

# O Balde de Newton e o Espaço Absoluto: Uma Resenha de Mecânica Relacional, de André Koch Torres Assis, CLECH, UNICAMP, (1998), 349p.

Domingos S.L. Soares

*Departamento de Física, ICEX, UFMG, C.P. 702*

*30.161-970 Belo Horizonte, MG*

*(dsoares@fisica.ufmg.br - http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/)*

Recebido em 22 de Dezembro, 1998

Isaac Newton inaugura a ciência moderna com a publicação em 1687 dos Princípios Matemáticos da Filosofia Natural (*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, daqui para a frente referido simplesmente como Principia). Nesta obra introduz uma série de conceitos científicos que se tornariam fundamentais para a compreensão dos fenômenos em vários campos da física. Especialmente, o conceito de espaço absoluto que permanece entranhado em quase todas as teorias que surgiram nos anos (séculos) que se seguiram. Há traços deste conceito inclusive, e ao contrário do que possa parecer, em teorias contemporâneas como a Mecânica Quântica e as teorias da Relatividade Especial e Geral.

Partindo da discussão de uma das experiências realizadas por Newton com o objetivo de demonstrar a consistência lógica de sua teoria, a saber, a *experiência do balde*, o físico da Universidade de Campinas, André Koch Torres Assis, propõe-se a uma crítica severa de algumas das idéias que permeiam o pensamento científico atual. Ao mesmo tempo, estabelece as bases do que ele considera uma *mudança de paradigma* na física, ou, em suas próprias palavras, as bases de *uma nova mecânica que implementa as idéias de Leibniz, Berkeley, Mach e muitos outros*. O livro de A.K.T. Assis intitula-se *Mecânica Relacional*, e foi publicado pelo Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, da UNICAMP.

O plano desta resenha é o seguinte. Descreverei a experiência do balde, e as conclusões que Newton dela extraiu. O conceito de espaço absoluto, inerente à experiência, dentro da visão Newtoniana, constitui tema subjacente à *Mecânica Relacional*, e a toda a obra de A.K.T. Assis. A seguir, apresentarei a teoria proposta, e comentarei algumas de suas características. Finalmente, tecerei considerações gerais, apresentando

críticas relativas a alguns pontos específicos apresentados no *Mecânica Relacional*. Ao longo do texto farei referências ao livro, na forma “(p. *nr*)”, onde *nr* é o número da página com textos relevantes para o aprofundamento da discussão em foco.

Newton quer distinguir os conceitos de movimento absoluto e movimento relativo, em conexão com os conceitos, que ele apresenta na teoria como primários, de espaço absoluto e espaço relativo. Para este fim a experiência do balde é realizada e discutida (p. 45).

Um recipiente (o balde) é suspenso por uma longa corda e é girado várias vezes. Em seguida, é enchido com água, permanecendo *em repouso* junto com a água. É girado então no sentido contrário ao que a corda foi enrolada, e inicia um movimento de rotação acelerado, sob a ação da corda enrolada. A superfície da água de início será plana, como antes de o balde começar a se mover. Mas o balde comunicará gradualmente o seu movimento à água, e fará com que ela comece a girar. A água irá então se afastar pouco a pouco do meio, subindo pelos lados do recipiente. A superfície da água, inicialmente plana, irá se transformando paulatinamente em uma figura côncava. Quanto mais rápido for o movimento, mais a água vai subir, até que, eventualmente, a água estará girando com a mesma velocidade do balde. Neste instante, como *antes* de se iniciar a experiência, teremos a água em repouso em relação ao balde.

