

Einstein e Eddington antes e depois do Eclipse total do Sol de 1919

Paulo Crawford¹

¹Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Universidade de Lisboa, Campo Grande, Ed. C8; 1749-016 Lisboa, Portugal

Resumo

Neste artigo, parte-se da aventura de Albert Einstein, no processo de retirar todas as conclusões do seu Princípio da Relatividade, passando pela equivalência entre massa inercial e massa gravitacional, e prosseguindo depois com a geometrização do campo gravitacional, visto como a curvatura do espaço-tempo. Neste processo, destaca-se o papel da comprovação experimental do encurvamento dos raios luminosos junto ao campo gravitacional do Sol, da responsabilidade do astrónomo inglês Arthur Stanley Eddington e dos astrónomos do Observatório de Greenwich, que contribuíram para o reconhecimento da Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

Da Relatividade Restrita à Relatividade Geral

É sabido que Albert Einstein (1879-1955) iniciou a sua pesquisa com vista à construção de uma teoria relativista da gravitação em 1907. Nesse ano, Johannes Stark pediu a Einstein que contribuísse com um artigo de revisão sobre o princípio da relatividade para o seu *Jahrbuch*. “Princípio da relatividade”, era como Einstein designava inicialmente a sua teoria, hoje conhecida por “relatividade especial” ou “relatividade restrita”. E é nesse artigo de 1907 que Einstein publica pela primeira vez as suas reflexões sobre a relação entre o princípio da relatividade e a gravitação. Mas a partir de contribuições e comentários posteriores de Einstein, sabemos que esta não foi a sua primeira tentativa para obter uma teoria relativista da gravitação. Aparentemente, tentou pôr de pé uma teoria da gravitação compatível com a relatividade restrita, a partir de uma generalização óbvia da teoria de Newton, através de uma transformação da equação de Poisson para o potencial gravítico, com uma equação de d’Alembert. Porém, rapidamente se convenceu que uma tal teoria violava a equivalência entre massa inercial e massa gravitacional. Embora essa equivalência fosse conhecida há muito tempo, não parecia ter uma forte justificação no quadro da teoria newtoniana. Ora, Einstein estava cada vez mais convencido de que esta “coincidência” não era acidental e nela residia a chave da explicação mais fundamental da gravitação. Em concreto, para Einstein, a gravitação e a

inércia eram dois aspectos do mesmo fenómeno. E esta é uma ideia que o vai acompanhar durante os oito anos que conduzem à teoria da relatividade generalizada ou geral.

Ao longo do mês de novembro de 1915, em 4 quintas-feiras consecutivas, Einstein deu os últimos retoques na sua reinvenção radical do espaço e do tempo, reunindo-os num espaço-tempo curvo (pseudo-riemanniano) que se identifica com o próprio campo gravítico, a interação fundamental na descrição da dinâmica do Universo. Nascia a teoria da Relatividade Geral (TRG), a teoria da gravitação de Einstein!

Há uma diferença assinalável entre o espaço-tempo plano da relatividade restrita e o espaço-tempo curvo da relatividade geral. No primeiro caso, o espaço-tempo é fixo ou rígido, e caracterizado por um grupo de simetria que satisfaz as equações de Maxwell: o grupo de Lorentz restrito, que preserva também o sentido do tempo. Em suma, é um palco onde decorrem os acontecimentos físicos, mas sem qualquer intervenção da geometria.

