

REFLEXÕES SOBRE UMA APRESENTAÇÃO SOBRE A HISTÓRIA DOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS ACERCA DE BURACOS NEGROS

GABRIEL SANTOS SILVA¹, RICARDO ROBERTO PLAZA TEIXEIRA²

¹Discente do curso de Licenciatura em Física e bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Caraguatatuba, silva.gabriel4@aluno.ifsp.edu.br.

²Doutor em Física pela USP e docente do IFSP, Campus Caraguatatuba, rteixeira@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Métodos e Técnicas de Ensino – 7.08.04.02-8

RESUMO: Este trabalho objetiva analisar o processo de elaboração de uma apresentação sobre a história dos conhecimentos científicos a respeito de Buracos Negros (BNs), em que são abordados temas relacionados à evolução dos conceitos científicos e descobertas nesse campo. A pesquisa realizada destaca a importância de contextualizar o ensino de ciências, mostrando como a história da ciência enriquece a aprendizagem dos alunos. Além disso, são discutidos os desafios e benefícios de incluir a história da ciência nas aulas para promover uma visão mais crítica e reflexiva sobre a produção de conhecimentos científicos. O trabalho analisa os temas e conceitos trabalhados nos slides da apresentação em foco. Os resultados indicam que essa abordagem pode aumentar o interesse dos estudantes e fortalecer a conexão entre a ciência e suas implicações para a sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: história da ciência; singularidade; horizonte de eventos; velocidade de escape.

1 INTRODUÇÃO

A elaboração de apresentações científicas voltadas ao ensino exige um planejamento cuidadoso, que precisa levar em consideração tanto o conteúdo quanto a abordagem pedagógica. No caso dos BNs, tema de grande complexidade e, ao mesmo tempo, que exerce tanto fascínio nas pessoas, a história dos conhecimentos científicos sobre eles oferece uma oportunidade para explorar conceitos fundamentais da física e da astronomia e estimula a curiosidade dos estudantes.

Ao abordar a história do conceito de BN, é essencial contextualizar as ideias desde os primeiros estudos sobre gravitação feitos por Isaac Newton (1643-1727) e a Teoria da Relatividade Geral (TRG), proposta por Albert Einstein (1879-1955), até as contribuições feitas por cientistas como Karl Schwarzschild (1873-1916) e Robert Oppenheimer (1904-1967), incluindo as teorias mais recentes sobre esses objetos astronômicos. Essa linha histórica permite aos alunos compreenderem como as ideias científicas se desenvolvem e se modificam com novas evidências e avanços tecnológicos. A interdisciplinaridade entre física, matemática e astronomia também pode ser explorada, oferecendo uma visão não compartimentada do processo científico.

O desafio, com frequência, está em adaptar os conceitos complexos acerca de BN a uma linguagem acessível, sem perder a precisão científica. A utilização de recursos visuais e narrativas históricas é uma estratégia útil para tornar uma apresentação acerca de BNs mais envolvente. Este trabalho busca refletir sobre essas estratégias e como elas podem contribuir para o ensino de ciências, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais clara e contextualizada sobre o que são BNs e como esse campo de estudo se consolidou ao longo da história.

2 TEORIA

Os BNs são uma previsão da Teoria da Relatividade Geral. Esses objetos são envoltos por uma superfície de sentido único, o horizonte de eventos, que impede qualquer coisa de escapar, inclusive a luz. A trajetória da descoberta dos BNs começou em 1916, com a solução das equações de Einstein por Schwarzschild, mas foi apenas em 1939 que Oppenheimer apresentou uma publicação detalhando o colapso gravitacional que os forma (Almeida, 2020).

O conceito de "estrelas escuras" foi desenvolvido por John Michell (1724-1793) no final do século XVIII, muito antes da teoria moderna acerca dos BNs. Em 1783, Michell propôs que, se uma estrela tivesse massa suficiente, sua força gravitacional seria tão intensa que nem mesmo a luz poderia escapar dela. Para o cálculo de características destes corpos (como massa e raio), ele utilizou o cálculo da velocidade de escape – que é a velocidade mínima necessária para superar a gravidade de um corpo celeste – e observou que esses corpos, chamados por ele de “estrelas escuras”, seriam invisíveis, pois a luz não conseguiria se libertar de seu campo gravitacional (Almeida, 2021).

