte endereço eletrônico (URL):

<<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-117.pdf>>

Esta cópia eletrônica do trabalho acima mencionado está sendo fornecida para uso individual, para fins de pesquisa. É proibida a reprodução e fornecimento de cópias a outras pessoas. Os direitos autorais permanecem sob propriedade dos autores e das editoras das publicações originais.

This file contains the full text of the following paper:

MARTINS, Roberto de Andrade. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. [Newton's apple: history, myth, foolishness]. Pp. 167-189, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

This file was downloaded from the electronic library of the *Group of History and Theory of Science* <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>> of the State University of Campinas (UNICAMP), Brazil, from the following electronic address (URL):

<<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-117.pdf>>

This electronic copy of the aforementioned work is hereby provided for exclusive individual research use. The reproduction and forwarding of copies to third parties is hereby forbidden. Copyright of this work belongs to the authors and publishers of the original publication.

IX

A MAÇÃ DE NEWTON: HISTÓRIA, LENDAS E TOLICES

Roberto de Andrade Martins

Introdução

O episódio da queda da maçã, que teria desencadeado os estudos de Newton sobre a gravitação, aparece com grande frequência no ensino. A anedota da maçã é relatada por quase todos os professores de física e foi incorporada à cultura científica contemporânea. Ela aparece em grande número de textos didáticos ou de divulgação científica.

Esse acontecimento teria ocorrido durante a juventude de Isaac Newton (1642–1727). Ele iniciou seus estudos no *Trinity College*, em Cambridge, em 1661. Quatro anos depois obteve o título de “bacharel em artes” e permaneceu em Cambridge, para prosseguir seus estudos. No entanto, no outono de 1665 a Grande Praga atingiu a Inglaterra. A Universidade foi fechada, os alunos se dispersaram e Newton abandonou a cidade, retornando à propriedade rural de Woolsthorpe, onde havia nascido e onde a avó o havia criado. Lá passou quase todo o tempo (18 meses), até a primavera de 1667, quando a peste havia desaparecido e foi possível retornar a Cambridge.

Foi nos dois “anos maravilhosos”, de 1665 a 1667, que Newton iniciou alguns dos trabalhos científicos mais relevantes de sua vida como o “binômio de Newton” e desenvolveu importantes idéias sobre a gravidade. A anedota sobre a maçã de Newton se refere exatamente ao tempo em que ele passou na fazenda de Woolsthorpe – mais exatamente, ao ano de 1666. Há várias versões antigas desse suposto acontecimento, que serão descritas mais abaixo. Antes, porém, vamos nos deter um pouco na descrição comum, “didática”.

Introduzir anedotas como esta, no ensino, parece ser uma atitude extremamente comum por parte dos professores, provavelmente para aumentar a motivação ou o



Figura 1 Uma caricatura denominada “Descoberta da lei da gravitação por Isaac Newton”, de autoria de John Leech, publicada em meados do século XIX (reproduzido de FARA, 1999). O desenho mostra o seu cão Diamond, que certa vez derrubou uma vela acesa sobre manuscritos do dono, que foram destruídos; e o cachimbo, que Newton fumava freqüentemente, quando adulto.

interesse dos estudantes. Um manual britânico para treinamento de professores de ciência introduz o episódio da maçã da seguinte forma:

“Um dia Newton estava sentado sob uma macieira em um jardim. Ele viu uma maçã caindo de uma árvore. Veio à sua mente um pensamento de que devia haver alguma razão para a maçã cair no chão e não ir para cima. Assim ele chegou à conclusão de que existe uma força exercida pela TERRA que puxa (atrai) todos os objetos para baixo em sua direção. Depois ele deu a essa força o nome de força da gravidade.”

(Commonwealth Secretariat 1996, p. 26.)

Um outro manual destinado a treinar professores norte-americanos para um teste governamental introduz o episódio da seguinte forma:

“Quando se larga uma pedra, a gravidade causa a sua queda para baixo. Essa ação sobre o movimento é descrita como movimento gravitacional. Se não houvesse ação gravitacional, o movimento seria chamado de queda livre. O tempo que o objeto leva pra cair do início da queda até o ponto de repouso é chamado de tempo decorrido. O conceito de efeito da gravidade deve-se a Isaac Newton depois que ele foi atingido na cabeça por uma maçã que caiu de uma árvore abaixo da qual ele estava sentado.”

(Research & Education Association 2003, p. 342.)

Como terceiro exemplo, um texto educacional norte-americano descreve o episódio com grande riqueza de detalhes:

“Newton tinha estado pensando sobre magnetismo. Em 1600, alguém descreveu como a atração entre dois pedaços de metal podia ser tornada mais forte. Newton pensou, “Deve haver uma conexão entre ímãs e a ordem do universo. A Terra circula em torno do Sol. A Lua circula em torno da Terra. Certamente a Terra é atraída pelo Sol e a Lua pela Terra! De outro modo, eles não voariam embora pelo espaço?” Newton também pensou sobre a bússola. Ela era usada por navegadores desde o século XII. Newton conjecturou, “Seria a Terra um grande ímã?”

A lenda diz que em um belo dia ensolarado Newton estava relaxando sob uma macieira. Pássaros canoros gorjeavam em suas orelhas. Abelhas estavam zumbindo nos campos com flores. Havia uma brisa muito gentil. Newton estava muito relaxado. Ele cochilou por alguns minutos. De repente, uma maçã caiu sobre a cabeça de Newton. Ele acordou com um susto. Olhou para cima. “Com certeza um pássaro ou esquilo derrubou a maçã da árvore”. Mas não havia pássaros ou esquilos na árvore ou por perto. A brisa ainda era fraca. Ela não poderia ter feito a maçã cair. Então uma idéia brilhou em sua mente. Ele esqueceu da dor causada pela batida da maçã. Ele pensou, “Apenas alguns minutos antes, a maçã estava pendurada na árvore. Agora ela está no chão. Nenhuma força externa fez ela cair. Deve haver alguma força subjacente que causa a queda das coisas para a terra. Assim como os ímãs são atraídos uns para os outros, tudo cai para a terra. Toda massa é atraída para a terra.”

A partir dessa experiência e idéia, Newton formulou sua teoria da atração das massas. A teoria explicava tanto a queda da maçã quanto o movimento das estrelas e dos planetas. A maçã caiu na terra porque sua massa foi atraída pela massa da terra. Newton chamou essa força de gravidade. A gravidade afeta todos os corpos celestes. Por exemplo, a terra não voa para fora no espaço mas segue uma órbita em torno do Sol por causa da gravidade do Sol.”

(The English Enlightenment, pp. 1–3.)