Pelo contrário, na relatividade geral não há simetrias particulares a priori, e as equações de Einstein da relatividade geral satisfazem transformações gerais de coordenadas. E aqui, a geometria do espaço-tempo identifica-se com o próprio campo gravítico e é um actor fundamental, que participa na dinâmica das partículas e dos outros campos eventualmente presentes. Por sua vez, as várias soluções destas equações, para cada campo gravítico concreto, obtêm-se após a imposição de simetrias particulares, adaptadas a cada caso. Por exemplo, para o campo gravítico do Sol, as trajectórias dos vários planetas obtêm-se admitindo que o campo gravítico do Sol é um campo estático com simetria esférica. A solução resultante, obtida pelo astrónomo alemão Karl Schwarzschild em dezembro de 1915, descreve bastante bem as observações astronómicas para o sistema solar,

nomeadamente os avanços dos periélios dos vários planetas, e não só o do planeta Mercúrio, bem como o encurvamento dos raios luminosos da luz emitida pelas estrelas ao passar junto ao bordo do Sol. Em suma, as diferentes soluções das equações de Einstein obtêm-se impondo simetrias particulares, adaptadas a cada caso, como é, por exemplo, o caso de uma estrela colapsada num buraco negro e com simetria rotacional ou ainda o das várias soluções cosmológicas que procuram descrever um Universo em expansão.

Em resumo, poderemos dizer, seguindo a sugestão de John Stachel [1], que a tentativa de Einstein para construir uma teoria relativista da gravitação é como um drama clássico, isto é, está dividida em três actos: i) no primeiro acto, que tem lugar em 1907, convence-se que a sua primeira tentativa falha porque viola o princípio da equivalência; ii) no segundo, em 1912, conclui que qualquer generalização escalar da teoria de Newton não seria adequada. E admite então a necessidade de generalizar o espaço-tempo de Minkowski da relatividade restrita a um espaço-tempo curvo, e iii) no terceiro, após vários anos em que se convenceu que as equações do campo gravitacional não podiam ser geralmente covariantes, adopta, em novembro de 1915, equações de campo geralmente covariantes, e mostra que a solução esfericamente simétrica destas equações explica a conhecida anomalia da precessão da órbita de Mercúrio.

A Verificação Experimental da Relatividade Geral

Por vezes refere-se que Einstein parecia ser indiferente à verificação experimental das suas teorias. Conta-se, para confirmar essa atitude, que depois de Einstein mostrar, a uma estudante de doutoramento, o telegrama com a notícia dos resultados da observação do eclipse de 1919, esta perguntou-lhe como se sentiria se, pelo contrário, as observações comprovassem que a teoria era falsa, Einstein respondeu: “Lamentaria o nosso bom Deus. Em todo o caso, a teoria é correcta [2].” Mas é óbvio que a comprovação experimental da teoria da Relatividade Geral (RG) era muito importante para Einstein, e naquele momento estava seguro que a sua teoria era uma boa teoria da gravitação, melhor do que a teoria de Newton, que de resto mantinha o estatuto de uma primeira boa aproximação da sua teoria.

É claro que a teoria da RG difere bastante, nas suas previsões, da teoria de Newton, quando estão em causa velocidades próximas da velocidade da luz ou quando o campo gravitacional é particularmente intenso, pelo que Einstein reconhecia que a vizinhança do Sol era o local indicado para fazer alguns testes que sinalizassem as diferenças entre as duas teorias, e pudesse mostrar a relevância da RG face à teoria de Newton. Logo em 1907,

Einstein avançou com a proposta de dois testes: medir o desvio gravitacional para o vermelho das linhas espectrais da luz solar e detectar a deflexão da luz das estrelas ao rasar o bordo do Sol. Qualquer destes testes era particular-



Fig. 1 - Protuberância solar obtida por A. Eddington na ilha do Príncipe em 1919.

mente complicado de pôr em prática e o segundo exigia a observação de um eclipse total do Sol. Logo nessa altura, Einstein percebeu que o princípio da equivalência permitia estender algumas previsões da relatividade restrita ao estudo da gravitação. Se a presença num campo gravitacional era localmente equivalente a uma situação de movimento acelerado, então um observador longe do campo veria os relógios próximos do campo gravitacional a andar mais devagar. E, por sua vez, considerando o caso de um disco a rodar, Einstein chegou à conclusão que a aceleração e a gravidade distorcem as dimensões espaciais, pois é fácil mostrar que o perímetro da circunferência a dividir pelo diâmetro do disco, quando este roda com grande velocidade, é maior que π . Pensa-se que esta análise contribuiu para convencer Einstein que a teoria relativista da gravitação deve recorrer às geometrias de espaço-tempo curvo na presença de objectos de grande massa.

