

Ex.: 1.04.99 - Astronomia.

ANÁLISE DE RUÍDOS EM DADOS DO LIGO: DIFICULDADES NA DETECÇÃO DE ONDAS GRAVITACIONAIS

Deivide Farias Moraes^{1*}, Nicolas O. L. de Oliveira², Aidil G. Garcez³

1. Estudante do Centro Juvenil de Ciência e Cultura - CJCC, Salvador

2. Monitor voluntário de Astronomia do Centro Juvenil de Ciência e Cultura – CJCC / Co-orientador

3. Professora de Ciências da Natureza do Centro Juvenil de Ciência e Cultura – CJCC / Orientadora

Resumo:

Ondas gravitacionais são ondulações da curvatura do espaço-tempo que se formam através dos mais violentos e energéticos eventos no Universo, como sistemas binários de corpos massivos. Em 14 de setembro de 2015, os pesquisadores do LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory*) fizeram a primeira detecção de ondas gravitacionais. Há quase 100 anos desta data, a publicação da Teoria da Relatividade Geral pelo físico alemão, Albert Einstein, previu a existência de tais fenômenos.

Neste trabalho apresentamos os resultados de uma análise sistemática dos dados coletados pelo LIGO e divulgados ao público pelo projeto de colaboração científica *Gravity Spy*. Tais dados consistem em espectrogramas onde é possível identificar ruídos que podem imitar sinais astrofísicos, como o das ondas gravitacionais. Analisamos e categorizamos um total de 420 dados e, em seguida, os enviamos ao grupo de pesquisadores responsável pelo projeto.

Palavras-chave: Astronomia; ruídos; ondas gravitacionais.

Apoio financeiro: Secretaria da Educação do estado da Bahia.

Introdução:

No ano de 1915, o físico alemão Albert Einstein publicou aquela que se tornaria a concepção contemporânea da gravitação: a Teoria da Relatividade Geral (TRG). A TRG possibilita a generalização do princípio da relatividade do movimento (estabelecido na Teoria da Relatividade Restrita de 1905) para sistemas que incluam campos gravitacionais, proporcionando uma descrição unificada da gravidade como uma propriedade geométrica do espaço e do tempo (definida na terminologia espaço-tempo) [1].

Algumas previsões feitas pela TRG diferiram significativamente daquelas feitas pela física clássica, especialmente aquelas

referentes à passagem do tempo, à geometria do espaço, ao movimento dos corpos acelerados e à propagação da luz. Além destas, previu também a existência das ondas gravitacionais, detectadas pela primeira vez no dia 14 de setembro de 2015 pelo *Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory* (LIGO) [2], quase cem anos depois da publicação da TRG.

De modo simplificado, o LIGO é composto por detectores similares aos interferômetros de Michelson, onde disparam lasers por braços de quatro quilômetros de comprimento. Estes são configurados para que as ondas interfiram de forma destrutiva, resultando em nenhum sinal nos detectores. No entanto, se um desses braços é esticado ou encolhido, digamos por uma onda gravitacional, os feixes, que percorrerão então distâncias levemente distantes, criarão um sinal.

As ondas gravitacionais são vibrações no espaço-tempo que se propagam como ondas viajando à velocidade da luz. Em termos gerais, são originadas por objetos massivos acelerados como, por exemplo, sistemas binários de buracos negros, estrelas de nêutrons e até mesmo estrelas em estágios finais de vida [3].

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é auxiliar o desenvolvimento do conhecimento científico sobre o fenômeno das ondas gravitacionais através da análise e categorização dos dados coletados pelo LIGO e divulgados ao público pelo projeto *Gravity Spy* [4], que visa obter auxílio de voluntários na pesquisa científica, uma vez que olhos humanos são melhores que computadores na identificação de determinados padrões. Este trabalho foi desenvolvido no Centro Juvenil de Ciência e Cultura de Salvador, uma unidade de ensino não-formal, criada pela Secretaria da Educação do Estado da Bahia com o intuito de diversificar e fortalecer o currículo estudantil da educação básica.

Metodologia:

A plataforma virtual do *Gravity Spy* oferece ao colaborador tutoriais sobre como

analisar corretamente os dados divulgados e um espaço de discussão e troca de informações com outros colaboradores.

Especificamente, os dados são compostos por imagens onde se encontram espectrogramas em que é possível ver ruídos (em sentido análogo ao termo inglês *glitches*) causados por fontes diversas, tais quais abalos sísmicos e fenômenos atmosféricos, que podem imitar sinais astrofísicos verdadeiros de detecção de ondas gravitacionais.

Tais espectrogramas são representados por gráficos do tipo *frequência (Hz) x tempo (s)*, que representa, no eixo horizontal, quanto tempo dura o ruído e, no eixo vertical, qual sua frequência. A coloração representa a intensidade do ruído, que indica o quanto esta falha moveu os braços do detector.

A análise dos espectrogramas consistiu na classificação dos ruídos em três categorias de acordo com suas morfologias: na primeira categoria, chamada ruídos tipo *blip*, colocamos os ruídos que possuíam formatos de gotas d'água simétricas. Na segunda categoria, ruídos tipo *whistle*, colocamos aqueles que possuíam formatos em forma de W ou V. Por fim, na terceira categoria, inserimos os ruídos que não se encaixaram nas características de nenhuma das duas outras categorias.