Para Newton há dois tipos de movimentos associados à água nesta experiência. O movimento relativo, referente ao balde, que era máximo no instante em que ele começou a girar, e nulo no fim (água e balde girando com a mesma velocidade), e o movimento (circular) absoluto da água, que pode ser medido pela tendência que a água tem de se afastar do eixo do movimento

de rotação. Em outras palavras, temos, no início da experiência, o movimento relativo máximo, e o movimento absoluto nulo (a água apresenta ainda uma superfície plana). Aos poucos o movimento relativo diminui e o absoluto aumenta, até a situação final em que o movimento relativo é nulo e o movimento absoluto é máximo. Assim é como Newton descreve a experiência. A sua conclusão é que a tendência que a água tem de se afastar do eixo de rotação, não estando relacionada com o seu movimento relativo, só poderia estar relacionada com algo externo, ou seja, com o espaço absoluto (p. 50-54). A mesma consideração é feita com respeito a outros corpos da vizinhança da água. Por exemplo, o movimento relativo de uma mesa, nas proximidades do balde, não estará de forma alguma relacionado com a forma da superfície da água (p. 46).

No contexto da teoria Newtoniana, portanto, um referencial solidário ao espaço absoluto é um referencial absoluto. Pela 1<sup>a</sup> Lei do movimento, cria-se uma classe de referenciais equivalentes, quais sejam, aqueles que estão em repouso ou que se movem com velocidade constante relativamente ao referencial absoluto.

Além deste ponto marcante do paradigma Newtoniano, existe ainda outro não menos instigante, a saber, aquele que se refere aos diferentes conceitos de massa. Existem dois conceitos. A massa, chamada *quantidade de matéria*, posteriormente denominada *inercial* (p. 130), e relacionada diretamente à 2<sup>a</sup> Lei do movimento, e a massa *gravitacional*, a qual aparece na lei da gravitação, também proposta por Newton nos Principia. A relação entre as duas não é óbvia, na mecânica Newtoniana, e deve ser procurada experimentalmente. O próprio Newton descreve experiências com pêndulos, em que ele verifica que as duas são iguais, com uma precisão de uma parte em 1000 (p. 35-37). Modernas experiências melhoraram esta equivalência, primeiro, no começo deste século, para  $1/10^8$  (experiência de Eötvös) e posteriormente para  $1/10^{12}$ .

Estes dois aspectos, a postulação do espaço (referencial) absoluto e a equivalência experimental das massas inercial e gravitacional, foram discutidos intensamente por filósofos e cientistas, contemporâneos e posteriores a Newton, tais como Leibniz (p. 105), Berkeley (p.115), e sobretudo Mach (p. 130). E estes são também os principais pontos sobre os quais se debruça Assis, com a sua *Mecânica Relacional* (MR).

Em primeiro lugar, na MR não existem referenciais especiais, poder-se-ia até dizer, não existe a *necessidade* do conceito de referencial. Em segundo lugar, não existe na MR o problema da equivalência das massas, já que só existe *um* conceito de massa, a saber, a massa gravitacional.

Como Assis consegue tudo isso? Basicamente, através de uma mudança completa do paradigma teórico da formulação da Mecânica. Novas leis (postulados, como em Newton) do movimento são propostas

(p. 200), novamente três, e, uma nova lei da gravitação universal é apresentada (p. 205).

A lei da gravitação de Assis representa um papel de fundamental importância na concepção da MR. Para elaborá-la, ele se vale da formulação de Weber, para o eletromagnetismo. Esta formulação, conceitualmente diferente da de Maxwell, foi suplantada por esta última, no estudo dos fenômenos eletromagnéticos. A força de Weber (p. 204) nos fornece a força entre duas cargas elétricas, em termos de sua separação, e de suas velocidade e aceleração relativas. Note-se que todas as grandezas são *relativas*, prescindem da definição de um sistema de referência. É uma lei de força *relacional*, termo cunhado por Assis (p. 199). Inspirado pela força de Weber, propõe então Assis sua nova lei da gravitação universal, com as mesmas características formais da expressão de Weber (p. 205).

De posse dos três postulados do movimento e da lei da gravitação, passa Assis à análise de vários fatos experimentais: o movimento retilíneo uniforme, a queda livre, o movimento de uma carga entre as placas de um capacitor ideal, um trem acelerado, a órbita de um planeta, o pêndulo de Foucault, a forma da Terra, etc (p. 239-266). Implementa quantitativamente o princípio de Mach, i.e., mostra que a massa inercial, da mecânica Newtoniana, resulta da interação gravitacional entre o corpo em estudo e o resto do universo — rigorosamente, entre o corpo e a parte *distante*, o domínio das galáxias remotas, do universo (p. 207).