Muito depressa Einstein percebeu que não seria fácil interessar os astrónomos na comprovação da sua teoria. Na sua maioria, e pelo menos naquela altura, os astrónomos não estavam interessados em testar este efeito do encurvamento dos raios luminosos pelo Sol, cuja delicada verificação exigia a observação de um eclipse solar total e a determinação rigorosa da posição das estrelas localizadas próximas do bordo do Sol, para assim poder comparar a posição observada com a posição real das mesmas estrelas na ausência do Sol, obtida meses antes ou após o eclipse. Para já não referir o facto de, nessa época, muitos astrónomos continuarem a tentar observar, durante os eclipses solares, a presença de um planeta interior, a que chamavam Vulcano, para justificar a anomalia do avanço do periélio de Mercúrio no âmbito da teoria de Newton.

Já no seu artigo intitulado “Sobre a Influência da Gravitação na Propagação da Luz” [3], Einstein sugeria que a evidência do fenómeno poderia ser verificada pelos

astrónomos. No verão de 1911, Leo Pollak, um estudante da universidade alemã Karl Ferdinand, em Praga, onde Einstein era então professor, visitou o Observatório de Berlim, tendo-se aí encontrado com o jovem astrónomo Erwin Finlay Freundlich (1885-1964). Depois de ter obtido o seu doutoramento na Universidade de Göttingen, Freundlich tinha conseguido uma posição nesse observatório. Em conversa com Freundlich, Pollak descreveu as ideias de Einstein e conseguiu interessá-lo na questão da observação astronómica da deflexão da luz das estrelas pelo campo gravitacional do Sol. Após a visita de Pollak, Freundlich escreveu a Einstein e ofereceu-se para fazer medições da luz das estrelas ao passar junto ao planeta Júpiter, para verificar se era possível detectar a deflexão da luz pelo campo gravítico de Júpiter. É claro que essa deflexão era na altura praticamente impossível de medir, pois o ângulo de deflexão era da ordem de 0,02 segundos de arco! Einstein respondeu a Freundlich, agradecendo-lhe o seu interesse mas lamentando o facto de não haver um planeta, no sistema solar, maior que Júpiter. Os esforços de Freundlich continuaram, e Einstein por sua vez tomou a iniciativa de o visitar no Observatório de Berlim, na semana de 15 a 22 de abril de 1912. Durante essa visita, Einstein realizou algumas investigações que estão registadas num caderno de notas que permaneceram desconhecidas até serem reveladas num artigo de Jürgen Renn do Instituto Max Planck de História da Ciência, em Berlim [4].

Entre outros apontamentos, Einstein descreve nesse caderno uma descoberta espantosa que tinha acabado de fazer: o “efeito das lentes gravitacionais”, que ocorreria se a luz de uma estrela distante chegasse a um observador por intervenção de uma outra estrela mais próxima, ou de uma galáxia, como poderíamos admitir hoje. Note-se, que em 1912, ainda não havia provas concludentes da existência de galáxias exteriores à Via Láctea. Esse é um debate que vai ocupar os astrónomos até ao início dos anos 20 do século XX. O encurvamento da luz, que Einstein já tinha previsto em 1911, poderia aqui ocorrer de modo simétrico em torno do objecto que se interpõe entre a estrela distante e o observador. E, nessa situação, há um efeito de focagem da luz emitida pela estrela distante que é amplificada pela “lente gravitacional”, representada pelo objecto mais próximo, de modo que a estrela distante é observada como se estivesse mais perto. Hoje, os astrónomos usam este efeito para observar galáxias muito distantes. Embora isso implique depois um trabalho computacional delicado para separar a luz emitida do efeito produzido pela lente gravitacional.