Para tanto, utilizamos os próprios recursos virtuais da plataforma, que oferecia opções de análise para cada imagem fornecida. Dispomos apenas de computadores com acesso a internet para a realização deste trabalho.

Resultados e Discussão:

Realizamos análises em 430 espectrogramas, dentre os quais 241 apresentaram ruídos do tipo *blip*, 169 do tipo *whistle* e apenas 20 eram de naturezas distintas a essas.

A Figura 1 apresenta um exemplo de ruído tipo *blip*.

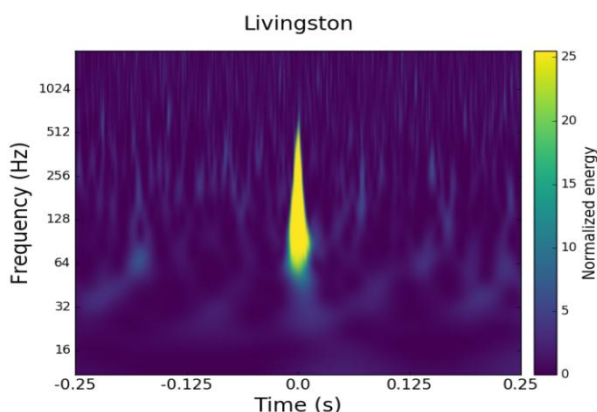


Figura 1. Ruído em formato de gota.

A Figura 2 apresenta um exemplo de ruído tipo *whistle*.

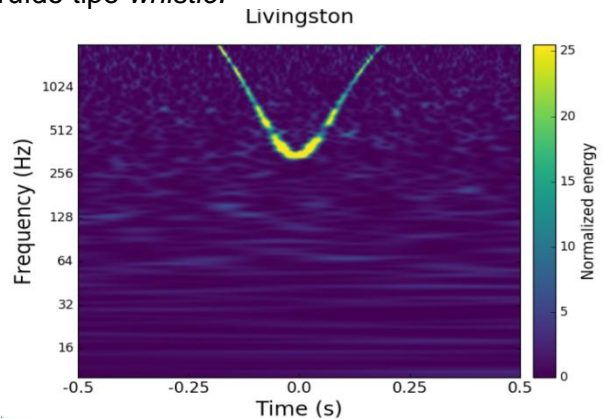


Figura 2. Ruído em formato de V.

E a Figura 3 apresenta um exemplo de ruído fora desses padrões anteriores, os quais foram classificados em uma terceira categoria.

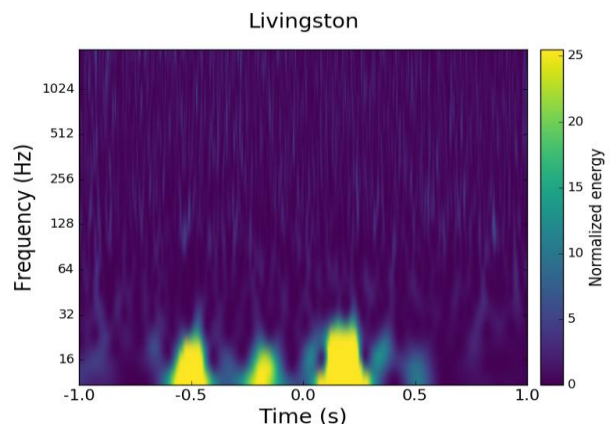


Figura 3. Ruído em formato aleatório.

As fontes de ruído analisadas são, provavelmente, instrumentais (do próprio aparato experimental) e ambientais (como por exemplo, pequenas movimentações nas placas tectônicas).

Posteriormente, todos os dados foram enviados ao grupo de pesquisa responsável pelo projeto *Gravity Spy*.

Conclusões:

O LIGO é o experimento gravitacional mais sensível e complicado já construído. Para detectar ondas gravitacionais, mesmo dos eventos mais fortes no Universo, é preciso ser capaz de saber quando o comprimento de seus braços de 4 km mudam por uma distância 10.000 vezes menor do que o diâmetro de um próton! Isso torna o LIGO suscetível a uma grande quantidade de fontes instrumentais e ambientais de ruído.

Assim, este trabalho contribuiu para a pesquisa científica de fronteira com análises inéditas de ruídos que poderão auxiliar na posterior detecção de ondas gravitacionais.

Além disso, aproximou o estudante da escola pública básica do conhecimento científico, aguçando o seu interesse e curiosidade pela Astronomia e ciências afins.

Referências bibliográficas

- [1] O'CONNOR, J.J.; ROBERTSON, E.F. **General relativity. Mathematical Physics index**. School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, 1996.
- [2] ABBOTT, B. P. et al. *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger*. **Physical Review Letters**, 116, 2016.
- [3] MACHADO, M. **Ondas gravitacionais e gráviton**. IFRGS. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1493>. Acesso em 14 de fevereiro de 2017.
- [4] GRAVITY SPY. Disponível em: <https://www.zooniverse.org/projects/zooniverse/gravity-spy>