

Einstein, nosso contemporâneo: cem anos depois

Natan Oliveira*

No dia 11 de fevereiro de 2016 foi anunciada uma descoberta que animaria a comunidade científica internacional: a primeira detecção direta das ondas gravitacionais. Segundo os cientistas envolvidos neste projeto, uma colisão de buracos negros cujas massas seriam de 29 e 36 vezes a massa do Sol teria ocorrido há estimados 1,3 bilhão de anos. Desta colisão, teria resultado um buraco negro de 62 massas solares. As três massas solares faltantes seriam convertidas, em fração de segundos, na energia que impulsionou as ondas gravitacionais. Apesar de todo este poder cósmico original, a passagem delas sob a Terra teria efeitos ínfimos: as ondas gravitacionais esticaram e comprimiram o espaço-tempo em nosso planeta em algo equivalente ao diâmetro de um núcleo atômico. Essa pequena variação só foi possível de ser detectada graças à extrema sensibilidade do *Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferometria Laser* (LIGO, em inglês)¹.

As ondas gravitacionais, finalmente detectadas, são uma confirmação de uma das previsões da teoria da relatividade geral de Albert Einstein. A recente evidência a favor da visão cósmica erguida a partir de seus trabalhos fundamentais põe Einstein, após cem anos, mais uma vez como nosso contemporâneo na compreensão das leis da natureza.

A presente nota crítica procura oferecer, de modo sumário, alguns elementos teóricos que permitam compreender a teoria cuja celebrada descoberta confirma, esclarecendo com isso a razão da contemporaneidade de Einstein. Estas observações, a despeito de seu limitado escopo, perseguem ainda outro objetivo ambicioso: contribuir minimamente para o avanço do trato das ciências da natureza pela tradição marxista, projeto este que, em alguma medida, estava presente nos pensadores fundantes.

Desafios para uma teoria geral da relatividade

Para a adequada compreensão do significado da detecção das ondas gravitacionais, é preciso voltar cerca de um século. Com a teoria da relatividade

* Graduando em Física pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e membro discente do NIEP-Marx. E-mail: oliveira.natan93@gmail.com.

¹ Projeto construído a partir de iniciativa conjunta do MIT e do Caltech com financiamento da Fundação Nacional de Ciências dos Estados Unidos (NSE, em inglês). Estima-se um custo em torno de 620 milhões a 1,1 bilhão de dólares. No Brasil, físicos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e do Instituto de Física Teórica da UNESP participaram do projeto. Quanto ao experimento, nosso artigo citado na nota 14 abaixo.

especial, a natureza do espaço e do tempo mostrar-se-ia bastante diferente das concepções anteriores. E com o triunfo da teoria de Einstein, logo surgiria uma nova incompatibilidade teórica no interior da física. Depois de séculos de êxitos e previsões bem estabelecidas da teoria newtoniana da gravitação, o físico alemão deparou-se com o seguinte desconforto: sua teoria da relatividade especial não se mostrava compatível com ela. A poderosa teoria newtoniana da gravitação, portanto, era desafiada pela nova teoria de Einstein. Contudo, no ano de 1907, Einstein teria um pensamento a respeito disso que ele próprio classificaria como o “mais feliz” da sua vida. Antes de nos determos nas razões de tal felicidade, detenhamo-nos na incompatibilidade entre a teoria da gravitação de Newton e a teoria da relatividade especial de Einstein.

A relatividade especial, formulada em 1905, estabelecia o fato de que *nenhuma informação ou interação física poderia se propagar mais rápido do que a velocidade da luz no vácuo*². O limite determinado pela luz para as velocidades é um dos aspectos centrais da relatividade especial e é válido não apenas para corpos materiais, incluindo também sinais e informações de qualquer tipo. Na teoria da gravitação de Newton, contudo, a atração gravitacional exercida por um corpo sobre outro se manifesta *instantaneamente*. Havendo, pois, alguma alteração na interação gravitacional, a teoria de Newton determina que os corpos reagiriam imediatamente a tal modificação³.

