

# Possibilidades didáticas oferecidas por livros de divulgação científica sobre buracos negros

10.35819/scientiatec.v9i2.5208

Ricardo Roberto Plaza Teixeira<sup>1</sup>

João Pereira Neto<sup>2</sup>

Vinicius Carvalho Rosa<sup>3</sup>

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma investigação do potencial educacional de livros de divulgação científica sobre buracos negros de modo a colaborar com professores que queiram trabalhar este conceito em suas aulas. Para a fundamentação teórica foi feita uma revisão da literatura científica acerca dos eixos temáticos desta pesquisa, por meio da análise de trabalhos apresentados em congressos acadêmicos, artigos publicados em revistas especializadas, teses de doutorado, dissertações de mestrado e livros. O artigo faz uma análise do conceito de buraco negro e de suas características. São analisadas as características de diversos livros de divulgação científica que podem ser úteis para atividades de cunho educacional sobre buracos negros. O trabalho didático com os livros de divulgação científica avaliados, além de estimular o hábito de leitura, pode colaborar significativamente para a aprendizagem de diversos conceitos de física associados ao estudo dos buracos negros. Algumas características dos livros de divulgação científica sobre buracos negros analisados, que se destacam, pois colaboram bastante para a compreensão dos conceitos de física envolvidos, foram o emprego de exemplos concretos que tornam mais palpáveis ideias de caráter mais abstrato, a utilização de imagens como recursos didáticos visuais e o uso de uma linguagem mais acessível.

**Palavras-chave:** Astrofísica. Leitura; História da Ciência; Literatura de Divulgação Científica.

## Didactic possibilities offered by scientific dissemination books on black holes

**Abstract:** This work presents an investigation of the educational potential of science outreach books on black holes in order to collaborate with teachers who want to work this concept in their classes. For the theoretical foundation, a review of the scientific literature on the thematic axes of this research was carried out, through the analysis of works presented in academic congresses, articles published in specialized journals, doctoral theses, master's dissertations and books. The article analyzes the concept of the black hole and its characteristics. The characteristics of several science dissemination books that can be useful for educational activities on black holes are analyzed. The didactic work with the evaluated scientific dissemination books, in addition to stimulating the reading habit, can contribute significantly to the learning of several Physics concepts associated with the study of black holes. Some characteristics of the scientific dissemination books about black holes analyzed, which stand out, as they collaborate a lot for the understanding of the concepts of Physics involved, were the use of concrete examples that make more palpable ideas of a more abstract nature, the use of images as didactic visual resources and the use of language that is more accessible.

**Keywords:** Astrophysics. Reading; History of Science; Scientific Dissemination Literature.

---

<sup>1</sup> Doutor em Física Nuclear – USP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3547496765385198>. E-mail: [rteixeira@ifsp.edu.br](mailto:rteixeira@ifsp.edu.br)

<sup>2</sup> Estudante de Licenciatura em Matemática - IFSP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6798397700252076>. E-mail: [jpn.mnb@gmail.com](mailto:jpn.mnb@gmail.com)

<sup>3</sup> Estudante de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – IFSP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9394309062581984>. E-mail: [v.rosa@aluno.ifsp.edu.br](mailto:v.rosa@aluno.ifsp.edu.br)

## INTRODUÇÃO

Buracos negros são regiões do espaço com um campo gravitacional tão intenso – por possuírem quantidades muito grandes de massa concentrada – que nenhuma partícula ou objeto, nem mesmo a luz, consegue escapar de dentro deles. A ciência envolvida no estudo dos buracos negros vem sendo desenvolvida sobretudo nas últimas décadas e, portanto, este é um tema situado na fronteira da ciência atual que, pelas suas características peculiares, atrai a atenção de muitas pessoas, especialmente de jovens estudantes, interesse este que pode ser utilizado com finalidades educacionais.