A evolução do conceito de BN, sobretudo nas últimas décadas, continuou a partir de novas descobertas teóricas e observacionais, consolidando o papel desses objetos na astrofísica moderna. Estudos recentes levaram à identificação de novas classes de BNs, como os supermassivos, localizados nos centros de galáxias, como o Sagitário A* na Via Láctea, e os BN de massa intermediária, cujas fusões têm sido detectadas pelos observatórios LIGO e VIRGO (Cienfuegos, 2022).

Uma recente descoberta do Telescópio Espacial James Webb da NASA (2024) revelou que algumas galáxias formadas no início do universo não eram tão massivas quanto inicialmente se pensava. Esse fenômeno refere-se à discrepância entre as expectativas teóricas sobre o tamanho e a massa das galáxias primordiais e as observações feitas pelo Webb. Astrônomos, ao analisarem as primeiras imagens de galáxias, ficaram impressionados com o que pareciam ser galáxias muito grandes e brilhantes. No entanto, estudos mais detalhados mostraram que a interpretação original da massa e do tamanho dessas galáxias estava errada. As novas análises indicam que as galáxias não eram tão anormalmente massivas, ajustando os modelos de formação galáctica. Isso ocorre porque BNs supermassivos em galáxias jovens aumentam seu brilho, criando a ilusão de uma massa maior. Essa descoberta também destaca a importância do Telescópio Webb na investigação das primeiras fases da evolução galáctica, contribuindo para o conhecimento de como as galáxias se formaram e se desenvolveram ao longo do tempo.

Entretanto, as discussões sobre a realidade física dos BNs permanecem acirradas (Soares, 2022): embora esses objetos sejam fascinantes do ponto de vista matemático, ainda carecem de uma explicação completa do ponto de vista da física, especialmente no que diz respeito à singularidade existente no seu interior que implicaria uma densidade que tende a infinito. Reflexões como esta, nos levam a ponderar sobre a natureza da ciência, em que avanços teóricos muitas vezes precedem nossa capacidade experimental de validar certas ideias. O uso do conceito de BN e sua história no ensino de física pode promover atividades interdisciplinares que conectam a evolução histórica da ciência com fenômenos astrofísicos atuais (Barbosa; Calheiro, 2022).

Ao longo das décadas, a observação dos BNs se tornou possível por meio de tecnologias cada vez mais avançadas, como, mais recentemente, a detecção de ondas gravitacionais. Ondas Gravitacionais são ondulações na curvatura do espaço-tempo que se propagam pelo espaço. São ondas transversais que viajam à velocidade da luz sendo emitidas por colisões violentas que acontecem no Universo.

A primeira imagem capturada do BN supermassivo no centro da galáxia M87 trouxe uma nova dimensão à compreensão do tema. Como aponta Matsuura (2020), a

expressão "imagem de um BN" parece contraditória, já que o próprio BN é invisível; o que observamos são os efeitos gravitacionais em seu entorno.

A colaboração internacional envolvida no projeto EHT (*Event Horizon Telescope*), que inclui centenas de cientistas de várias partes do mundo, demonstra o poder da ciência coletiva para alcançar avanços notáveis (Neves, 2020). O BN em M87, com uma massa equivalente a 6,5 bilhões de sóis, se tornou o foco de investigações científicas por sua proximidade relativa e pela clareza de observação que proporcionava, superando até mesmo o BN em Sagitário A*, que se encontra no centro da Via Láctea (Madejsky, 2023), mas é dificultado pela poeira interestelar que bloqueia parte das observações. Além disso, o impacto dessa primeira imagem de um BN foi comparado a outras grandes conquistas astronômicas, como a famosa fotografia da Terra como um "pálido ponto azul" capturada pela sonda Voyager I (Matsuura, 2020).