Outras consequências imediatas da teoria são as seguintes. A anisotropia da massa (p. 281), já que a massa resulta de uma interação gravitacional com uma distribuição externa de massa, a qual pode ter diferentes graus de assimetria. Este ponto é ilustrado pelo cálculo satisfatório da precessão anômala do periélio de Mercúrio. A explicação completa da experiência do balde é feita em termos de forças reais: a água no balde passa a ter uma superfície côncava devido à sua interação gravitacional com o resto do universo (p. 263).

Outros pontos marcantes do livro: o questionamento dos fundamentos da Relatividade Restrita — Einstein interpreta de forma incorreta, ou antes, imprópria, o eletromagnetismo de Maxwell e Lorentz (p. 145) — e da Relatividade Geral — Einstein falhou na implementação quantitativa do princípio de Mach (p. 180) e na explicação da experiência do balde (p. 185). Convém ressaltar aqui que, em livro publicado originalmente em 1922, o próprio Einstein considerava a formulação quantitativa do princípio de Mach como um requisito básico de sua, e qualquer, teoria física da gravitação (p.180). No entanto, posteriormente<sup>1</sup>, o entusiasmo de Einstein relativamente ao princípio de Mach diminuiu até desaparecer por completo (ver, por exemplo, *Subtle is the Lord: The Science and the Life*

<sup>1</sup> O autor agradece ao árbitro anônimo da R.B.E.F. por este esclarecimento.

of *Albert Einstein*, de autoria de Abraham Pais, 1982, Oxford University Press, p. 287).

Além dos aspectos anteriores, em ambas as teorias, permanece inerente a idéia do espaço absoluto, conceito refutado de forma cabal por Assis.

O roteiro geral de MR pode ser assim resumido: Assis, assentado sobre a consistência lógica sólida dos Principia de Newton, instigado pelas questões levantadas por Mach sobre os conceitos que fundamentam esta consistência, e municiado pelo formalismo de Weber, constrói uma nova teoria. Arremete-se em seguida contra algumas das mais celebradas idéias do, por muitos considerado, maior gênio da idade científica contemporânea, Einstein. Os ingredientes são fortes e as consequências podem ser duras, o que parece, no entanto, ter um efeito estimulador em Assis.

Está certo Assis? Sim, ao despertar a discussão de idéias que correm o perigo de se tornarem dogmas científicos. E, no momento, isto é tudo o que a cautela recomenda, relativamente à audaciosa empreitada do físico brasileiro.

Não convence Assis quando aborda uma das questões mais fundamentais da pesquisa científica atual. Ao tratar do problema das discrepâncias na determinação da massa de sistemas astronômicos (o problema da *matéria escura*), revela-se superficial ao não

discutir alguns fatos experimentais significativos. Por exemplo, sobre a possibilidade da utilização da noção de *absorção da gravidade* no problema (p. 102), não menciona que as tentativas realizadas esbarraram na incompatibilidade das previsões teóricas com um aspecto importante da fenomenologia de galáxias espirais, qual seja, a relação existente entre a luminosidade óptica (i.e., de luz visível) de uma galáxia e a sua velocidade máxima de rotação, conhecida como relação de Tully-Fisher.

Assis não toca em aspectos positivos da Relatividade Geral. Por exemplo, a previsão e correta explicação dos desvios na propagação das ondas eletromagnéticas pela ação de concentrações de massa, e do fenômeno correlato das lentes gravitacionais, hoje confirmado de forma brilhante pelas observações do telescópio espacial Hubble (para um exemplo ver <http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pr/1995/14//html>). Não é clara a maneira pela qual a MR poderia abordar tais fenômenos.

Finalizando, o balanço é positivo: *Mecânica Relacional* é um livro de leitura cativante, e obrigatória para todos aqueles que amam o estudo científico da natureza. Instiga, de forma lúcida, a discussão de conceitos fundamentais e desafia o imobilismo intelectual.