Haveria ainda outro empecilho conceitual que Einstein precisava superar: o estatuto dos referenciais. Na mecânica, existiriam duas classes de referenciais: os *inerciais*, que são aqueles definidos por estarem em repouso ou descreverem um movimento em linha reta com velocidade constante (o tal movimento retilíneo uniforme); e os *não-inerciais*, que seriam aqueles caracterizados por serem referenciais acelerados, ou seja, referenciais nos quais o sentido e/ou a intensidade da velocidade alterar-se-ia. No quadro teórico da relatividade especial permanecia ainda esta limitação: a incapacidade de se referir a quaisquer referenciais – os inerciais ainda possuíam um estatuto privilegiado⁴.

² A velocidade da luz no vácuo, cujo valor é aproximadamente 300 mil quilômetros por segundo. Sempre que nos referirmos à velocidade da luz, trata-se dela no vácuo e não em outros meios de propagação.

³ Vejamos um exemplo: caso o Sol, por qualquer razão que seja, desaparecesse repentinamente, a Terra, distante dele a cerca de 150 milhões de quilômetros, sofreria, de acordo com a gravitação newtoniana, uma alteração *instantânea* em sua órbita normal. Note que esta conclusão *viola diretamente o princípio da relatividade especial* de Einstein, o qual assegura que nenhuma informação pode se propagar acima da velocidade da luz.

⁴ O físico sublinhava que se fosse assim, uma nova pergunta naturalmente surgiria: “Como é possível que certos corpos de referência (ou seus estados de movimento) sejam privilegiados em relação a outros corpos de referência (ou seus estados de movimento)? *Qual é a razão desta preferência?*” (Einstein, 1999, p. 62 – grifos no original). Haveria de se explicar, portanto, a razão dessa assimetria.

Dadas as considerações acima, ficava evidente para Einstein o incômodo destas duas limitações de sua teoria: por um lado, ela se aplicava apenas ao movimento uniforme, de velocidade constante e, por outro, não incorporava a gravidade tal como estabelecida por Newton. Neste sentido, a teoria da relatividade de Einstein de 1905 é dita *restrita* ou *especial*, isto é, ela não trata de movimentos em referenciais acelerados (não-inerciais). Havia, porém, em Einstein a intenção de uma descrição mais geral, que fosse capaz de incorporar qualquer tipo de movimento, superando as limitações de sua teoria mais recente.

Voltemos agora ao ano do pensamento “mais feliz” de Einstein. Ano em que o autor da teoria da relatividade percebeu que *os dois incômodos estavam intimamente relacionados* e poderiam ser solucionados com a elaboração de uma nova teoria da gravitação, cuja formulação completa demoraria até o final de 1915 para ser concluída. O leitor naturalmente há de se indagar: o que, afinal, havia deixado Einstein tão feliz? Para nos aproximarmos da resposta a esta indagação, é preciso antes descrever brevemente uma das ideias que o próprio Einstein teve enquanto enfrentava o desafio de generalizar sua teoria da relatividade. O físico de origem alemã raciocinou a partir de um experimento mental (*gedankenexperiment*) sintetizado a seguir:

Considere um observador fechado em um compartimento sem contato com o exterior, nem mesmo através de contato visual, de forma que sua única possibilidade de estudar o mundo exterior seja através de experimentos internos ao compartimento. Este observador, ao sentir uma força gravitacional homogênea ao longo da direção vertical, poderia afirmar que ao invés de existir um campo gravitacional, na realidade, ele está sendo puxado com aceleração constante ao longo desta mesma direção, porém no sentido contrário. Isto se deve ao fato de que a aceleração gera um sentimento de peso contra o piso do compartimento idêntico a um campo gravitacional homogêneo. Por outro lado, se este observador estivesse numa região do espaço na ausência de campos gravitacionais e por meio de um cabo puxássemos o seu compartimento com aceleração constante, este observador poderia concluir que, ao invés de estar sendo acelerado, ele se encontrasse parado num campo gravitacional homogêneo⁵.