Este trabalho tem o objetivo de investigar livros de divulgação científica que abordem o conceito de buraco negro e que possam ser utilizados em atividades de ensino e de divulgação científica. Um dos seus propósitos é refletir sobre ferramentas que podem ajudar educadores a construir os seus próprios materiais didáticos (NUNES; QUEIRÓS, 2020). Após uma discussão sobre temas como cultura científica e divulgação científica, é feita uma análise sobre o conceito de buraco negro, sobre a evolução histórica desta ideia e sobre as evidências experimentais existentes acerca deste tipo de corpo celeste. São então analisados alguns livros de divulgação científica sobre o tema dos buracos negros que podem ser úteis para a formação científica dos alunos. Ao final, são feitas algumas considerações acerca do trabalho realizado e dos livros analisados.

## A IMPORTÂNCIA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A ciência pode ser considerada como um bem cultural produzido pela civilização humana e, deste modo, o conceito de cultura científica implica em uma abordagem mais abrangente de modo a considerá-la em pé de igualdade com outras manifestações culturais relacionadas às humanidades e às artes, como a cultura literária, a cultura histórica e a cultura musical, por exemplo. Mas, assim como ocorre com estas outras, a cultura científica também precisa ser democratizada – a divulgação científica pode ser uma forma para ajudar nesta tarefa (MICELI *et al.*, 2020) – e deixar de estar restrita a uma elite para transformar-se em uma cultura acessível a todos os membros da sociedade, independentemente de gênero, raça, idade ou classe social (STRACK; LOGUÉRCIO; PINO, 2009).

O fortalecimento da cultura científica permite que as pessoas adquiram uma compreensão mais completa acerca do papel que a ciência e a tecnologia pode ter para melhorar as condições e a qualidade da vida dos seres humanos. A aproximação dos alunos da realidade das atividades desempenhadas por cientistas, em particular pelo aprofundamento de problemas, desafios e dilemas enfrentados por cientistas pode colaborar decisivamente para que os alunos adquiram um maior interesse pela ciência e se disponham a uma atitude mais ativa de buscarem mais conhecimentos acerca de determinados temas, em fontes bem fundamentadas, como por exemplo, em livros de divulgação científica escritos por autores que tanto dominam os tópicos científicos abordados, quanto estão preocupados com a transposição didática dos conceitos científicos por meio de uma linguagem que os tornem mais compreensíveis pelo público leigo (BYBEE, 1997).

A literatura de divulgação científica é uma das possíveis fontes de conhecimentos sobre temas relacionados às ciências tanto entre alunos, quanto entre o público leigo em geral: as possibilidades educacionais desta vertente literária devem ser fruto de investigação, até porque a linguagem utilizada nestas obras pode ajudar a compreender os processos pelos quais a aprendizagem acontece.

Com a expansão do conhecimento, estamos cada vez mais imersos pela ciência e pela tecnologia que atinge os mais variados aspectos de nossas vidas cotidianas. A aprendizagem sobre o desenvolvimento histórico dos conceitos científicos, por meio da divulgação da ciência e da educação científica, é algo que pode conquistar as pessoas para que tomem uma postura mais ativa diante dos conhecimentos, tornando a ciência parte do imaginário social, da mesma forma que ocorre com a literatura de ficção e o cinema (VOGT, 2003): neste sentido, um pressuposto fundamental é que a ciência é algo para todos e não algo exclusivo de poucas pessoas “geniais”, um estereótipo que precisa ser enfrentado no âmbito educacional.

A existência de um ambiente cultural estimulante e desafiador pode colaborar para que os jovens se encantem com conhecimentos de todos os tipos, inclusive científicos, permitindo criar os fundamentos para que ocorra um diálogo inteligente com o mundo e incentivando a problematização consciente acerca dos mais variados saberes (ZANETIC, 2005).