Provavelmente você já ouviu descrições semelhantes a essas e talvez também valorize o uso da história da ciência no ensino como um instrumento de motivação e para tornar as aulas mais interessantes. Se você é um professor de física ou de ciências, já pode ter até mesmo ter apresentado essa anedota em suas aulas, de uma forma semelhante às que estão citadas acima.

Bem, a má notícia é que essas descrições acima citadas estão totalmente erradas, sob vários aspectos. E as versões que você já ouviu (e que pode ter repetido) estão também, provavelmente, repletas de erros.

Este trabalho vai analisar até que ponto a anedota da maçã de Newton tem um fundamento histórico e também qual o efeito pedagógico de contar aos estudantes uma descrição falsa, como as citadas acima. Vamos também esclarecer em que consistiram, essencialmente, as primeiras idéias de trabalho de Newton sobre gravitação.

A palavra “gravidade”

Primeiramente analisemos os três exemplos apresentados acima. O primeiro deles, bastante curto, descreve que Newton “viu uma maçã caindo de uma árvore.” Não fala sobre a maçã cair na cabeça de Newton, nem entra em outros detalhes que às vezes encontramos nas descrições da anedota. O texto enfatiza aquilo que Newton teria pensado: “Veio à sua mente um pensamento de que devia haver alguma razão para a maçã cair no chão e não ir para cima. Assim ele chegou à conclusão de que existe uma força exercida pela TERRA que puxa (atrai) todos os objetos para baixo em sua direção. Depois ele deu a essa força o nome de força da gravidade.”

De acordo com esse texto, parece que ninguém antes de Newton havia se perguntado por qual motivo as coisas caem em vez de subir; e que ver a maçã caindo despertou em Newton esse questionamento. Então, Newton teria concluído que há uma força produzida pela Terra que puxa todos os corpos para baixo, e deu-lhe o nome de gravidade.

Acontece, porém, que muitas pessoas – desde a Antigüidade – já haviam pensado a respeito da queda dos corpos; e que já se falava sobre “gravidade” mais de mil anos antes de Newton. Já se descrevia a queda dos corpos, desde tempos imemoriais, utilizando-se palavras equivalentes a “gravidade”, em vários idiomas. Em latim, essa palavra é escrita como “gravitâs”. Foi dessa palavra latina que saíram as palavras correspondentes em português, francês, inglês e outros idiomas europeus modernos. A palavra não foi inventada por Newton. É muito mais antiga.

Todos os textos que afirmam que Newton inventou a palavra “gravidade”¹ estão completamente errados.

De acordo com várias pesquisas, as palavras correspondentes a “gravidade”, de todos os idiomas, se originaram do termo indo-europeu **gwer* que significa, simplesmente, “pesado”, e do qual saíram *baros* em grego e *gravis* em latim (Watkins 1975, p. 1519).

Assim, a palavra gravidade significava originalmente apenas a propriedade dos corpos pesados (também chamados de “graves”), ou seja, aquilo que faz com que eles caiam ou empurrem para baixo. Ninguém pensava, na Antiguidade, que a gravidade fosse um efeito produzido pela Terra atraindo os corpos. A palavra “gravidade” não transportava consigo uma *interpretação* ou *explicação* da queda dos corpos.

Galileo, muito antes do nascimento de Newton, referia-se à gravidade e aos “graves” (os corpos pesados) e sabia perfeitamente que a palavra gravidade era um nome e não uma explicação. No *Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo, o Ptolomaico e o Copernicano*, de 1632, Galileo faz com que os personagens Salviati e Simplicio desse livro dialoguem sobre tal questão. Ao discutir a causa que produz o movimento de diversos corpos, Salviati questiona: “Eu gostaria que me dissesse o que move as partes da Terra para baixo”. Simplicio responde: “A causa desse efeito é bem conhecida, e todos sabem que é a gravidade”. Salviati retruca que “todos sabiam o nome mas não a essência dessa coisa” (Galilei 1970, pp. 302–3).

Portanto, as pessoas bem informadas (como Galileo) já sabiam, antes de Newton, que se utilizava a palavra “gravidade” para descrever um fenômeno (a queda dos corpos pesados ou graves) e que essa palavra não representava uma *explicação* da queda.

No século XVII, dizer que os corpos pesados (“graves”) caem *por causa da gravidade* seria como dizer que a aspereza é a causa pela qual certos corpos são ásperos.

Voltemos ao segundo texto citado na Introdução deste artigo. Ele começava afirmando: “Quando se larga uma pedra, a gravidade causa a sua queda para baixo. Essa ação sobre o movimento é descrita como movimento gravitacional.” Aparece aqui a idéia errônea de que a gravidade seria a *causa* da queda das pedras. É muito curioso que, logo depois o texto afirma: “Se não houvesse ação gravitacional, o movimento seria chamado de queda livre.” Não, isso não foi um erro de tradução,

¹ O terceiro texto acima citado, por exemplo, afirma que “Newton chamou essa força de *gravidade*”.

está no original: “If there were no gravitational action, the motion would be called free fall”. Quem escreveu esse texto parece imaginar que há dois tipos de movimento de queda: a queda com gravidade (movimento gravitacional) e a queda sem gravidade (queda livre). Que eu saiba, ninguém, em toda a história da física, havia proposto essa idéia ridícula! Chamamos de “queda livre” o movimento de queda *sem resistência do ar ou de outros tipos* – e não o movimento sem gravidade, que não seria chamado de “queda”.

Newton explicou a gravidade?

De acordo com o que foi explicado acima, Newton não descobriu a gravidade (já se sabia que ela existia desde a Antigüidade). Além disso, Galileo enfatizou que todos vemos milhares de vezes os objetos caindo e por isso nos familiarizamos com essa idéia.

Após essa primeira “revelação”, alguns leitores podem ficar confusos. Então, já se conhecia a gravidade muito antes de Newton? Se isso é verdade, o que a queda de uma maçã poderia trazer de novo? E o que Newton poderia ter descoberto, se não descobriu a gravidade? Teria ele descoberto a causa da gravidade?

Isso é o que aparece em muitas descrições do episódio da maçã. Afirma-se que Newton percebeu que a Terra puxa ou atrai todos os corpos para baixo, em sua direção. O terceiro texto citado na Introdução deste artigo afirmava que Newton havia pensado:

“Apenas alguns minutos antes, a maçã estava pendurada na árvore. Agora ela está no chão. Nenhuma força externa fez ela cair. Deve haver alguma força subjacente que causa a queda das coisas para a terra. Assim como os ímãs são atraídos uns para os outros, tudo cai para a terra. Toda massa é atraída para a terra.”

