

ONDAS GRAVITACIONAIS: DA DETECÇÃO ÀS SALAS DE AULA

LARISSA COMODARO NUNES SANT'ANA¹, RICARDO ROBERTO PLAZA
TEIXEIRA², MARCIO EDUARDO DA SILVA ALVES³

¹ Graduanda em Licenciatura em Física, bolsista de extensão do programa “*Cinedebate e atividades de educação cultural e científica*”, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, comodaro.larissa@aluno.ifsp.edu.br

² Doutor em Física Nuclear pela USP e docente do Curso de Licenciatura em Física, IFSP, Câmpus de Caraguatatuba, rteixeira@ifsp.edu.br

³ Doutor em Astrofísica pelo INPE e docente da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de São José dos Campos, marcio.alves@ict.unesp.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Ciências: 9.05.00.00-8

RESUMO: Ondas gravitacionais são distorções do espaço-tempo ocasionadas pela aceleração de corpos celestes. Foram previstas em 1916 com base na teoria da Relatividade Geral descrita por Albert Einstein. Em 1993, Russell Hulse e Joseph Taylor foram vencedores do Nobel de Física, após anos de medições do pulsar binário PSR 1913+16, o pulsar de Hulse-Taylor, conhecido por ter sido a primeira detecção indireta das ondas gravitacionais. Esse fenômeno foi medido no *Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory* (LIGO), localizado nos Estados Unidos. O Prêmio Nobel de Física de 2017 coube a Kip Thorne, Rainer Weiss, Barry C. Barish, justamente pelas suas contribuições decisivas para o detector LIGO e a observação de ondas gravitacionais. Este trabalho pretende analisar o potencial educacional envolvendo o uso das recentes descobertas a respeito de ondas gravitacionais, a partir de palestras de divulgação científica. Serão descritas e analisadas algumas atividades realizadas em instituições de ensino básico público no litoral norte do estado de São Paulo tendo o estudo das ondas gravitacionais como temática central. O trabalho consistiu no desenvolvimento de palestras com o uso e pesquisa de softwares, vídeos didáticos e aplicação de questionários a respeito do tema.

PALAVRAS-CHAVE: Relatividade geral; Ondas gravitacionais; Ensino de Física; Divulgação Científica.

1 INTRODUÇÃO

Ondas gravitacionais são pequenas perturbações do espaço-tempo que viajam na velocidade da luz. Elas foram previstas há mais de cem anos pelo físico Albert Einstein como consequência da teoria da Relatividade Geral (CREIGHTON; ANDERSON, 2011), mas foi somente a partir da década de 1960 que se iniciaram os primeiros esforços experimentais visando sua observação por meio da construção do primeiro detector de ondas gravitacionais por Joseph Weber (1919–2000). Apenas em 2015, a primeira detecção direta de ondas gravitacionais (ABBOTT, 2016) foi efetivada no *Laser Interferometer Gravitational-waves Observatory* (LIGO). Uma nova observação ocorreu na sequência (ABBOTT, 2017). Dessa forma, podemos dizer que, com esta detecção, foi iniciada uma nova era para a astronomia, com

a abertura de uma nova “janela” de detecção que permitem que informações inéditas possam ser obtidas para diferentes eventos astrofísicos. Após esses, outros fenômenos já foram detectados, não apenas pelo LIGO mas também pelo Virgo, além de uma observação simultânea de ondas gravitacionais e ondas eletromagnéticas oriundas de um mesmo evento (as publicações referentes às detecções podem ser acessadas em <https://www.ligo.caltech.edu/page/detection-companion-papers>). Como consequência destes avanços significativos, o prêmio Nobel do ano de 2017 foi entregue para Kip Thorne, Barry Barish e Rainer Weiss em virtude de suas importantes contribuições ao *LIGO* (NOBEL, 2017). Assim sendo, em certo sentido, as ondas gravitacionais podem ser consideradas “os sons ou a música do universo” (LEVIN, 2016).

Com a possibilidade de observar e mensurar os fenômenos astrofísicos através das ondas gravitacionais, novos avanços e descobertas são esperados para os próximos anos. É, portanto, fundamental traduzir e decodificar todo este corpo de conhecimento para estudantes interessados e para o público leigo em geral. Uma das razões para a inserção de tópicos de Astrofísica e Cosmologia nas aulas de Física no Ensino Médio está associada justamente à procura sistemática na história da humanidade por padrões de natureza cosmológica (FERREIRA, 2011). Existem diversos modos de despertar o interesse nos estudantes sobre a ciência em geral; em específico, a astronomia, a astrofísica e a cosmologia podem ser exploradas de diferentes formas com estudantes de modo muito produtivo (LANGHI; NARDI, 2009).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é continuidade de uma pesquisa de iniciação científica em nível do ensino médio (com bolsa PIBIC-EM), realizada no período de agosto de 2016 a julho de 2017, no âmbito do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da UNESP (Universidade Estadual Paulista) de São José dos Campos, intitulado “Compreendendo a detecção de ondas gravitacionais através da construção de um interferômetro de Michelson e de simulações”.