A presença de livros de divulgação científica junto ao público leigo remonta ao século XVII: Galileu Galilei (1564-1642) escreveu um dos seus mais importantes livros

na forma de conversações, o “Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano” (GALILEI, 2011), pois tinha o objetivo evidente de atingir, com esta obra, o maior número possível de mentes interessadas por esta temática, de modo a fortalecer o debate sobre os possíveis modelos de mundo, algo que foi estrategicamente importante para o processo de Revolução Científica que ocorreu naquele período histórico. No século XX, importantes cientistas também se importaram com a elaboração de livros de divulgação científica que procurassem dialogar com o público leigo interessado por questões científicas. Neste sentido podem ser lembrados o físico Albert Einstein (1879-1955), com o livro “A Evolução da Física” (EINSTEIN; INFELD, 1988), o astrofísico George Gamow (1904-1968), com o livro “O incrível mundo da Física Moderna” (GAMOW, 1980), e o divulgador da ciência Carl Sagan (1934-1996), com o livro “O mundo assombrado pelos demônios” (SAGAN, 1996).

Livros de Ficção Científica com um aprofundamento conceitual do ponto de vista da ciência envolvida nas suas narrativas e escritos com uma linguagem acessível e que permita um trabalho de cunho didático, podem também ser usados com sucesso no processo de aprendizagem em disciplinas de cunho científico. É, por exemplo, o caso do livro “Contato” (SAGAN, 1997), uma obra de ficção científica que foi também, mais à frente, adaptada para o cinema (PIASSI, 2007): tanto o livro, quanto o filme apresentam diversos elementos que permitem discussões interessantes a respeito de aspectos da física moderna e contemporânea, bem como sobre questões políticas e éticas que envolvem a ciência e o trabalho desempenhado por cientistas.

A leitura de obras de divulgação científica colabora para o desenvolvimento do hábito da leitura, além de permitir que os assuntos abordados sejam tanto trazidos para mais próximo da realidade dos estudantes, quanto tratados de uma forma mais interdisciplinar, gerando um rol de costumes e atitudes que permanecerão mesmo após os alunos deixarem os bancos escolares (ALMEIDA; RICON, 1993). Ela também é uma estratégia que contribui para o aumento do interesse dos alunos por assuntos científicos, em particular em áreas da física, algo que é importante ocorrer com o intuito de que a aprendizagem realmente se efetive (OLIVEIRA; ANDRADE; SIQUEIRA, 2018).

## O CONCEITO DE BURACO NEGRO

Buracos negros são regiões do espaço-tempo com uma gravidade tão intensa que nem partículas materiais, nem ondas eletromagnéticas, como a luz, conseguem escapar delas: em termos físicos, isto significa que a velocidade de escape de um buraco negro é maior que a velocidade da luz cujo valor é de aproximadamente 300.000 km/s.

Estes objetos foram previstos já no contexto da mecânica clássica, no final do século XVIII, por dois cientistas, o britânico John Michell (1724-1793) e o francês Pierre-Simon Laplace (1749-1827). Mais de um século a frente, em 1916, alguns meses após a proposição da Teoria da Relatividade Geral por Albert Einstein (1879-1955), o físico alemão Karl Schwarzschild (1873-1916), a partir das equações de campo relativísticas, derivou o denominado raio de Schwarzschild, que é o tamanho do horizonte de eventos de um buraco negro não giratório. Em 1939, os físicos Julius Robert Oppenheimer (1904-1967) e Hartland Snyder (1913-1962) publicaram um trabalho pioneiro argumentando que uma estrela com uma massa suficientemente grande iria colapsar sob a atração de sua própria gravidade de forma que o raio da sua superfície iria diminuir até que a sua densidade se tornaria tão grande que nem a luz conseguiria escapar da sua atração gravitacional. Este artigo, entretanto, caiu no esquecimento. O grande desenvolvimento teórico efetivo da área de buracos negros ocorreu a partir dos anos 1960 e 1970, e foi realizado por físicos como John Archibald Wheeler (1911-2008), Stephen William Hawking (1942-2018) e Roger Penrose (1931-).