Para nós, que fomos educados dentro da concepção de que a Terra atrai as pedras e outros corpos pesados, essa idéia pode parecer não apenas correta como também óbvia. E somos levados a pensar que *alguém* descobriu isso. Quem seria? Deve ter sido Newton ... E então, é natural que sejamos levados a pensar que ele percebeu isso de alguma maneira. Como não sabemos exatamente como isso poderia ser comprovado cientificamente (uma falha de nosso ensino, que é essencialmente dogmático), fantasiamos que Newton “percebeu” isso vendo a maçã cair!

Mas como Newton poderia perceber isso? Não existe nada *visível* que puxe os corpos para a Terra.

Sob o ponto de vista histórico, levando em conta tudo o que já se pesquisou a respeito de Newton, sabemos que ele *não* pensou que a Terra atraísse diretamente os corpos pesados. Ele procurou, sim, entender a gravidade, mas sem utilizar a idéia de uma força que agisse diretamente entre a Terra e os objetos². Há várias declarações extremamente claras de Newton a esse respeito, como por exemplo:

“[...] Que a gravidade possa ser inata, inerente e essencial à matéria, de modo que um corpo possa atuar sobre um outro à distância no vácuo sem a mediação de qualquer outra coisa pela qual sua ação e força possa ser transportada de um para outro, é para mim um absurdo tão grande que eu acredito que nenhuma pessoa que tenha uma faculdade competente de pensamento em assuntos filosóficos possa jamais cair nele. A gravidade deve ser causada por um agente que atua constantemente de acordo com certas leis, mas se esse agente é material ou imaterial, eu deixei à consideração de meus leitores.”

(Carta de Newton a Bentley, 25 de fevereiro de 1693, reproduzida em Newton 1959–1977, vol. 3, p. 253–4.)

O que Newton pensava na época em que, supostamente, ele viu a maçã cair (ou quando a maçã caiu sobre sua cabeça)?

O terceiro texto citado na Introdução deste artigo sugere que Newton estava pensando sobre o magnetismo e que comparou a gravidade a uma força magnética entre a Terra e os corpos pesados: “Assim como os ímãs são atraídos uns para os outros, tudo cai para a terra. Toda massa é atraída para a terra.” Bem, Newton realmente se interessava pelo magnetismo, mas não fez esse tipo de analogia. A pessoa que escreveu esse terceiro texto deve ter lido sobre William Gilbert e feito uma confusão histórica. Esse texto afirma que “Em 1600, alguém descreveu como a atração entre dois pedaços de metal podia ser tornada mais forte”. Foi Gilbert quem publicou um livro em 1600, chamado *De Magnete* (“Sobre o ímã”). E foi ele (não Newton) quem tentou explicar o movimento dos astros e a queda dos corpos através da idéia de forças magnéticas, tendo interpretado a Terra como um grande ímã.

A anedota da maçã costuma ser datada como tendo ocorrido no verão inglês de 1666. Sabe-se que, antes disso, de 1664 ao início de 1665, enquanto estudava obras de vários filósofos como Descartes, More, Charleston e Boyle, a mente de Newton fervilhava com idéias a respeito da natureza da matéria e a explicação de

² Para mais informações a respeito das concepções de Newton sobre ação à distância, e sobre o contexto de sua época, ver (Martins 1997).

suas propriedades. Um caderno de anotações que ele manteve nesse período foi conservado, tendo sido publicado no final do século XX³.

Nesse caderno de anotações estão os mais antigos registros dos pensamentos de Newton a respeito da gravidade⁴. Uma de suas conjecturas iniciais era a de que a gravidade poderia ser produzida por um tipo de corrente de éter (uma substância invisível) que viria do espaço em direção à Terra, com grande velocidade, impulsionando os corpos para baixo (ver Aiton 1969). Para que não houvesse um crescente acúmulo de éter no interior da Terra, era necessário supor que esse éter saísse, de alguma forma:

“Ele deve subir sob uma forma diferente daquela em que desceu, ou então teria uma força para transportar os corpos para cima, semelhante à que tem de pressioná-los para baixo, e assim não haveria gravidade. Deve subir sob uma consistência mais grosseira do que desce...”

(Newton, em McGuire & Tamny 1983, pp. 362–3, 97r.)

O efeito dessa corrente ascendente seria menor, de tal forma que o efeito resultante seria um impulso dos corpos para baixo.

Parece que foi essa hipótese o que levou Newton pela primeira vez a pensar sobre uma relação entre a gravidade e a distância ao centro da Terra, pois comentou: “A corrente que desce se tornará mais grossa à medida que se aproxima da Terra” (Newton, *ibid.*). Se a velocidade da corrente de éter fosse constante, mas sua densidade fosse aumentando à medida que ela se aproxima da Terra (por causa de estar confinado em um espaço menor), a pressão produzida por essa corrente deveria aumentar. Assim, o peso de um corpo próximo à superfície da Terra deveria ser maior do que para um corpo longe da superfície. Na sequência desses pensamentos, Newton sugeriu um dispositivo para comparar a gravidade de um corpo no topo e na base de uma colina, usando um tipo especial de balança de mola (Newton, *in*: McGuire & Tamny 1983, pp. 426–7, 121r).

Sabemos, portanto, que Newton tinha essa hipótese sobre a gravidade, entre 1664 e 1665. Sabemos também que ele descreveu uma hipótese muito semelhante a essa,

³ Manuscrito Add. 3996, da *Cambridge University Library*, denominado *Questiones quædam Philosophicæ*. Ver (McGuire & Tamny 1983).

⁴ Não confundir gravidade com gravitação. No período em questão, Newton estava pensando na gravidade terrestre e não tinha nenhuma idéia ainda sobre a existência de uma força universal entre todos os corpos do universo.

quase dez anos mais tarde (WESTFALL 1990, pp. 269–71). É provável que ele acreditasse fortemente nessa hipótese, durante um longo período.

Ou seja: Newton tinha, sim, formulado uma tentativa de explicação para a gravidade. No entanto, essa explicação foi desenvolvida *antes* da época em que teria ocorrido o episódio da queda da maçã. Portanto, a queda da maçã certamente não fez com que Newton criasse essa explicação para a gravidade.

Houve realmente o episódio da maçã?

Há autores antigos e modernos, como no século XIX o matemático Gauss, que duvidam que tenha ocorrido de fato o episódio da maçã de Newton.