Freundlich entra em acção: a Expedição à Crimeia

Um ano mais tarde, no princípio de setembro de 1913, Freundlich e sua noiva encontram-se com Einstein, na altura professor na Universidade de Zurique. Einstein tinha convidado Freundlich para acompanhá-lo a Frauenfeld, onde Einstein daria uma palestra sobre a teoria da relatividade. Daí viajaram até às margens do lago Constance, e mais tarde voltaram a Zurique. Durante todo esse tempo, Einstein foi discutindo com Freundlich os problemas da teoria e a forma de verificar as suas previsões.

A 8 de novembro de 1913, Einstein recebeu uma carta do professor W.W. Campbell do Observatório Lick, na Califórnia, a quem tinha solicitado fotografias de eclipses solares anteriores. Einstein enviou-as imediatamente para Freundlich verificar a existência de sinais do encurvamento da luz das estrelas na proximidade do Sol, mas essa análise foi inconcludente.

A 7 de dezembro desse mesmo ano, Einstein e Freundlich concordaram na data da próxima observação para verificar o encurvamento dos raios luminosos junto ao bordo do Sol, durante um eclipse total previsto para agosto de 1914 na Crimeia. Começaram imediatamente a preparar a expedição e a estudar os meios para a financiar, bem como a planificar a viagem até à Rússia e daí à Crimeia. Depois de ter ouvido Freundlich explicar como usar o equipamento escolhido, foi a altura de Einstein pedir ajuda a Planck para obter o apoio financeiro necessário para provar a sua teoria. Porém, apesar do interesse de Planck, a Academia Prussiana não estava muito disposta em alocar fundos para a expedição, e Einstein teve de recorrer a outra alternativa.

A 19 de julho de 1914, Freundlich e a sua equipa partiram para a Crimeia onde chegaram uma semana mais tarde. Porém, nem tiveram a oportunidade de fotografar o eclipse, que teve lugar a 21 de agosto, pois foram entretanto feitos prisioneiros na sequência do assassinato do herdeiro ao trono, o Arquiduque Franz Ferdinand e sua mulher, a 28 de junho, durante a visita à cidade de Sarajevo, e da declaração de guerra ocorrida após o ultimatum à Sérvia pelo imperador Austro-Húngaro, Franz Josef, e o apoio do kaiser alemão Wilhelm II. Davase início à I Guerra Mundial. Freundlich e os seus colegas foram considerados espões e todo o seu equipamento confiscado e só, muito mais tarde, devolvido. Para além da observação de eclipses, Freundlich também procurou, mais tarde, testar o deslocamento solar para o vermelho, mas sem qualquer sucesso.

Arthur Stanley Eddington

Einstein continuou a corresponder-se com Freundlich durante vários anos. Foi muitas vezes solicitado a ajudá-lo a encontrar um emprego ou a publicar um artigo científico. A 1 de março de 1919, Einstein escreveu a Freundlich contando-lhe que tinha acabado de ler um trabalho interessante, com uma exposição muito clara do astrofísico inglês Arthur Stanley Eddington (1882-1944). Muito provavelmente, o texto era o livro *Report on the Relativity Theory of Gravitation*, publicado em Londres, em 1918. Foi o primeiro livro sobre a teoria da relatividade (restrita e geral) publicado em língua inglesa e destinado a físicos e matemáticos. Ora, por essa altura, sem Einstein saber, Eddington estava prestes a embarcar numa viagem cujo

destino era uma ilha perto da costa equatorial de África, a ilha do Príncipe, na altura território colonial português, para observar um eclipse solar e tentar detectar o encurvamento dos raios luminosos junto ao bordo do Sol e assim comprovar a Teoria da Relatividade Geral.

Eddington foi um dos mais importantes cientistas no alvorecer da astrofísica, como novo tema científico, no início do século XX, em especial, pelo estudo da estrutura das estrelas e da explicação da sua estabilidade. Segundo Eddington, as estrelas não colapsam sob a atração gravítica da sua grande massa, devido à pressão da radiação provocada pela enorme quantidade de luz que é gerada no seu interior através da fusão termonuclear.