Os astrônomos já identificaram diversos objetos no céu que coincidem integralmente com as descrições detalhadas que os teóricos derivaram para os buracos negros e que não podem ser interpretados como sendo devido a qualquer outro fenômeno (HOOFT, 2009). Na década de 2010, dois eventos relacionados ao estudo de buracos negros atraíram uma grande atenção por parte do público em geral, sobretudo pela repercussão que tiveram na mídia em geral: a primeira detecção de ondas gravitacionais e a elaboração da primeira imagem de um buraco negro.

Em 2015 foi feita a primeira detecção de ondas gravitacionais da história (ABBOTT *et al.*, 2016) pelo LIGO – “Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory” (“Laboratório de Ondas Gravitacionais por Interferometria Laser”), um experimento de física de larga escala de detecção de ondas gravitacionais cósmicas

constituído por duas enormes instalações de pesquisa, situadas nos Estados Unidos, uma no estado de Washington, no noroeste do país (costa do Pacífico), e a outra no estado da Louisiana, no sudeste do país (na costa do Atlântico). Estas ondas gravitacionais foram produzidas pela coalescência entre dois buracos negros com massas estimadas, respetivamente, de 36 e 29 massas solares. A massa do buraco negro formado por esta fusão foi de 62 massas solares, o que significa que a energia equivalente a 3 massas solares foi irradiada na forma de ondas gravitacionais. Esta primeira detecção de ondas gravitacionais foi um evento científico tão importante que o Prêmio Nobel de Física de 2017 foi concedido a três físicos que se destacaram nas pesquisas que levaram a esta observação experimental: Rainer Weiss (1932-), Barry Barish (1936-) e Kip Thorne (1940-).

Em 10 de abril de 2019, foi divulgada, pelos meios de comunicação, ao mundo, a primeira imagem de um buraco negro, elaborada a partir de uma colaboração de instituições e radiotelescópios espalhados pelo planeta Terra, que trabalham de modo colaborativo e sincronizado para observar fontes de rádio associadas a buracos negros, o *Event Horizon Telescope* – EHT<sup>4</sup>: trata-se da imagem da sombra produzida pelo buraco negro supermassivo do núcleo central da galáxia Messier 87, com massa aproximadamente igual a 6,5 bilhões de massas solares e que está situado a cerca de 55 milhões de anos-luz da Terra. Todo o processo investigativo envolvido na elaboração desta imagem foi descrito e analisado em uma série de seis artigos publicados em um número especial da revista “The Astrophysical Journal Letter”; o primeiro destes trabalhos intitula-se “*First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole*” (The EHT Collaboration et al., 2019). A imagem obtida pelo EHT em 2019 mostra a precisão da primeira simulação de um buraco negro, realizada 40 anos antes por Jean-Pierre Luminet (1951-), na época um jovem pesquisador francês; este foi um feito, pois, na época, buracos negros eram objetos ainda altamente teóricos: a simulação feita por Luminet era baseada tanto nas propriedades físicas de um buraco negro, como sua taxa de rotação e temperatura, quanto nos fundamentos da Teoria da Relatividade Geral de Einstein (LUMINET, 1979).

A crescente importância das pesquisas acerca de buracos negros se materializou na concessão do Prêmio Nobel de Física de 2020 para Roger Penrose –

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://eventhorizontelescope.org/>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

pelo seu trabalho pioneiro nos anos 1960 com a previsão da formação dos buracos negros de acordo com a teoria geral da relatividade (SOUZA, 2021) – bem como Reinhard Genzel (1952-) e Andrea Ghez (1965-), dois pesquisadores que se destacaram no estudo do buraco negro supermassivo existente no centro da nossa galáxia.

## **LIVROS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE BURACOS NEGROS**

Livros de divulgação científica colaboram para uma melhor compreensão da ciência como uma produção cultural e, portanto, apresentam potencialidades humanizadoras para o ensino de ciências, pois dialogam com aspectos essenciais da nossa subjetividade, especialmente no que diz respeito aos conflitos da existência humana (PINTO, 2007). A ênfase em uma determinada narrativa plena de características humanas (HARARI, 2018), tais como o encanto com a descoberta, a imaginação criativa, o medo do desconhecido e as paixões pessoais, muitas vezes são elementos que envolvem os leitores e os levam a dedicar um tempo considerável à leitura pelo simples deleite e não por obrigação.