Um estudante ou professor de física costuma se contentar com aquilo que ouve falar ou que lê em qualquer lugar – e, geralmente, as obras mais acessíveis e populares não são bem fundamentadas (Martins 2001). Devemos, no entanto, ter uma atitude mais crítica e profissional. Se quisermos nos referir a algum episódio histórico, devemos procurar nos informar sobre se ele realmente ocorreu – e como ocorreu. A terceira citação da Introdução deste artigo apresenta uma versão extremamente detalhada daquilo que teria ocorrido, colocando entre aspas os pensamentos que Newton teria tido na ocasião. Aquele texto afirma que o dia estava ensolarado, havia pássaros cantando, abelhas voando em torno e que Newton adormeceu sob a macieira, sendo acordado quando a maçã caiu sobre sua cabeça. Como podemos saber se isso de fato ocorreu?

Um historiador da ciência utiliza como critério básico, para discutir episódios como esse, a análise de documentos da própria época considerada. Existe alguma documentação da época, deixada por Newton (ou por alguma outra pessoa), que descreva a anedota da maçã?

Newton deixou, ao morrer, uma vasta quantidade de manuscritos. No entanto, jamais foi encontrada qualquer descrição sua a respeito da queda da maçã.

Sabemos, no entanto, que Newton descreveu esse episódio para algumas pessoas, quando já era idoso. Um desses testemunhos foi registrado por William Stukeley, membro da *Royal Society* e amigo pessoal de Newton, que completou em 1752 as “Memórias da vida de Sir Isaac Newton”⁵, que só foram publicadas no século XX. Nesse manuscrito encontramos o seguinte relato referente à visita que Stukeley fizera a Newton em 15 de abril de 1726:

⁵ Manuscrito conservado no arquivo da *Royal Society* de Londres: Ms. 142.

“[...] Depois do almoço, como o tempo estava quente, fomos para o jardim e tomamos chá sob a sombra de algumas macieiras, somente ele e eu. Entre outras coisas, disse-me que ele estava exatamente na mesma situação em que, muito tempo atrás, a idéia da gravitação veio à sua mente. “Por que uma maçã deve sempre descer verticalmente ao solo?” pensou ele consigo mesmo, por ocasião da queda de uma maçã, enquanto estava sentado em uma atitude contemplativa.”

(Stukeley, *Royal Society Ms.* 142, fol. 14, citado por McKie & Beer 1951, pp. 52–3.)

Certamente Stukeley não teria razão nenhuma para inventar um episódio como esse. Devemos acreditar que, realmente, Newton lhe relatou a história da maçã, durante essa visita.

Existem vários outros relatos semelhantes, de pessoas muito próximas a Newton. Todas as descrições conhecidas foram contadas por Newton no final de sua vida, na década de 1720. Não se sabe por qual motivo ele não divulgou a história da maçã antes. Alguns historiadores consideram que isso lança suspeitas sobre a anedota. Outros consideram que isso reforça o valor da narrativa porque Sir Isaac Newton, quando já era famoso, não teria nenhum motivo para mentir e inventar uma lenda desse tipo.

A história da maçã foi publicada pela primeira vez por Voltaire, no ano da morte de Newton (1727). Voltaire passou alguns anos na Inglaterra, nessa época. Ele se interessava muito pelo pensamento de Newton e o visitou, antes de seu falecimento. Conversou também com Catherine Barton, a sobrinha de Newton que cuidava do tio. Catherine lhe contou a história da maçã, que Voltaire publicou em diversas de suas obras.

Outra fonte da história da maçã é John Conduitt, uma pessoa que trabalhava com Newton na casa da moeda inglesa e que, depois, se casou com Catherine. O relato de Conduitt permaneceu manuscrito, como o de Stukeley.

Nenhum desses relatos mais antigos diz que a maçã teria caído na cabeça de Newton, nem que ele estava deitado ou adormecido. Todos concordam que Newton estaria pensativo, no jardim da fazenda de sua mãe em Woolthorpe, e que a queda da maçã teria desencadeado uma série de idéias. No entanto, a descrição dessas idéias varia, de uma versão para outra.

É pouco provável que Newton pudesse ter descrito a mesma história de formas diferentes e contraditórias, em um intervalo de poucos anos, nesse período. As pessoas idosas costumam contar repetidamente a mesma história, exatamente com as mesmas palavras. É plausível que Newton tenha contado a mesma versão para

todos os seus conhecidos, mas cada um deles entendeu a história de um modo diferente, de acordo com sua própria capacidade de compreensão.

Posteriormente, a história da maçã foi sofrendo acréscimos e distorções. Uma versão divulgada por Leonhard Euler, em 1760, descreveu que Newton estava dormindo sob uma macieira e que a maçã caiu na sua cabeça.

Na região em torno da fazenda que pertenceu à família de Newton, onde o episódio teria ocorrido, a história da maçã também se difundiu e popularizou. Uma árvore específica, no jardim da casa de Woolsthorpe, foi identificada como sendo “a macieira de Newton”. É claro que deviam existir muitas macieiras na fazenda. Por que uma árvore em especial foi associada a essa história? Todos os relatos mais antigos dizem que Newton estava no *jardim* (e não no pomar) da fazenda. Nesse jardim, próximo à casa, existia apenas uma macieira. Era natural, portanto, escolher essa árvore em particular (Keesing 1998). No início do século XIX essa macieira, já muito velha, foi derrubada pelo vento. No entanto, do tronco caído brotaram novas



Figura 2 Um desenho de 1816, mostrando a “macieira de Newton”, que foi derrubada pelo vento mas continua viva até hoje (reproduzido de KEESING, 1998).

raízes e ramos, mantendo-a viva. Ela ainda pode ser observada hoje em dia pelos visitantes (Fig. 2).

O que Newton pensou ao ver a maçã cair?

Se todas as versões antigas concordassem entre si, seria mais fácil descrever o que se passou na mente de Newton depois que ele viu a maçã caindo. Como não há uma concordância, é necessário *reconstruir* os acontecimentos, selecionando aquilo que está nos diversos relatos, procurando elaborar uma versão coerente, levando em conta não apenas aquilo que foi *contado*, mas também aquilo que encontramos nos manuscritos do próprio Newton, na época. Pois, embora esses manuscritos não falem a respeito do episódio da maçã, podem esclarecer aquilo que ele estava pensando e fazendo na mesma época.

Vamos partir da descrição que foi conservada por John Conduitt:

“No ano de 1666 ele novamente se retirou de Cambridge [...] para [a fazenda] de sua mãe em Lincolnshire e enquanto estava meditando em um jardim surgiu em sua mente que o poder da gravidade (que trouxera uma maçã da árvore ao solo) não estava limitado a uma certa distância da Terra mas que esse poder deve se estender muito mais longe do que se pensava usualmente. ‘Por quê não até a altura da Lua – disse ele a si próprio – e se assim é, deve influenciar seu movimento e talvez retê-la em sua órbita.’”

(Conduitt, citado por Westfall 1990, p. 154.)