Esta indiscernibilidade entre estar sendo acelerado na ausência de gravitação ou estar parado na presença de um campo gravitacional homogêneo nos permite vislumbrar uma associação entre gravitação

⁵ Como os campos gravitacionais variam em intensidade e direção, considera-se uma região relativamente pequena do espaço (aproximadamente homogênea), de modo que o princípio da equivalência seja aplicável.

e movimento acelerado. Se de fato podemos “imitar” a gravitação através de acelerações e, reciprocamente, podemos anular a contribuição de um campo gravitacional homogêneo ao descrevermos o sistema a partir de um sistema acelerado, então é possível que haja uma associação não trivial entre estes dois fenômenos. (Falciano, 2009, p. 4311)

Com esta forma de abordar a questão, Einstein examinava um fenômeno pouco refletido, ainda que bastante conhecido: a equivalência entre a massa inercial e a massa gravitacional de um corpo material. Vejamos o que isto significa: na mecânica clássica, a *massa inercial* mede a resistência de um corpo à mudança de seu estado de movimento e, portanto, ela é definida como o parâmetro de proporcionalidade entre a força resultante exercida sobre este corpo e a aceleração adquirida por ele na influência desta força. Na ausência de aceleração, sabe-se, pelo princípio de inércia, que os corpos mantêm indefinidamente seu estado de movimento (seja o repouso ou o movimento retilíneo uniforme). A *massa gravitacional*, entretanto, possui – a princípio – uma natureza inteiramente distinta: ela expressa a intensidade da interação gravitacional entre um corpo e um campo gravitacional. Acontece que um resultado conhecido há muito tempo e considerado apenas como fato experimental indicava que *o valor da massa inercial é exatamente igual ao valor da massa gravitacional*⁶. No entanto, aquilo que *apareceria* apenas como coincidência na mecânica clássica é tomada por Einstein como princípio-guia à formulação da teoria da relatividade geral. Considerou-se a hipótese da equivalência exata entre as massas como a expressão de uma propriedade mais fundamental das interações mecânicas. O *princípio de equivalência*, como ficou conhecido, poderia ser um indicativo para se considerar que a inércia dos corpos e a gravitação possuiriam uma mesma origem. Nas palavras dele (Einstein, 1999, p. 58 – grifos no original):

Até hoje a mecânica, na verdade, *registrou* este importante princípio, mas não o *interpretou*. Não podemos chegar a uma interpretação satisfatória senão quando reconhecermos este fato: conforme as circunstâncias, *a mesma qualidade* do corpo se manifesta ora como “inércia” ora como “gravidade” (“peso”).

Einstein observou que os efeitos locais da gravitação e os da aceleração são equivalentes e, portanto, indistinguíveis. Com o princípio da equivalência subjacente ao seu experimento mental, pôs-se a base para a generalização de sua

⁶ A verificação experimental atual registra valores com precisão até a segunda casa decimal (Falciano, 2009).

teoria da relatividade especial, mas tão somente a base. O pensamento dito “mais feliz” o impeliu nesta direção, mas seriam necessários ainda oito anos subsequentes de trabalho árduo para concretizar esta generalização, de maneira a incorporar o movimento acelerado e constituir uma nova teoria da gravidade.

Geometria, espaço-tempo e gravidade

Como vimos, Einstein havia notado que da mesma forma que havia uma equivalência entre massa inercial e massa gravitacional, havia também uma equivalência entre todos os efeitos inerciais (resistência à aceleração) e os efeitos gravitacionais, como o peso. Na concepção dele, *ambos os efeitos seriam manifestações da mesma estrutura*. A felicidade de Einstein, portanto, consistia nesta conclusão notável a que havia chegado: *a descoberta da profunda conexão entre a gravidade e o movimento acelerado*. E é de se compreender sua felicidade, uma vez que a gravidade é uma interação cuja natureza se revelava misteriosa, e seu nexos com o movimento acelerado, cujas propriedades são mais tangíveis, permitiria a Einstein uma maior compreensão da natureza da própria gravidade. Dito de outro modo: *o conhecimento sobre o movimento acelerado seria a ponte para o conhecimento acerca da gravidade*.