Os textos e livros de divulgação científica procuram tomar emprestado da ciência palavras e expressões que são usadas para explicar os fenômenos existentes no mundo real; o trabalho educacional de transposição didática feito neste tipo de obra a torna uma ferramenta útil para aproximar o conhecimento científico dos cidadãos de uma forma inovadora e interessante, inclusive pela abordagem de assuntos científicos atuais que muitas vezes despertam muito o interesse das pessoas, especialmente dos alunos em idade escolar (OLIVEIRA; CANTANHEDE; CANTANHEDE, 2020). Assim, a literatura de divulgação científica pode colaborar efetivamente para romper as barreiras entre as “duas culturas” existentes no universo acadêmico, associada à ausência muito comum de comunicação entre as ciências naturais e as humanidades (SNOW, 1995).

Livros de divulgação científica, produzidos tanto por cientistas com veia literária, quanto por literatos com veia científica, são um tipo de produção escrita em que a ênfase não está propriamente nos conceitos, leis e processos da ciência, mas sim, nas experiências humanas associadas ao desenvolvimento das ideias científicas, inclusive abordando aspectos subjetivos, humanísticos e artísticos (MORA, 2003): essas obras são reveladoras antes de tudo da dimensão humana existente na ciência

que, como um amálgama relacionado às preocupações humanas vigentes, é poética, trágica, irônica, imperfeita e paradoxal, tudo misturado e ao mesmo tempo. O envolvimento é o principal ingrediente que torna, para muitas pessoas, a leitura um verdadeiro ato de prazer, sobretudo quando na narrativa há espaço para o lúdico, as emoções, as fantasias e as contradições da vida humana (ALMEIDA; RICON, 1993).

A prática cotidiana e autônoma da leitura ajuda a desenvolver a habilidade de aprender a aprender, o que possibilita que se amplie, ao longo de toda a vida, o repertório de conhecimentos científicos que são importantes para navegar na sociedade da informação do mundo de hoje. O estímulo ao hábito da leitura é importante em todas as disciplinas escolares e não somente nas disciplinas de literatura, de língua portuguesa ou de alguma das ciências humanas: livros de divulgação científica podem ser utilizados como incentivo à leitura em disciplinas das ciências naturais, como, por exemplo, é o caso da física.

Tópicos relacionados à astronomia, por exemplo, costumam atrair a curiosidade dos alunos em geral; em particular, o tema dos buracos negros tem bastante apelo aos mais jovens, pelas características intrínsecas deste conceito que povoam a curiosidade de muitas pessoas (MARCHI; LEITE, 2013). Obras sobre temas como este podem se transformar em portas de entrada para o acesso a conhecimentos científicos mais profundos e estimular a busca por outras fontes de informação sobre ciência, algo importante para a constituição de um leitor ativo e que usufrui de leituras diversificadas.

Há uma série de livros de divulgação científica voltados ao estudo dos buracos negros ou que têm como um dos seus temas principais os buracos negros. Muitos destes livros estão disponíveis para serem baixados gratuitamente em formato pdf na *internet* e, portanto, estão acessíveis a qualquer leitor interessado. Abaixo serão analisados apenas livros de divulgação científica que se encontram livres para serem obtidos em diferentes *sites* de armazenamento de livros (na versão pdf), bastando para isto, geralmente, que seja feita uma pesquisa com um buscador como o “*google*”.