A descrição de Conduitt indica que teria ocorrido uma *mudança de concepção*, quando “surgiu em sua mente que o poder da gravidade (que trouxera uma maçã da árvore ao solo) não estava limitado a uma certa distância da Terra.” Ou seja: Newton (como todos) associava a queda da maçã à gravidade, mas começou a pensar que a gravidade existia não apenas perto da Terra, mas também a grandes distâncias (talvez até a Lua).

Bem, é claro que a queda de uma maçã não pode sugerir a ninguém que a gravidade poderia existir a grandes distâncias da Terra. Se, de fato, o episódio da maçã tem alguma coisa de verdadeiro, não foi a queda da fruta que *causou* essas idéias, mas apenas iniciou uma série de associações na mente de Newton.

De acordo com a descrição de Conduitt, Newton conjecturou que a gravidade poderia ter um enorme alcance:

“Por quê não até a altura da Lua – disse ele a si próprio – e se assim é, deve influenciar seu movimento e talvez retê-la em sua órbita.”

Essa é exatamente nossa concepção – porém, não era algo tão óbvio assim. Os pensadores anteriores a Newton não haviam chegado a essa idéia.

Primeiramente, vamos compreender essa concepção. Se prendermos uma pedra ou qualquer outra coisa pesada a um barbante e fizermos esse objeto girar rapidamente, vamos sentir uma força no cordão. Nós precisamos puxar o cordão para que a pedra gire em torno de nossa mão. Se pararmos de fazer força (por exemplo, largando o cordão), a pedra deixará de ter um movimento circular em torno de sua mão e se afastará, movendo-se inicialmente na direção tangencial.

Essa idéia já era conhecida por Galileo, por exemplo. Ele utilizava um exemplo quase igual ao descrito acima introduzindo a idéia do *ímpeto* (um conceito que tem semelhança com o de inércia). Então, por qual motivo Galileo não pensou que a gravidade poderia estar retendo a Lua em sua órbita?

Bem, Galileo não associou a propriedade das pedras à propriedade dos astros. Para ele, o movimento dos astros era “natural” (um conceito aristotélico que Galileo manteve no *Diálogo*) e esse movimento natural era em círculos (Martins, 1998). Portanto, para ele, não era necessário introduzir forças para explicar o motivo pelo qual os corpos celestes se mantêm em suas órbitas.

Para nós (e para Newton), se não existisse nenhuma força agindo sobre a Lua, ela se moveria em linha reta e se afastaria da Terra. Como ela não se afasta, isso indica que há uma força agindo sobre ela, que a mantém “presa” à Terra. Se a descrição de Conduitt estiver correta, foi naquela ocasião, na fazenda de Woolthorpe, que Newton percebeu isso.

Há, é claro, um pré-requisito: Newton já precisava aceitar a lei da inércia, ou algo semelhante. Essa idéia havia sido apresentada claramente por Descartes.

Sabemos, pelos cadernos de anotações que Newton mantinha, que antes do período em que se retirou para Woolthorpe ele leu por conta própria várias obras importantes de matemática, astronomia e filosofia que lhe deram uma excelente base para suas pesquisas posteriores. Ele leu uma tradução inglesa do “Diálogo sobre os maiores sistemas do mundo, Ptolomaico e Copernicano”, de Galileo, onde se encontra uma boa argumentação mostrando que a Lua e a Terra são de naturezas semelhantes. E foi lendo os *Princípios da Filosofia* de René Descartes que Newton obteve alguns dos pré-requisitos para a idéia que teve ao ver a maçã cair.

Vejamos uma figura da obra de Descartes (Fig. 3). Uma mão segura e gira uma funda, onde está uma pedra. Se a mão não segurasse a funda, a pedra seguiria em linha reta e se afastaria da mão. O efeito do puxão que é efetuado pela pessoa faz com que a pedra se desvie da reta e siga a trajetória circular.

Foi essa a idéia que Newton aplicou à Lua. A Lua não é um corpo diferente da Terra, é da mesma natureza – e, portanto, é como uma pedra. Se nada agisse sobre a Lua, ela se moveria em linha reta. Há alguma coisa que a desvia da sua trajetória retilínea e a mantém presa à Terra. Essa coisa pode ser a mesma gravidade que faz com que as maçãs caiam.

O cálculo de Newton a respeito da Lua

Mas terá sido apenas isso – uma mera idéia qualitativa – o que passou pela cabeça de Newton? Não. Acima, havíamos transcrito apenas a metade do relato de Conduitt. Segundo ele, depois de pensar que a gravidade poderia influenciar a Lua e retê-la em sua órbita, Newton desenvolveu essa idéia:

“Então ele se pôs a calcular qual seria o efeito dessa suposição, mas estando distante de livros e tomando a estimativa comum usada entre os geógrafos e nossos homens do mar antes que Norwood tivesse medido a Terra, de que 60 milhas inglesas estavam contidas em um grau de latitude na superfície da Terra, seu cálculo não concordou com sua teoria e o inclinou a pensar que junto com a força da gravidade poderia existir uma mistura com aquela força que a Lua teria se fosse carregada por um vórtice.”

(Conduitt, citado por Westfall 1990, p. 154.)

Bem, esse outro trecho do relato de Conduitt complica bastante a história. O que Newton resolveu calcular? E o que tem o movimento da Lua a ver com um erro de medida do número de milhas contidas em um grau da superfície da Terra? E que vórtice é esse ao qual ele se referiu?

Há muitos detalhes que poderíamos esclarecer. No entanto, vamos explicar apenas alguns aspectos da análise que Newton fez.

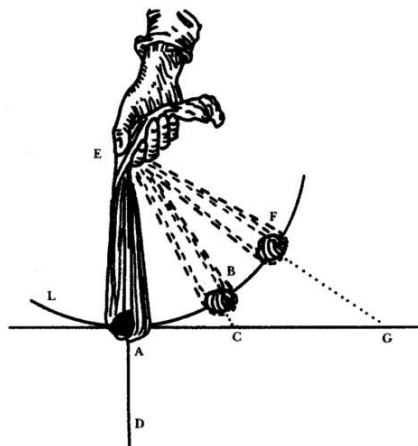


Figura 3 Desenho da obra *Princípios da Filosofia de René Descartes*, que analisa o movimento de uma pedra que descreve uma trajetória circular (DESCARTES, *Principes de la philosophie*, II planche).

Essencialmente, o que Newton procurou verificar, através de cálculos, foi se o movimento da Lua poderia ser explicado pela gravidade terrestre – supondo que na altura em que a Lua se encontra, essa gravidade é muito mais fraca.