Quando uma estrela se aproxima demais de um BN supermassivo, ela pode ser dilacerada pelo fenômeno conhecido como "Evento de Interrupção de Marés" (em inglês, "*Tidal Disruption Event*", que é representado pela sigla TDE). Ao se desfazer, parte da estrela é ejetada no espaço, enquanto o resto se aproxima do BN, orbitando até ser engolido. Esse processo emite luz intensa, que pode ser observada e estudada pelos cientistas para determinar a massa e a rotação do BN. O clarão de luz gerado, embora breve, é, portanto, altamente revelador sobre a existência e as propriedades dos BNs (Oliveira; Lobo; Carvalho, 2022). Esses eventos destrutivos são uma das maneiras de "ver" os BNs.

As observações recentes, como as realizadas por Andrea Ghez e Reinhard Genzel, laureados com o Nobel de Física de 2020, mostraram que estrelas podem orbitar o centro da nossa galáxia sob o efeito de uma força gravitacional massiva que só pode ser atribuída a um BN (Falciano, 2023). A detecção dessas órbitas permitiu inferir que o BN no centro da Via Láctea tem uma massa aproximada de 4 milhões de sóis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta é uma pesquisa exploratória, descritiva e qualitativa (Severino, 2007) que tem o propósito de examinar as possibilidades educacionais da história de como se desenvolveu o conceito de BN, em uma apresentação de divulgação científica. Portanto, em seus procedimentos, tentou-se compreender melhor a temática em foco de modo a aprofundar os conhecimentos acerca do assunto (Lösch; Rambo; Ferreira, 2023).

A metodologia deste trabalho visou analisar a elaboração de uma apresentação científica sobre BNs, para um minicurso de História da Ciência, planejado por alunos de Licenciatura em Física do IFSP-Caraguatubá. A abordagem qualitativa focou na revisão de literatura e em estratégias pedagógicas para facilitar o ensino.

O primeiro passo foi realizar um levantamento bibliográfico sobre a evolução histórica das teorias sobre BNs, desde as primeiras ideias de colapsos gravitacionais no século XVIII até as descobertas recentes envolvendo a relatividade geral e os BNs supermassivos. Fontes como artigos acadêmicos, livros de divulgação científica e vídeos foram analisados para construir um panorama abrangente.

Em seguida, foram investigadas diferentes metodologias de ensino que poderiam ser aplicadas à apresentação, com foco em abordagens interativas e visuais. Modelos educacionais e o uso de simulações e vídeos foram explorados como estratégias eficazes para tornar o conteúdo mais acessível. Paralelamente, considerou-se o uso de elementos históricos para conectar a evolução das teorias a contextos sociais e culturais relevantes.

Para preparar a apresentação, elaborou-se uma estrutura temática (um roteiro) que organizou o conteúdo em blocos de assuntos, começando com uma introdução às teorias iniciais sobre gravitação e terminando com as mais recentes descobertas sobre BNs. Foi

feita, durante a investigação, uma análise crítica das primeiras versões da apresentação para avaliar a compreensão do conteúdo e realizar ajustes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação sobre a história dos conhecimentos científicos acerca de BNs ainda não foi realizada até o momento em que este trabalho está sendo escrito (início de outubro de 2024), pelo fato de a data de realização do Minicurso de História da Ciência ser muito próxima à data de submissão de trabalhos para este Seminário.

Foi possível identificar, no processo de elaboração, algumas questões importantes que podem contribuir para o planejamento de atividades didáticas semelhantes. O desenvolvimento da estrutura da apresentação e a organização dos conteúdos permitiram visualizar os principais desafios de ensinar um tema complexo, como os BNs, dentro de uma perspectiva tanto histórica, quanto científica.

Um dos primeiros pontos constatados foi a identificação da importância do contexto histórico no ensino de ciências. A inclusão da história da evolução das teorias científicas, desde as ideias de Mitchell até os avanços contemporâneos, mostrou-se uma abordagem com um grande potencial para atrair o interesse dos participantes.