Seu primeiro avanço, como já mencionado, ocorrido em 1907, a partir de um experimento mental, explorou o princípio de equivalência e notou a impossibilidade de distinguir entre um movimento acelerado e os efeitos locais de um campo gravitacional. Tendo ele percebido “que seria capaz de estender ou generalizar a relatividade para aplicá-lo a sistemas acelerados, além dos que se moviam em velocidades uniformes”, supôs que “poderia resolver simultaneamente o problema da gravitação” (Einstein *apud* Isaacson, 2010, p. 206). *Uma das consequências do princípio da equivalência derivadas por Einstein era que a gravidade deveria curvar um raio de luz*. Usemos mais uma vez o experimento mental do compartimento (ou câmara fechada) para que seja possível explorar esta consequência.

Imagine que a câmara está sendo acelerada para cima. Um feixe de laser entra por um pequeno orifício na parede. Quando ele chegar à parede oposta, está um pouco mais perto do piso, pois a câmara se move para cima. E, se traçarmos sua trajetória dentro da câmara, ela será curva por causa da aceleração para cima. O princípio da equivalência diz que o efeito será o mesmo quer a câmara esteja acelerando para cima, quer ela permaneça imóvel num campo gravitacional. Portanto, a luz parece curvar-se quando passa por um campo gravitacional. (Isaacson, 2010, p. 206)

A partir deste raciocínio, pareceria que a luz curvar-se-ia na presença de um campo gravitacional. Esta conclusão levantaria questões interessantes, uma vez que através de experimentos cotidianos era determinado que a luz propagava-se em linha reta. Na presença de campos gravitacionais variáveis, como um raio de luz determinaria uma trajetória retilínea? O comportamento da trajetória do raio de luz através de um campo gravitacional variável pode ser comparado ao de uma linha representada numa superfície curva. No caso de superfícies curvas, a menor distância entre dois pontos é uma curva (geodésica)⁷. *A curvatura da luz indicava, portanto, que a estrutura do espaço através do qual o raio de luz viaja seria curvada pela gravidade*⁸. O trajeto mais curto através de uma região do espaço curvada pela gravidade teria uma aparência distinta das linhas retas da geometria tradicional dos espaços planos (euclidiana). Havia, contudo, outro indício de que nova forma de geometria seria necessária para se considerar o problema. Tal evidência se revelou a Einstein quando ele considerava o caso do disco giratório. Registremos brevemente este indício.

Conforme um disco gira, sua circunferência contrai-se na direção do movimento, quando observado do sistema de referência de uma pessoa que não está girando com ele. O diâmetro do círculo, contudo, não sofre nenhuma contração. Portanto, a razão entre a circunferência do disco e seu diâmetro não será mais dada por pi. A geometria euclidiana não se aplica a esses casos.

O movimento rotativo é uma forma de aceleração, pois a cada momento um ponto na borda está mudando de direção, o que significa que sua velocidade (uma combinação de rapidez e direção) sofre mudanças. Como é necessário usar a geometria não euclidiana para descrever esse tipo de aceleração, segundo o princípio da equivalência ela também será necessária para gravitação. (Isaacson, 2010, p. 208)

Como é possível que um objeto com a forma de um círculo viole o antigo postulado da geometria (plana), de que para qualquer círculo a razão entre seu diâmetro e circunferência seja sempre e exatamente igual a pi (π)? Este fenômeno aparentemente contraditório, na perspectiva de Einstein, levá-lo-ia a propor

⁷ A *geodésica* é uma definição formal do conceito de menor distância entre dois pontos em espaços não-euclidianos. A geodésica é para o espaço curvo aquilo que a reta representa para espaços euclidianos (planos).