Como já foi explicado, Newton havia desenvolvido uma hipótese a respeito da gravidade, admitindo que a gravidade deveria ser mais forte perto da Terra do que longe da sua superfície. Mais precisamente, a gravidade devia ser inversamente proporcional ao quadrado da distância ao centro da Terra.

Esse é um ponto importante. Newton não começou a pensar sobre a gravidade a partir do nada, quando a maçã caiu. Ele já havia pensado muito sobre isso, antes. Assim, o episódio da maçã seria o momento em que muitas coisas que ele já havia estudado e pensado acabaram produzindo um resultado novo – mas suas idéias não vieram da maçã e sim de um trabalho prévio que ele havia realizado.

Pensando nisso, Newton resolveu testar se a gravidade realmente obedecia a essa proporção, comparando a queda dos corpos próximos ao solo com o movimento da Lua. O modo pelo qual ele fez essa comparação é bastante indireto e difícil de explicar. Vamos apresentar uma versão mais simples, que ele apresentou muito tempo mais tarde nos seus *Princípios matemáticos da filosofia natural* (livro III, proposição 4).

Pode-se dizer que *Newton percebeu que a Lua está caindo em direção à Terra* e comparou a queda da Lua com a queda dos corpos perto da superfície da Terra.

Bem, a frase anterior parece absurda. Sabemos que a Lua não está caindo, ela se move em torno da Terra a uma distância que não varia muito. Pois bem: Newton conseguiu ver esse movimento de rotação da Lua em torno da Terra sob uma nova perspectiva, interpretando-o como um tipo de queda. Vamos explicar a idéia.

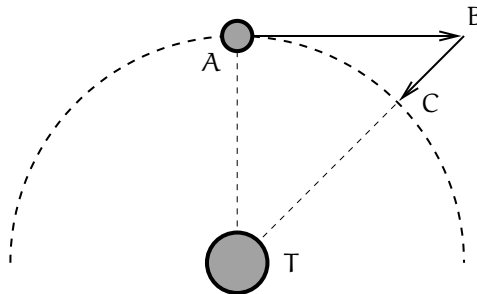


Figura 4 Esquema do movimento da Lua em torno da Terra, indicando o movimento que ela teria se não fosse empurrada ou puxada na direção da Terra (AB) e a sua “queda” da tangente para a trajetória circular (BC), em direção à Terra (T).

Consideremos o movimento da Lua em torno da Terra como sendo aproximadamente circular (Fig. 4). Se nada puxasse ou empurrasse a Lua em direção à Terra, ela se moveria em linha reta, com velocidade constante, de A para B. No entanto, ela é desviada dessa trajetória tangencial e, em vez de ir de A para B em linha reta, move-se de A para C em linha curva. Esse movimento pode ser considerado como a combinação de um movimento tangencial em linha reta AB e de um movimento radial BC que representa o efeito da força que empurra ou puxa a Lua em direção à Terra. Pode-se pensar em BC como representando uma *queda* da Lua (ou desvio da tangente) em direção à Terra.

Isso não é apenas uma analogia qualitativa. É uma análise correta, quantitativa, desde que se considerem pequenos deslocamentos. Como Paul Valéry comentou,

“Era necessário ser Newton para perceber que a Lua cai, quando todo mundo vê muito bem que ela não cai.”

(Valéry, “Grandeurs”, 1941, p. 142.)

Pode-se provar que a “queda” da Lua é proporcional ao quadrado do tempo, para pequenos tempos (ou melhor, quando o ângulo ATB é pequeno), obedecendo portanto à mesma propriedade da queda dos corpos perto da superfície da Terra.

No cálculo que apresentou nos *Princípios matemáticos da filosofia natural*, Newton utilizou como dados os seguintes valores numéricos:

- a distância média da Lua até a Terra é aproximadamente igual a 60 vezes o raio da Terra;
- a circunferência da Terra era igual a 123.249.600 pés de Paris
- e o período de uma revolução da Lua em torno da Terra, com relação às estrelas fixas, seria de 27 dias, 7 horas e 43 minutos.

Calculou, então, quanto a Lua “cai” em direção à Terra em um minuto – ou seja, a diferença entre a posição que ela teria se andasse em linha reta e sua posição na órbita aproximadamente circular.

Newton não mostrou os detalhes do cálculo, mas ele é muito simples. Se o raio da órbita da Lua é 60 vezes maior do que o raio da Terra, a circunferência da órbita da Lua também é 60 vezes maior. Assim, o espaço que a Lua percorre em cada revolução é de $60 \times 123.249.600$ pés. A Lua demora 27 dias, 7 horas e 43 minutos para percorrer essa distância – ou seja, demora 39.343 minutos para dar uma volta em torno da Terra. Portanto, em um minuto ela anda 188.000 pés. Na figura 4, essa

distância corresponde a AB. O raio AT da órbita da Lua é igual à circunferência da órbita dividida por 2π . Uma análise geométrica mostra que a distância BC, que representa a “queda” da Lua, vale $BC = AB^2/2AT$. Utilizando os dados acima, calcula-se que se a Lua andasse essa distância em linha reta (tangencialmente) ela se afastaria cerca de 15,1 pés da sua órbita. Ou seja: em cada minuto a Lua “cai” 15,1 pés.

Transformando em metros, para podermos pensar mais facilmente sobre esse valor, e considerando que o antigo “pé de Paris” correspondia a cerca de 33 cm, podemos dizer que Newton mostrou que a Lua cai cerca de 5,0 metros em um minuto.

Supondo que a gravidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância e supondo que a queda da Lua é produzida pela gravidade, concluiríamos que a Lua cairia $(60^2) \times 5,0$ metros *em um minuto*, se estivesse próxima à Terra (ou seja, a uma distância 60 vezes menor). Como o espaço percorrido na queda dos corpos é proporcional ao quadrado do tempo, *em um segundo* a Lua cairia 60^2 vezes *menos*, ou seja, ela cairia 5,0 metros. Ora, conforme Newton, essa era exatamente a distância que um corpo cai próximo à superfície da Terra em um segundo, de acordo com medidas feitas por Huygens⁶. Portanto, a queda da Lua concorda com a queda dos corpos próximos à superfície da Terra. Logo, os dois fenômenos podem ser explicados pela gravidade, supondo que esta varia com o inverso do quadrado da distância.