Outro ponto de reflexão foi a importância dos recursos visuais e interativos na explicação de conceitos abstratos. De modo geral, a utilização de simulações, vídeos e animações sobre temas científicos complexos, além de imagens históricas e diagramas, é uma estratégia fundamental para facilitar a compreensão.

Além disso, a aplicação de uma sequência didática bem estruturada, dividindo o conteúdo em blocos temáticos, em ordem crescente de dificuldade, foi considerada uma característica positiva para a organização das informações de forma lógica e gradual.

A preparação dos slides desta apresentação se preocupou em primeiro lugar em refletir sobre o tempo de 15 minutos disponibilizado para exibir e discutir os conceitos incluídos nos slides. Além disso, pensou-se no público que participaria do Minicurso de História da Ciência que seria composto por pessoas leigas interessadas por temas científicos e/ou questões históricas. Esses fatores foram considerados no momento de elaboração de cada slide da apresentação, que na versão existente quando esse trabalho estava sendo escrito tinha um total de 21 slides cuidadosamente estruturados para abordar de maneira abrangente o tema dos BNs, desde conceitos básicos até implicações mais avançadas.

O primeiro slide apresenta informações iniciais, incluindo o título do trabalho, o autor e o professor orientador. Já os slides 2 e 3 introduzem o conceito de BN, explicando que se formam pelo colapso gravitacional de estrelas massivas no final de suas vidas, quando o combustível para fusão nuclear se esgota, levando a gravidade a superar as forças que sustentavam a estrela.

O 4º slide explora a Lei da Gravitação Universal, formulada por Isaac Newton em 1687, explicando que a força gravitacional entre dois corpos é proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. No 5º slide, o conceito de velocidade de escape é apresentado, com destaque para sua fórmula derivada da conservação de energia, e é citado o exemplo da Terra, cuja velocidade de escape é de cerca de 11,2 km/s.

A evolução histórica do conceito de BN é o tema central dos slides seguintes. No 6º slide, é discutida a contribuição de John Michell, que no século XVIII sugeriu, com base na mecânica clássica de Newton, a existência de corpos com campos gravitacionais tão intensos que nem mesmo a luz poderia escapar. O 7º slide apresenta a solução de Karl Schwarzschild, em 1916, para as equações da Relatividade Geral de Einstein, que definiu o raio de Schwarzschild, o horizonte de eventos dos BNs. No 8º slide, são destacadas as

contribuições de Chandrasekhar, que, em 1930, estabeleceu o limite de massa que determina se uma estrela evoluirá para um BN.

No 9º slide, menciona-se o trabalho pioneiro de J. Robert Oppenheimer e Hartland Snyder, que, em 1939, modelaram teoricamente o colapso gravitacional de estrelas massivas, validando o conceito de BN. Já o 10º slide descreve a detecção de Cygnus X-1, em 1964, um dos primeiros fortes candidatos a BN, baseado na observação de uma estrela orbitando um objeto invisível massivo.

Os slides 11 e 12 detalham o processo de formação de BNs, que ocorre após o colapso do núcleo de uma supernova, resultando em uma singularidade – uma região com densidade infinita – cercada por um horizonte de eventos. No 13º slide, é abordada a primeira imagem de um BN obtida em 2019 pelo Event Horizon Telescope, um marco na astrofísica observacional, que revelou o BN no centro da galáxia Messier 87.

O BN supermassivo Sagittarius A*, localizado no centro da Via Láctea, é o foco do 14º slide, que descreve como sua existência é inferida pelo comportamento orbital das estrelas ao seu redor. O 15º slide apresenta as três classes principais de BNs: estelares, supermassivos e intermediários, categorizados principalmente pela massa. No 16º slide, discute-se o impacto dos BNs supermassivos na evolução das galáxias, incluindo a formação estelar e as emissões de radiação em Núcleos Ativos de Galáxias (AGN).