⁸ Einstein apresentou uma previsão para a luz que atravessava o campo gravitacional próximo do Sol. Sua previsão de desvio da luz foi confirmada em 1919 por um eclipse solar. Uma das expedições que confirmaram esta previsão foi feita na cidade de Sobral, no Ceará. Para maiores detalhes, cf. Moreira & Videira (1995).

a ideia de curvatura do espaço e substituir a geometria plana que não se aplica a viagens giratórias pela geometria generalizada de espaços curvos. No trato quase obsessivo com o problema da gravidade, Einstein foi obrigado a se resolver com a forma da geometria necessária que correspondia ao processo físico em questão⁹. Na sequência de suas investigações, ele mostraria que para todas as instâncias do movimento acelerado, a curvatura do espaço verifica-se como um resultado.

Einstein havia demonstrado, com a relatividade especial, que o espaço e o tempo não eram mais entidades independentes, eram constituintes dinâmicos de uma estrutura unificada¹⁰. Havia demonstrado ainda que *quanto mais depressa se move um objeto* (ou um observador), *mais devagar anda seu relógio*. No caso do disco giratório, para pontos mais distantes do centro, maior o percurso para se completar uma volta, portanto, maior deverá ser a velocidade deste ponto. O ritmo da passagem do tempo depende da posição, neste caso, da sua distância ao centro do disco.

A conclusão a partir do experimento do disco giratório é a seguinte: à medida que se afasta do centro, a aceleração aumenta (e sua velocidade cresce). Vemos assim que para uma aceleração maior, corresponde um relógio mais vago, ou seja, o aumento da aceleração resulta em uma curvatura mais acentuada do tempo. O que queremos dizer com a expressão “curvatura do tempo”? “O tempo é curvo se o ritmo de sua passagem difere de um lugar para o outro” (Greene, 2014, p. 85). Podemos constatar, assim, a interessante descoberta de Einstein: *o movimento acelerado resulta não apenas em uma curvatura do espaço, mas igualmente em uma curvatura do tempo*.

A descoberta revolucionária de Einstein foi esta: *a gravidade poderia ser definida como uma curvatura do espaço e do tempo* e, portanto, ser identificada geometricamente. Entre 1912 e 1915, dedicou-se energicamente a buscar as equações corretas que completassem seu trabalho de generalização da teoria da relatividade especial e obter sua teoria do campo gravitacional¹¹. Em novembro

⁹ O desenvolvimento das geometrias não-euclidianas ocorria desde a segunda metade do século XIX, com as pesquisas realizadas por Gauss, Bolyai, Lobatchevski e Riemann. Com elas inaugurou-se um debate científico e filosófico sobre a natureza da geometria apropriada ao mundo físico. Cf. Jammer (2010, cap. 5).

¹⁰ A *relatividade especial* manifesta-se, sobretudo, quando os objetos se movem a velocidades próximas à da luz no vácuo, e a *relatividade geral*, por sua vez, é requerida quando os objetos têm enorme massa ou são extremamente densos, e o encurvamento do espaço-tempo é correspondentemente significativo. Esclareceremos este último ponto mais adiante.

¹¹ A teoria de Einstein pretendia satisfazer as seguintes exigências *do ponto de vista físico*: em certas condições, reproduzir a teoria newtoniana sobre gravidade e movimento; preservar as leis de conservação da física clássica; e, por fim, satisfazer o princípio de equivalência (Isaacson, 2010, p. 213).

de 1915, finalmente concluiria sua teoria da relatividade geral, chegando ao seu *grand finale*¹², cuja ideia essencial apresentamos a seguir:

De acordo com Einstein, a gravidade é a curvatura do espaço e do tempo [...] A mera presença de um objeto dotado de massa leva o espaço a responder, curvando-se. Assim também, a Terra não se mantém em órbita por causa da atração gravitacional de algum outro objeto externo que a guie pelas depressões de um ambiente espacial curvo, como ocorre com a pequena esfera de aço na superfície de borracha. Ao contrário, Einstein mostrou que os objetos se movem através do espaço (do espaço-tempo, mais precisamente) pelo caminho mais curto possível – o “caminho mais fácil possível” ou o “caminho de menor resistência”. Se o espaço é curvo, esse caminho também será curvo. (*ibidem*, pp. 85, 90)