Eddington só tomou conhecimento da nova teoria da gravitação de Einstein em 1916, através de três artigos que lhe foram enviados pelo astrónomo holandês Willelm de Sitter (1872-1934), uma vez que por essa altura a Grã-Bretanha estava em guerra com a Alemanha e os jornais científicos alemães não chegavam às bibliotecas das universidades britânicas. Ao ler os artigos, Eddington foi rapidamente atraído pela sua lógica e estética matemática. Eddington discutiu as teorias de Einstein com o Astrónomo Real Britânico, Sir Frank Dyson (1869-1940), e juntos perceberam que um dos três testes experimentais, propostos por Einstein, não seria muito fácil de verificar pois exigia a observação das estrelas próximas do Sol durante um eclipse solar total. Mas Dyson observou que o eclipse do Sol de 1919 seria perfeito para verificar este teste, porque o Sol estaria no enxame das Híadas, um dos mais brilhantes enxames de estrelas na eclíptica. Na sequência destas constatações Dyson e Eddington começaram a fazer planos para montar uma expedição para testar a teoria de Einstein. Felizmente o armistício foi assinado a 11 de novembro de 1918, o que permitiu que as duas expedições, planeadas por Dyson e Eddington, chegassem aos seus destinos a tempo de montar os acampamentos e observar o eclipse do Sol.

Na sequência das observações levadas a cabo no Sobral, no Ceará, norte do Brasil, pelos astrónomos Andrew Crommelin (1865-1939) e Charles Rundle Davidson (1875-1970), e na ilha do Príncipe, hoje parte de S. Tomé e Príncipe, onde estiveram Edwin Turner Cottingham (1869-1940) e o próprio Eddington, foi possível testar uma das mais importantes previsões da teoria da gravitação de Einstein. Na sequência do resultado positivo dessas observações, Einstein passou a ser um dos cientistas mais famosos do mundo. É certo que Eddington foi também um dos cientistas mais importantes na afirmação da Astrofísica. Depois de ter escrito o livro já referido, Eddington escreveu um outro livro, a um nível acessível a um público mais alargado, o *Space, Time and Gravitation: An*

Outline of the General Theory of Relativity, publicado em 1920, no qual discute e apresenta o resultado das observações das duas equipas inglesas.

Após vários meses de análise dos dados, em Inglaterra, Dyson e Eddington confirmaram a previsão da teoria da gravitação de Einstein. Os resultados foram apresentados como um teste entre a teoria da gravitação de Newton e a Teoria da Relatividade Geral de Einstein. Com estas observações, ficou suficientemente claro que a teoria de Einstein passou no teste e a teoria de Newton falhou.

As notícias de que a teoria de Newton tinha falhado e sido ultrapassada pela teoria de Einstein, provocou uma grande comoção em muitos países. A situação era esta, a teoria de um alemão, Einstein, tinha ultrapassado a teoria do maior cientista inglês, Newton, num teste conduzido por um outro inglês. Eddington, pugnou para que este acontecimento contribuísse para uma reconciliação entre os dois países, após uma terrível guerra. Além disso, tanto Einstein como Eddington eram conhecidos pacifistas, que de uma forma ou de outra ambos se opunham à guerra. Sabia-se que Eddington era um Quaker, um membro da chamada Sociedade dos Amigos, uma denominação protestante pacifista. E Einstein era na altura visto como o único cientista alemão tolerado pela opinião pública mundial, pois não escondera a sua oposição à guerra, nomeadamente ao assinar um contra-manifesto que se opunha ao manifesto de cerca de 100 cientistas alemães de apoio à acção militar do seu país.