Os slides 17 e 18 tratam de descobertas recentes feitas pelo Telescópio Espacial James Webb, que desafiam os modelos tradicionais de formação de galáxias, revelando galáxias massivas muito antigas e o papel dos BNs em criar a ilusão de maior massa em galáxias jovens ao aumentar seu brilho.

Finalmente, os slides 19 a 21 são dedicados às considerações finais, às referências bibliográficas e aos agradecimentos, encerrando a apresentação com uma síntese do impacto dos BNs na astrofísica e na compreensão do universo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do minicurso de história da ciência permitirá testar as estratégias de ensino utilizadas na estruturação da apresentação discutida neste trabalho, de modo a obter considerações diretas dos participantes, o que será fundamental para refinar a abordagem e avaliar seu impacto no aprendizado.

A apresentação sobre a história dos conhecimentos científicos relacionados a BNs elaborada destacou a importância de integrar o contexto histórico ao ensino de ciências, pois isso enriquece a compreensão dos alunos sobre os conceitos científicos abordados e estimula um pensamento crítico sobre a evolução da ciência.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSP pelo fomento para esta pesquisa ser realizada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carla Rodrigues. A pré-história dos buracos negros. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20200197, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/pNWMzvbjGv9cZjd8smp5N9H/?lang=pt#>>. Acesso em: 30 set. 2024.

ALMEIDA, Carla Rodrigues. Buracos negros: mais de 100 anos de história. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 2, n. 1, p. 93-105, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/astromia/article/view/33499>>. Acesso em: 30 set. 2024.

BARBOSA, Patrynie Garcia; CALHEIRO, Lisiane Barcellos. Panorama das pesquisas sobre buracos negros nos periódicos do ensino de Física e Ciência. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 16, n. 4, 4302, 2022. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8960824>>. Acesso em: 30 set. 2024.

CIENFUEGOS, Elena Pinilla. Hemos leído que... **Revista Española de Física**, v. 36, n. 2, 2022. Disponível em: <<https://www.revistadefisica.es/index.php/ref/article/viewFile/2811/2263>>. Acesso em: 30 set. 2024.

FALCIANO, Felipe Tovar. Sobre buracos negros. **Cadernos de Astronomia**, v. 4, n. 1, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/astrofisica/article/view/39981>>. Acesso em: 30 set. 2024.

LÖSCH, Silmara; RAMBO, Carlos Alberto; FERREIRA, Jacques Lima. A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 18, e023141, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/17958>>. Acesso em: 30 set. 2024.

MADEJSKY, Rainer Karl. Buracos negros supermassivos: III. Sagitário A* no centro da Via Láctea. **Caderno de Física da UEFS**, v. 20, n. 1, 1404, 2023. Disponível em: <<https://ojs3.uefs.br/index.php/cadfis/article/view/9263>>. Acesso em: 30 set. 2024.

MATSUURA, Oscar T. A primeira imagem de um buraco negro. **Cadernos de Astronomia**, v. 1, n. 1, p. 52–82, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/astrofisica/article/view/31781>>. Acesso em: 30 set. 2024.

NASA. **Webb Finds Early Galaxies Weren't Too Big for Their Britches After All**. 2024. Disponível em: <<https://science.nasa.gov/missions/webb/webb-finds-early-galaxies-werent-too-big-for-their-britches-after-all/>>. Acesso em: 30 set. 2024.

NEVES, Juliano C. S. O buraco negro e sua sombra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20200216, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/MNc6M6njv79NbCcbLjBW9HB/?lang=pt&format=html#ModalHowcite>>. Acesso em: 30 set. 2024.

OLIVEIRA, Fabiano Santos de; LOBO, Matheus Pereira; CARVALHO, Sheyse Martins de. Como a morte de uma estrela pode revelar um buraco negro. **Open Journal of Mathematics and Physics**, v. 4, 264, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.31219/osf.io/2b89a>>. Acesso em: 30 set. 2024.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SOARES, Domingos. **Que é buraco negro?** Preprint, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/358478340_Que_e_buraco_negro>. Acesso em: 30 set. 2024.