A equação da relatividade geral sintetiza precisamente essas informações: o lado esquerdo da equação informa como a geometria do espaço-tempo é deformada e curvada por objetos, o lado direito descreve o movimento da matéria na presença do campo gravitacional. *A interação entre ambos os lados, portanto, mostra como objetos curvam o espaço-tempo e como, por sua vez, a curvatura afeta o movimento dos objetos.* Precisamente sobre este contexto, a famosa expressão de traço poético feita pelo físico John Wheeler: “A matéria diz ao espaço-tempo como se curvar e o espaço curvo diz à matéria como se mover”.

Registremos ainda que as equações obtidas por Einstein resolviam o desconforto inicial com o qual se preocupava: por um lado, sua teoria incorporava todas as formas de movimento fosse ele inercial, acelerado, rotacional ou mesmo arbitrário; por outro lado, no cenário da relatividade geral, Einstein calculou a velocidade de propagação das perturbações da tessitura do espaço-tempo e obteve como resposta que elas viajam precisamente à velocidade da luz¹³, respeitando assim o limite cósmico determinado pela relatividade especial.

¹² A teoria da relatividade geral de Einstein é considerada por muitos como o trabalho que além de apresentar uma beleza matemática, registra uma das maiores conquistas do pensamento humano, ao passo que Dirac comentou: “[foi] provavelmente a maior descoberta científica que já se fez” (Cf. Isaacson, 2010, p. 239). Mencionemos, *en passant*, que esta teoria deu a base para a compreensão e/ou previsão dos buracos negros, da expansão do universo e, evidentemente, das próprias ondas gravitacionais. O matemático David Hilbert, ainda que também tenha chegado às equações, atribuiu os créditos da teoria a Einstein (*ibidem*, p. 237).

¹³ Na concepção einsteiniana, isto significa que se o Sol desaparecesse repentinamente – por qualquer razão que seja – produziria uma alteração na distorção (curvatura) do tecido do espaço-tempo e a Terra, por exemplo, sofreria as consequências gravitacionais deste desaparecimento pouco mais de oito minutos depois (o tempo de propagação da luz do Sol até à Terra).

Considerações finais

Feitas estas considerações sobre a relatividade geral de Einstein, podemos voltar ao nosso ponto de partida: as *ondas gravitacionais*. A colisão de dois buracos negros é um evento cósmico de tamanha intensidade que não apenas deforma sobremaneira o espaço-tempo como produz nele ondulações que se propagam pelo universo afora. São os resquícios destas *ondulações no tecido do espaço-tempo* produzidas há 1,3 bilhão de anos que foram detectados no dia 14 de setembro de 2015 pela colaboração LIGO¹⁴.

A detecção direta das ondas gravitacionais aflorou os ânimos de grande parte da comunidade científica. Comparada por alguns à mirada do telescópio à Lua por Galileu, tal descoberta naturalmente abre um novo campo de pesquisas sobre objetos astrofísicos, visto que com as ondas gravitacionais existe uma possibilidade de exploração cósmica alternativa à exploração por radiação eletromagnética. Objetos como a matéria escura¹⁵, buracos negros e, talvez, até mesmo o universo remoto podem ter suas estruturas desvendadas através das informações advindas das ondas gravitacionais. A própria gravidade, por sua vez, apesar dos avanços obtidos por Einstein, ainda permanece um desafio para a física contemporânea, especialmente na escala subatômica das interações¹⁶.