Para um aprofundamento na temática em foco nesta pesquisa foram explorados alguns experimentos virtuais na plataforma *phet.colorado.edu* para analisar o comportamento de ondas de natureza mecânica e eletromagnética. Em seguida, foram desenvolvidas as interpretações matemáticas do comportamento de uma onda e estruturadas funções no programa Geogebra de modo a compreender melhor os conceitos de interferência construtiva e destrutiva.

Baseado nas equações presentes no livro “*Gravitational-waves physics and astronomy: An introduction to theory, experiment and data analysis*” (CREIGHTON; ANDERSON, 2011)

e nos estudos das propriedades do sistema binário de estrelas de nêutrons conhecido como Pulsar Binário de Hulse-Taylor, foi desenvolvido um código na plataforma “GNU Octave” capaz de produzir os gráficos que simulam as séries temporais de sinais típicos detectados pelos interferômetros como o LIGO ou o Virgo. Os sinais foram modelados com a adição de uma onda gravitacional e um ruído randômico. Nosso código fornece ainda a transformada de Fourier da série temporal que permite estudar quais frequências a constituem.

Em 2018, este trabalho foi retomado no âmbito do programa de extensão “Cinedebate e atividades de educação científica e cultural” do câmpus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), com a introdução da temática das ondas gravitacionais em ações visando a popularização da ciência. Com este objetivo, foram estruturadas e realizadas atividades de divulgação científica sobre este tema para alunos de escolas públicas do litoral norte paulista. Estas atividades consistiram em palestras didáticas sobre ondas gravitacionais – com a utilização de imagens, vídeos e simulações – que tiveram início em maio de 2018 durante a realização do IV Minicurso Livre de Astronomia do IFSP-Caraguatatuba que contou com mais de 100 inscritos. Foram realizadas também palestras na Escola Estadual Maria Ester Dutra Damásio, escola situada na periferia de Caraguatatuba, para alunos do 1º ano do Ensino Médio e, também, na Escola Estadual Antonio de Freitas Avelar, escola situada na região central de Caraguatatuba, para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um interferômetro (como o LIGO e o Virgo) permite estudar eventos ondulatórios analisando padrões de interferência construtiva e destrutiva das ondas. Existem ferramentas computacionais disponíveis softwares livres, como o Geogebra, que permitem compreender melhor como o fenômeno da interferência ocorre. Para exemplificar, apresentamos, na FIGURA 1, gráficos produzidos com o Geogebra.

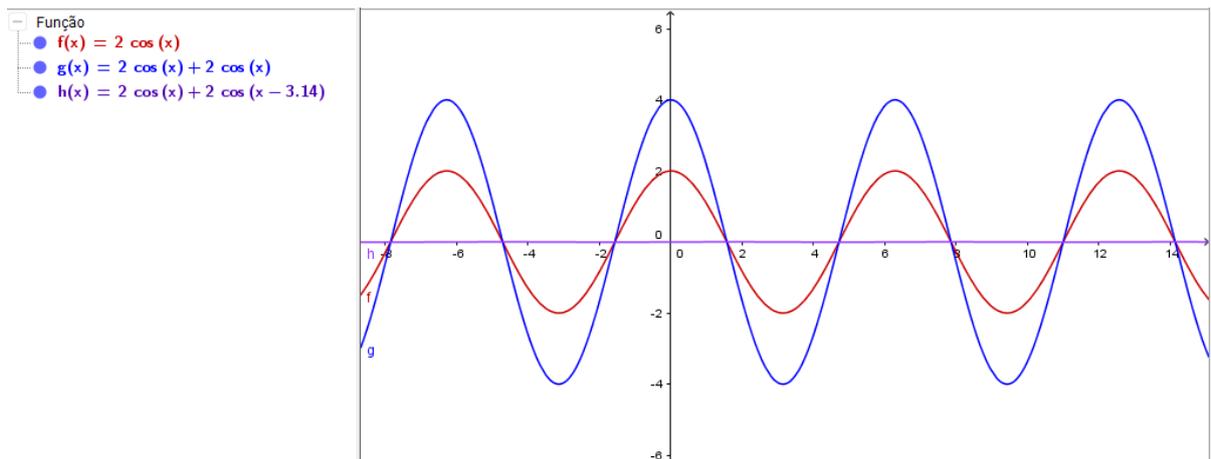


FIGURA 1: O gráfico em azul é o resultado da interferência construtiva de duas cossenóides em fase, enquanto que a reta em roxo (que coincide com o eixo horizontal) foi obtida a partir da combinação de duas cossenóides fora de fase por 180° .