Assim, não admira que após a confirmação dos resultados positivos do eclipse de 29 de maio de 1919, apresentados por Dyson, Crommelin e Eddington, por esta ordem, numa reunião conjunta da *Royal Astronomical Society* e da *Royal Society*, de 6 de novembro de 1919, mais tarde publicados [5], e dirigida pelo patriarca da física Sir Joseph Thomson, praticamente só um respeitável físico, em fim de carreira, Sir Oliver Lodge, reagisse negativamente aos resultados apresentados, recusando-se a abandonar a teoria da gravitação de Newton, bem como o próprio conceito do referencial absoluto do éter e, por isso, também não aceitava a teoria da relatividade restrita. Note-se que Oliver Lodge era um físico respeitável e com contribuições importantes. Lodge foi a primeira pessoa a enviar uma mensagem de rádio, um ano antes de Marconi entrar em cena, num local assinalado por uma placa na Universidade de Oxford. Porém, Eddington explicou pacientemente que o peso dos resultados obtidos era avassalador, e a única previsão de Einstein que estava ainda por provar, o deslocamento para vermelho das riscas espectrais por acção do campo gravítico era uma outra história, para uma outra experiência.

Nesta descrição, não nos preocupámos em discutir os valores numéricos dos resultados obtidos pelas equipas do Sobral e do Príncipe, nem nos referimos às polémicas sobre o rigor das observações, que tiveram lugar mais tarde, especialmente no final dos anos 70 e princípio dos anos 80. Hoje essas questões estão bem esclarecidas. Quem tiver interesse em analisá-las poderá fazê-lo no seguinte artigo da *Gazeta de Física* [6] e suas referências.

À laia de conclusão

Em resumo, Einstein tinha razão: o espaço-tempo encurva na presença de um campo gravítico. Sir J.J. Thomson, que dirigiu os trabalhos da célebre reunião do *Joint Eclipse Meeting of the Royal Society*, há 100 anos atrás, resumiu a opinião que prevaleceu quando declarou:

“Este é o resultado mais importante obtido em conexão com a teoria da gravitação desde os tempos de Newton, e é adequado que seja anunciado num encontro da Real Sociedade que lhe esteve sempre tão intimamente ligada [...] - Se se confirmar que os raciocínios de Einstein se mantêm correctos e até agora têm sobrevivido a testes severos como o do perélio de Mercúrio e o presente eclipse - então este é um resultado que se pode considerar a maior conquista do pensamento humano. O ponto fraco da teoria é a grande dificuldade em representá-la. Parece que ninguém consegue compreender a nova lei da gravitação sem um conhecimento alargado da teoria dos invariantes e do cálculo das variações” [7].

Após esta importante citação do presidente da *Royal Society*, parece-me adequado acrescentar uma leitura actual, que traduz com maior clareza, como a comunidade dos relativistas incorporou a identificação entre o campo gravítico e a curvatura do espaço-tempo. Na relatividade, o espaço e o tempo estão interligados dando origem ao espaço-tempo. O campo gravitacional não está difundido pelo espaço: o campo gravitacional é o espaço-tempo! O “espaço”, no qual se movem os objectos, é parte do espaço-tempo; e o “campo gravitacional” que, nos raciocínios de Newton, transporta a força da gravidade através do espaço, na realidade identifica-se com o espaço-tempo, onde ocorrem os acontecimentos físicos. Este é o verdadeiro significado da teoria da relatividade geral, a teoria da gravitação de Einstein!

Referências:

1. John Stachel, *The First Two Acts, Einstein from 'B' to 'Z'*, p. 262, Birkhauser (2002).
2. Ilse Rosenthal-Schneider, *Reality and Scientific Truth* Wayne State University Press, p.74 (1980).
3. Albert Einstein, *Annalen der Physik* 35, p. 898-908 (1911).
4. Jürgen Renn, et al. *The Origin of Gravitational Lensing: A Postscript to Einstein's, Science*, p. 184 (1997).
5. F.W. Dyson, A.S. Eddington, C. Davidson, “A determination of the deflection of light by the Sun's gravitational field, from observations made at the total eclipse of May 29, 1919”, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A220, 291 (1920).
6. Paulo Crawford & Ana Simões, “O eclipse de 29 de Maio de 1919”, *Gazeta de Física* 32 (2,3) p. 22-28 (2009).
7. *Joint Eclipse Meeting of the Royal Society, The Observatory No. 545*, p. 394 (1919).