Antes de finalizar esta nota crítica, só mais uma breve consideração. Sabemos que Einstein não foi um cientista “puro” como pretendem alguns de seus admiradores. Ao contrário, ofereceria reflexões sobre as questões políticas e sociais de sua época. Suas considerações a este respeito são identificadas seja em seus escritos, como por exemplo, seu artigo “Por que o socialismo?”, publicado na *Monthly Review* em maio de 1949, seja em suas manifestações públicas de defesa das liberdades civis e de direitos políticos. Apesar das considerações políticas não constituírem o cerne desta nota crítica, não deixemos de registrar a visão de Einstein do significado *social* da ciência:

A preocupação com o próprio homem deve sempre constituir o principal objetivo de todo esforço tecnológico, preocupação com os grandes

¹⁴ Discutimos a maneira pela qual foram detectadas as ondas gravitacionais em versão online reduzida intitulada “*Ondas gravitacionais: Einstein, cem anos depois*”, publicada no *Blog Junho*, cuja versão ampliada pretendemos ter desenvolvido aqui.

¹⁵ Os resultados de observações recentes (2009-2014) do *telescópio espacial Planck* da Agência Espacial Europeia (ESA) e de estudos publicados nos inícios de 2015 a partir da observação de aglomerados galácticos em colisão indicaram uma nova distribuição na densidade de matéria e energia que compõem o universo: estima-se agora que 4.9% correspondam à matéria visível, composta por átomos, 26.8% à matéria escura e 68.3% à energia escura. Por fim, registremos que no *Phys. Rev. Lett.* (2016) 201301 (“*Did LIGO Detect Dark Matter?*”) encontra-se a interessante discussão a respeito da possibilidade de que esta detecção do LIGO seja a assinatura para a detecção de matéria escura.

¹⁶ Desde a segunda metade do século XX, esforços são realizados na direção de oferecer um tratamento quântico para a interação gravitacional (ou seja, uma teoria quântica da gravidade) e, possivelmente, a unificação das interações fundamentais. Para uma visão sobre esta busca, cf. Greene (2014) e Smolin (2002).

e não resolvidos problemas de como organizar o trabalho humano e a distribuição dos bens de consumo de maneira *a assegurar que os resultados do nosso pensamento científico possam ser uma bênção para a humanidade*, e não uma maldição. Jamais se esqueçam disso quando estiverem refletindo sobre seus *diagramas e equações*. (Einstein *apud* Mészáros, 2004, p. 281)

“Nestes *tempos instáveis*, apresento ao leitor esta pequena reflexão, objetiva, mas apaixonada, porque é minha opinião que, hoje em dia, é através da devoção silenciosa aos fins eternos comuns a todas as pessoas instruídas que *posso ajudar na recuperação política, de uma maneira mais eficiente do que através de considerações e manifestações políticas*” (Einstein, 2005, p. 664 – grifos nossos). Com isso, esperamos que o legado de Einstein ao presente século contribua de alguma maneira para avançar nossa própria contemporaneidade.

Referências

- EINSTEIN, Albert. *A Teoria da Relatividade Especial e Geral*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999 [1916].
- _____. “Indução e dedução na física” (1919)., *Scientiae Studia*, v. 3, n. 4, pp. 663-664, 2005.
- FALCIANO, F. T. “Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da relatividade geral.”, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 4, p. 4308, 2009.
- GREENE, Brian. *O Universo Elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva*. São Paulo: Companhia das Letras, 2014.
- ISAACSON, Walter. *Einstein: sua vida, seu universo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- JAMMER, Max. *Conceitos de espaço: a história das teorias do espaço na física*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010.
- MÉSZÁROS, István. *O poder da ideologia*. São Paulo: Boitempo, 2004.
- MOREIRA, I. C. & VIDEIRA, A. A. P. (orgs.) *Einstein e o Brasil*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1995.
- PATY, Michel. “Introdução a três textos de Einstein sobre a geometria, teoria física e a experiência.”, *Scientiae Studia*, v. 3, n. 4, pp. 641-662, 2005.
- SMOLIN, Lee. *Três caminhos para a gravidade quântica*. Rio de Janeiro: Rocco, 2002.

Recebido em 1º de junho de 2016

Aprovado em 8 de junho de 2016