Bem, esse é um cálculo que dá certo, apresentado por Newton nos *Princípios matemáticos da filosofia natural*. Existe no entanto um manuscrito que se considera ser aproximadamente dessa época (sem data), no qual a conta de Newton *não dá certo*. Nesse antigo cálculo, o método utilizado é diferente, mas deveria levar a resultados equivalentes. No entanto, um dos dados utilizados por Newton era diferente. Ele avaliou o tamanho da Terra utilizando uma medida que tirou do livro de Galileu: o raio da Terra teria 3.500 milhas, com cada milha correspondendo a 5.000 pés (Whiteside 1991, p. 19). Multiplicando o raio por 2π , teríamos a circunferência da Terra. Como Newton utilizou o valor aproximado $\pi = 22/7$, muito comum na época, a circunferência da Terra seria igual a 22.000 milhas, ou seja, correspondendo a 61 milhas por grau. Esse número concorda bastante bem com a indicação de Conduitt, a respeito do valor equivocadamente utilizado por Newton. Nos *Princípios matemáticos*, Newton utilizou um valor correspondente

⁶ Esta medida de Huygens corresponde a um valor de $g = 10,0 \text{ m/s}^2$.

a 68,5 milhas francesas por grau – uma diferença de cerca de 15 % em relação ao valor que não havia dado certo.

De acordo com o relato de Conduitt, Newton ficou frustrado ao ver que o seu cálculo não concordava com a expectativa. Somente algum tempo depois, utilizando um valor melhor do tamanho da Terra, os resultados foram satisfatórios.

O cálculo de Newton para os planetas

Na mesma época do cálculo da Lua, fez um outro cálculo que deu bons resultados. Isso está descrito em um outro manuscrito de Newton:

“E no mesmo ano [1666] eu comecei a pensar na gravidade se estendendo até o orbe da Lua e, tendo encontrado como estimar a força com a qual um globo girando dentro de uma esfera pressiona a superfície da esfera, da regra de Kepler de que os tempos periódicos dos planetas estão em proporção sesquiáltera de suas distâncias aos centros de seus orbes, deduzi que as forças que mantêm os planetas em seus orbes devem ser inversamente [proporcionais] aos quadrados das suas distâncias aos centros em torno dos quais giram; [...]”

(Newton, citado por Westfall 1990, p. 143.)

Nessa época, a teoria dos movimentos circulares ainda não estava constituída. Havia autores (como Huygens) que estavam estudando os movimentos circulares e obtendo resultados corretos, mas esses trabalhos ainda não haviam sido publicados. Galileo e Descartes haviam tentado analisar esse tipo de movimento, mas haviam fracassado. Newton conseguiu descobrir a lei correta do movimento circular. Para isso, ele fez uma análise bastante complicada, imaginando uma bolinha que se movia em círculos dentro de uma esfera oca e calculando a força exercida pela bolinha contra a superfície da esfera.

Atualmente dizemos que a aceleração centrípeta a de um corpo em movimento circular uniforme é dada por $a = v^2/R$. Newton exprimiou a mesma relação, porém sem se referir a aceleração e sem utilizar esse tipo de notação. Ele estabeleceu que *a tendência de um corpo em rotação a se afastar do centro* é proporcional ao quadrado da velocidade e inversamente proporcional ao raio do círculo.

Conhecendo essa relação, Newton comparou as tendências dos vários planetas de se afastarem do Sol. Partiu da 3ª lei de Kepler, que já era bem conhecida: o quadrado dos períodos dos movimentos dos planetas são proporcionais aos cubos de suas distâncias médias ao Sol – ou, colocando sob a forma de equação que atualmente

utilizamos, $T^2 = kR^3$. Isso é aquilo que Newton, na citação acima, chamou de “proporção sesquiáltera”.

Vamos agora completar o raciocínio de Newton, utilizando notação moderna, para facilitar a compreensão da dedução.

Considerando a órbita dos planetas como sendo aproximadamente circular, a velocidade média de cada um deles seria $v = 2\pi R/T$. Substituindo na equação da aceleração, teríamos $a = v^2/R = (2\pi R/T)^2/R = (2\pi)^2(R/T^2)$. Agora, utilizando a terceira lei de Kepler e substituindo T^2 por kR^3 , obtemos $a = (2\pi)^2(R/kR^3) = (2\pi)^2k/R^2$. Ou seja: as acelerações dos diversos planetas são inversamente proporcionais aos quadrados das distâncias ao Sol.

Newton imaginou que o Sol, como a Terra, tinha um tipo de gravidade (produzida pelo éter que era puxado e condensado dentro do Sol). Essa gravidade arrastaria os planetas em direção ao Sol e, assim, contrabalançaria a tendência que os planetas têm de se afastar do centro do seu movimento circular. Portanto, a gravidade do Sol seria inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Portanto, de acordo com a documentação existente, a história parece ter sido esta. Depois de ler e pensar muito sobre a gravidade, no verão de 1666, estimulado pela queda de uma maçã, Newton foi levado a pensar que a gravidade poderia se estender a grandes distâncias – embora se tornando cada vez mais fraca. Baseando-se na sua hipótese de que a gravidade era produzida por um fluxo de éter puxado pelos grandes corpos, supôs que a gravidade devia ser inversamente proporcional ao quadrado da distância. Aplicou essa idéia ao movimento da Lua e obteve um resultado “razoável” (mas não exato). Aplicou a mesma idéia ao movimento dos planetas e obteve um ótimo resultado. Aparentemente ele concluiu que seu raciocínio estava essencialmente correto (já que funcionava para os planetas) mas que talvez houvesse alguma outra força agindo sobre a Lua, além da gravidade.

Não há indicações de que Newton, nessa época, já tenha pensado que *todos os corpos* se atraem com forças proporcionais aos produtos de suas massas e inversamente proporcionais às distâncias. Ou seja: o que ele pensou em 1666 não é equivalente à teoria da gravitação universal, que se desenvolveu aos poucos, nas duas décadas seguintes.

Os problemas das versões populares

Se dissermos que Newton descobriu a gravidade quando viu uma maçã caindo (ou quando uma maçã caiu na sua cabeça), estaremos transmitindo várias concepções falsas a respeito da natureza da ciência e sobre o trabalho realizado pelos cientistas como essas abaixo.

Uma das mensagens implícitas nessa falsa descrição é que o desenvolvimento da ciência seria fruto do acaso. Se Newton não tivesse visto a maçã cair (ou não tivesse sido atingido na cabeça pela maçã), não teríamos a teoria da gravitação.

Outra mensagem é que todas as pessoas que existiram antes dos “grandes gênios” seriam estúpidas. Milhões de pessoas devem ter visto maçãs caindo antes de Newton, mas ninguém entendeu que as maçãs caíam por causa da gravidade. Teria sido Newton quem descobriu a gravidade e lhe deu esse nome.

Uma terceira mensagem é a de que a ciência seria produzida por pessoas que, de repente, “têm uma idéia”, e então tudo se esclarece. Não seria necessário esforço, não é necessário desenvolver pesquisas. Bastaria necessário esperar que as idéias surjam – e, quando elas aparecem, o trabalho já estaria completo.