O trabalho de divulgação sobre ondas gravitacionais no âmbito do programa de extensão “Cinedebate e atividades de educação científica e cultural” do IFSP-Caraguatatuba, iniciou-se em maio de 2018, durante o IV Minicurso Livre de Astronomia que foi aberto ao público interessado pela temática, inclusive para a comunidade externa ao IFSP. Os dois dias de aulas deste minicurso foram gravados e estão disponíveis para serem assistidos no canal “Educação Científica IFSP-Caraguatatuba” (< https://www.youtube.com/channel/UCZ1AurjXPjOhiq_9WGg0zXQ>). Particularmente, o tema das ondas gravitacionais foi abordado entre os tempos 01:06:00 e 01:28:05 do vídeo armazenado em < <https://www.youtube.com/watch?v=GXnTsstGaOo>> .



FIGURA 2 – Capa da palestra de divulgação científica ministrada nas escolas estaduais

No mês de junho de 2018, uma palestra especificamente sobre ondas gravitacionais foi apresentada em duas instituições públicas de ensino da cidade de Caraguatatuba (SP). Na Escola Estadual Maria Ester Dutra Damásio, escola da periferia de Caraguatatuba, o público da audiência era constituído por alunos do 1º ano do ensino médio. Uma segunda apresentação ocorreu na Escola Municipal Antonio de Freitas Avelar, escola da região central de Caraguatatuba, com o público sendo constituído por alunos do 9º ano do ensino fundamental. Ao longo da palestra, em ambas as escolas, foram propostas a pergunta “*Vocês seriam capazes de explicar estes assuntos aos seus amigos após esta palestra?*”, de modo a incentivar uma atitude reflexiva por parte dos alunos presentes e tornar a apresentação mais participativa, rompendo com o tradicionalismo da “quarta parede” que afasta o público do palestrante. A palestra intitulada “Ondas Gravitacionais: Sobre detecções e fontes astrofísicas emissoras” procurou explicar como ocorreu a detecção das ondas gravitacionais realizada pela primeira vez em 2015 e porque esta descoberta causou tantos impactos na comunidade científica em geral, sobretudo destacando o fato de que ela, na prática, abriu uma nova “janela” para observar o universo: agora, além das várias faixas do espectro de ondas eletromagnéticas (luz visível, ondas de rádio, raios X, etc) é possível também observar alguns eventos astronômicos por meio das ondas gravitacionais. O “barulho” (“gorjeio”) produzido pelas ondas gravitacionais detectadas pelos equipamentos do LIGO (Observatório de Ondas Gravitacionais por

Interferômetro Laser) foi apresentado para os alunos presentes e ele pode ser escutado no seguinte link: < <https://www.youtube.com/watch?v=TWqhUANNFXw>> . Além disso, um vídeo didático e curto (9 minutos), intitulado “O absurdo da detecção das ondas gravitacionais”, pode ser acessado e assistido em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iphcyNWFD10>>.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste projeto foi possível perceber que um dos fatores que enfraquece a pesquisa científica no Brasil pode ser a falta de base e interesse nos primeiros contatos com as disciplinas de ciências naturais na educação básica. Um ponto de destaque para as palestras que realizamos foi o destaque dado à importância da participação das mulheres na ciência em geral e na astronomia e na física, em particular, de modo a incentivar as meninas presentes a pensassem de modo consequente em seguirem uma carreira nestas áreas em seu futuro profissional.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, B. P. et al. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. **Physical Review Letters**, 116, 061102, 12 Feb. 2016. Disponível em: < <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.116.061102>> . Acesso em: 08 mai. 2018.
- ABBOTT, B. P. et al. GW170104: Observation of a 50-Solar-Mass Binary Black Hole Coalescence at Redshift 0.2. **Physical Review Letters**, 118, 221101, 02 Jun. 2017. Disponível em: < <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.118.221101>> . Acesso em: 09 mai. 2018.
- CREIGHTON, J. D. E.; ANDERSON, W. G.; **Gravitational-waves physics and astronomy: An introduction to theory, experiment and data analysis**, 2011. Disponível em: < [http://power.itp.ac.cn/~guozk/books/Gravitational-Wave_%20Physics_and_Astronomy\(Creighton_Anderson_2011\).pdf](http://power.itp.ac.cn/~guozk/books/Gravitational-Wave_%20Physics_and_Astronomy(Creighton_Anderson_2011).pdf)> . Acesso em: 02 ago. 2018.
- FERREIRA, Elvis Camilo. **Inclusão de astrofísica e cosmologia no ensino médio: uma motivação ao estudo de ciências**. Monografia do Curso de Licenciatura em Física da UNESP -Presidente Prudente, 2011. Disponível em: < <https://alsafi.ead.unesp.br/bitstream/handle/11449/149279/000875964.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> . Acesso em: 13 mai. 2018.
- LEVIN, Janna. **A Música do Universo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.
- NOBEL. **The 2017 Nobel Prize in Physics – Press Release**. 2017. Disponível em: < https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2017/> . Acesso em: 12 mai. 2018.
- LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. **Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Sociedade Brasileira de Física, v. 31, n. 4, p. 4402-4412, 2009. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/8317>> . Acesso em: 13 set. 2018.