Paulo Crawford, Professor Aposentado do Departamento de Física da FCUL, onde leccionou disciplinas de Relatividade e Cosmologia, entre outras. Em 1994, visitou S. Tomé e Príncipe, a convite da Fundação Gulbenkian, para fazer uma palestra acerca da importância do eclipse solar de 29 de maio de 1919 para a comprovação experimental da Relatividade Geral. Desde então passou a dedicar uma parte do seu tempo de investigação à história da génese da obra de Albert Einstein.

Eddington na Sundry para além de São Tomé e Príncipe

Joana Latas, NUCLIO – Núcleo Interativo de Astronomia

Exposições com ciclo de conferências:

E3: Einstein, Eddington, Eclipse | 16 de maio a 8 de setembro | Museu de História Natural e da Ciência da Universidade de Lisboa
(informação detalhada na contracapa deste número da Gazeta de Física)

3E: 3 Eclipses | 16 de maio a 30 de setembro | Museu da Ciência da Universidade de Coimbra

Esta exposição celebra três eclipses totais do Sol:

- 21 de agosto de 1914, cuja faixa de totalidade atravessava a Europa entre a Noruega e a Ucrânia, mobilizou a comunidade astronómica internacional. Este eclipse ficou marcado pelo início da primeira grande guerra. Da Universidade de Coimbra, Francisco Costa Lobo, preparou uma expedição portuguesa que viajou com intenção de observar o eclipse na Crimeia.

- 29 de maio de 1919, total na ilha do Príncipe (costa Oeste de África) e no Sobral (Brasil), onde foi observado e fotografado por um grupo de astrónomos liderados por Arthur Eddington numa expedição conjunta entre a *Royal Astronomical Society* e a *Royal Society*. As observações deste eclipse são um marco relevante para a visão que temos hoje do Universo pois permitiram finalmente, pela primeira vez, confirmar experimentalmente a Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

- 3 de novembro de 2013, um novo eclipse solar total que foi visível na ilha do Príncipe. Foi uma oportunidade única para o Príncipe recuperar o evento científico de 1919 e ligá-lo à ciência moderna. O projecto ECLIPSE 2013: História e Ciência no Príncipe contou com dois objectivos principais: por um lado, promover e divulgar a Ciência; por outro, reafirmar o legado científico da ilha do Príncipe na História das Ciências.

Eventos relacionados:

16 de maio | 18h | Rómulo Centro Ciência Viva | palestra “A primeira fotografia de um buraco negro”, pelo astrofísico Hugo Messias (ALMA - Atacama Large Millimeter Array)

29 de maio | Museu da Ciência da Universidade de Coimbra | palestras e actividades hands-on para o público em geral, num programa ainda a divulgar em esundry.org.

Cafés-Ciência no Observatório Lago Alqueva (OLA)

O segundo sábado de cada mês (exceção julho, agosto e setembro) é assinalado no OLA com um café ciência. Até ao final de 2019 os cafés ciência serão relacionados com temas afins do E@S, sendo disponibilizados online posteriormente em esundry.org

10 x 10 “10 Temas 10 Países”

No dia 29 de cada mês (exceção fevereiro e maio) convidamos o público escolar a debater em conjunto com especialistas temas transversais de ciências, tais como: Reserva Mundial da Biosfera da UNESCO da ilha do Príncipe, Eclipses, Astronomia inclusiva, Ciência para o Desenvolvimento, Observação do céu do Greenwich, SKA, entre outros. Informação detalhada e inscrições em <https://tinyurl.com/10X10-EatS>

Gravity 2019

Em 2019 a *Global Science Opera* será dedicada ao tema gravidade. Dia 29 de maio será transmissão online da parte principal da história cocriada por alunos de escolas no Brasil, Portugal e São Tomé e Príncipe. No dia 20 de novembro, 14h CET, será a estreia da ópera já com a participação de muitos outros países.