Uma consequência dessa mensagem é que a ciência seria construída através de uma série de descobertas que podem ser associadas a datas precisas e a autores precisos. A história da ciência seria, essencialmente, um calendário repleto de descobertas e seus descobridores.

Por fim, a anedota identifica a teoria da gravitação de Newton (todos os corpos se atraem com forças proporcionais às suas massas e inversamente proporcionais às distâncias) com a idéia de que as maçãs (e outros objetos) caem porque existe a gravidade.

Infelizmente, a “moral da história” que será captada pelos estudantes que ouvirem a anedota da maçã de Newton (em suas versões mais comuns) é completamente falsa. As mensagens acima descritas representam uma distorção completa da real natureza da ciência. Os professores que contam essa anedota (e outras semelhantes, como a de Arquimedes e a coroa do rei Heron⁷) e que transmitem aos seus alunos tal visão sobre o trabalho científico estão prestando um desserviço à educação.

A história, como foi mostrado acima, é bastante complexa. A gravidade já era muito bem conhecida (e já tinha nome), antes de Newton. Como Newton já estava pensando há bastante tempo sobre o assunto, a maçã apenas desencadeou uma série de idéias – mas elas poderiam ter surgido sem a queda da maçã. O mais importante foi todo o estudo de Newton ocorrido *antes* do episódio da maçã. Sem isso, nada de relevante poderia ter sido desencadeado pela queda da fruta. Além disso, se Newton tivesse apenas tido uma idéia e se contentado com isso, ele não teria dado uma contribuição importante à ciência. Depois de ter uma idéia, ele procurou verificar se ela era correta ou não, fazendo previsões e cálculos, o

⁷ Ver, a respeito de Arquimedes, o artigo (Martins 2000).

que certamente demorou algum tempo. Além disso, mesmo depois de fazer esses cálculos, havia muitos outros aspectos da teoria da gravitação que ainda não haviam sido percebidos ou desenvolvidos por ele. Foram necessários muitos anos até que seu trabalho adquirisse a forma final. Mesmo se soubéssemos o dia exato em que ocorreu o episódio da maçã, seria tolice afirmar que nesse dia surgiu a teoria da gravitação de Newton.

Implicações didáticas

Agora, conhecendo uma versão um pouco mais correta do episódio da maçã de Newton, como um professor pode utilizar essas informações?

Em primeiro lugar, é claro que esperamos que uma pessoa bem informada não continue a repetir as lendas errôneas que circulam por aí. É preciso contar a história mais correta e transmitir mensagens adequadas sobre a natureza da ciência. É necessário também dar aos estudantes uma idéia sobre como os historiadores se esforçam para obter informações confiáveis e informar também que a maior parte dos livros se baseia em informações indiretas, sem nenhum valor. Por fim, é importante apresentar *contra-exemplos* aos estudantes: fazer com que eles procurem (ou fornecer-lhes) versões errôneas do episódio da maçã – que podem ser obtidas facilmente em livros didáticos, enciclopédias, livros de divulgação, na Internet, etc. – e pedir-lhes que as comparem e procurem identificar os pontos falhos. Esse é um excelente exercício, que estimula o pensamento crítico dos estudantes e que pode ajudar a elevar o ensino a um outro nível, não se limitando apenas à reprodução das idéias apresentadas pelo professor mas estimulando a comparação e discussão de idéias.

Agradecimentos

O autor agradece o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITON, E. J. Newton's aether-stream hypothesis and the inverse square law of gravitation. *Annals of Science* **25**: 255–60, 1969.

COHEN, I. Bernard. *Isaac Newton's papers and letters on natural philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

———. *Introduction to Newton's 'Principia'*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

COMMONWEALTH SECRETARIAT.

Training of trainers in science and technology education (Asia Edition). London: Commonwealth Secretariat, 1996.

DESCARTES, René. *Principes de la philosophie*. Vol. IX-2, in: ADAM, Charles & TANNER, Paul (eds.). *Oeuvres de Descartes*. Paris: J. Vrin, 1971.

FARA, Patricia. Catch a falling apple: Isaac Newton and the myths of genius. *Endeavour* **23** (4): 167–170, 1999.

GALILEI, Galileo. *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Editado por Libero Sosio. Torino: Einaudi, 1970.

GEE, Brian. A Newtonian miscellany. *Physics Education* **12** (6): 340–6, 1977.

KEESING, R. G. The history of Newton's apple tree. *Contemporary Physics* **39** (5): 377–391, 1998.

MARTINS, Roberto de Andrade. Descartes e a impossibilidade de ações à distância. Pp. 79–126 in: FUKS, Saul (org.). *Descartes 400 anos: um legado científico e filosófico*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

———. Natural or violent motion? Galileo's conjectures on the fall of heavy bodies. *Dialoghi – Rivista di Studi Italici* **2** (1/2): 45–67, 1998.

———. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **17** (2): 115–121, 2000.

———. Como não escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23** (1): 113–129, 2001.

McGUIRE, J. E. & TAMNY, Martin. *Certain philosophical questions: Newton's Trinity notebook*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

McKIE, D. & BEER, G. R. de. Newton's apple. *Notes and Records of the Royal Society of London* **9** (1): 46–54, 1951.

NEWTON, Isaac. *Mathematical principles of natural philosophy*. Trad. A. Motte, ed. Florian Cajori. Berkeley: University of California, 1962.

———. *The correspondence of Isaac Newton*. Ed. H. W. Turnbull. 7 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1959–1977.

RESEARCH & EDUCATION ASSOCIATION. *The best test preparation for the MSAT – Multiple Subjects Assessment for Teachers*. Piscataway: Research & Education Association, 2003.

The English Enlightenment. Course 1232, unit 4, lesson 1. San Antonio: Sophia Women's Learning Center, 2000. 31 págs. Disponível em < www.providencehs.net/sophia/Lessons/1232/123241.pdf > . Acessado em 21/11/2005.

VALÉRY, Paul. *Mélange*. Paris: Gallimard, 1941.

WATKINS, Calvert. Indo-European and the Indo-Europeans. Pp. 1496–1550, in: MORRIS, Williams (ed.). *The heritage*

illustrated dictionary of the English language.
New York: American Heritage, 1975.

WESTFALL, Richard S. *Never at rest. A
biography of Isaac Newton*. Cambridge:
Cambridge University Press, 1990.

WHITESIDE, D. T. The prehistory of the
'Principia' from 1664 to 1686. *Notes and
Records of the Royal Society of London* **45**
(1): 11–61, 1991.