O físico Stephen Hawking que, particularmente, se destacou como pesquisador na área da astrofísica de buracos negros, escreveu bons livros de divulgação científica sobre este tema, alguns deles, inclusive, tendo sido traduzidos para o português. A primeira obra de divulgação científica de destaque escrita por Stephen Hawking, “Uma breve história do tempo”, lançada em 1988, atraiu rapidamente a atenção das pessoas leigas interessadas por temas relacionados à astrofísica, cosmologia e relatividade,



como mostra seu subtítulo “Do Big Bang aos Buracos Negros”. Hawking, que se tornou a partir de então uma espécie de celebridade televisiva, do mesmo gênero que ocorre com artistas e esportistas de destaque, usou a sua fama em prol da divulgação científica, seguindo os passos do que tinha sido feito antes pelo astrofísico Carl Sagan. Em um trecho deste livro, o autor, por exemplo usa do artifício de uma experiência de pensamento associada ao que ele chamada de processo de espaguetificação para explicar o que ocorreria com um astronauta que se aproximasse de um buraco negro. Nos capítulos VI – “Buracos negros” e VII – “Buracos negros não são tão negros”, o autor aprofunda-se mais a respeito da discussão acerca da física e da história da ideia de “singularidade”, que está implícita no conceito de buraco negro. O áudio livro desta obra está disponível no *YouTube*<sup>5</sup>, com duração de 5 horas e 23 minutos.

Uma outra obra de Stephen Hawking lançada em 2001 e que teve bastante destaque entre o público leigo foi “O Universo numa casca de noz”. Neste livro o autor se refere bastante às pesquisas que realizou juntamente com Roger Penrose sobre buracos negros, salientando algumas das suas propriedades bizarras, como por exemplo, o fato de o tempo parar em seu interior. Ele também discute a respeito da termodinâmica dos buracos negros, trabalhando com conceitos como temperatura, entropia e a perda de informação. Ao final deste livro, o autor apresenta um “Glossário” razoavelmente extenso e que pode ser útil em situações de aprendizagem dos conceitos envolvidos no estudo de buracos negros. O áudio livro desta obra está disponível no *YouTube*<sup>6</sup>, com duração de 4 horas e 45 minutos.

Em 2005, foi publicado o livro “O futuro do espaço-tempo” organizado por Stephen Hawking e com capítulos escritos por seis autores diferentes, dentre os quais, o físico Kip Thorne (Prêmio Nobel de Física de 2017 pela detecção das ondas gravitacionais). Este livro conta com diversas ilustrações explicativas muito úteis para a compreensão da física envolvida. No capítulo “Um mundo mais seguro para os historiadores”, escrito pelo próprio Hawking, uma linguagem bastante acessível ao leitor leigo é usada para analisar questões como as curvas no espaço-tempo, o horizonte de eventos, a evaporação de buracos negros e a sua relação com o princípio de incerteza. Ao final deste livro também há um pequeno glossário com informações a respeito de alguns termos técnicos que aparecem nele.

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KSKEMy30le0>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=d8dABaSVTso>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

Em 2016, dois anos antes de falecer, Hawking ministrou duas palestras sobre buracos negros que foram transmitidas no Reino Unido pela rádio da BBC, intituladas respectivamente “*Do Black Holes Have No Hair?*”<sup>7</sup> (“Buracos negros não têm cabelo?”) que está disponível para ser escutada e assistida, acompanhada por uma animação, e “*Black holes ain't as black as they are painted*”<sup>8</sup> (“Buracos negros não são tão negros quanto se diz”) que está disponível para ser escutada, cada uma delas contando com cerca de 15 minutos de duração e com a possibilidade de acionar o recurso do YouTube de colocar legendas em português nos dois casos.

Os conteúdos destas palestras foram transformados em um livro curto que foi traduzido para o português e publicado em 2017 com o título de “Buracos negros: Palestras da BBC Reith Lectures”. John Reith foi um diretor-geral da BBC que, em 1948, iniciou um programa intitulado “The BBC Reith Lectures”, no qual um pensador de destaque em uma determinada área apresentava suas ideias para o público leigo por meio de transmissões radiofônicas; os áudios destas frequentemente excelentes palestras têm sido disponibilizados para interessados pela *internet* (RIBEIRO, 2017). O livro com as duas palestras de Hawking apresenta diversos desenhos e ilustrações com teor cômico, mas também com o intuito de procurar elucidar visualmente as ideias científicas apresentadas. Ao final da segunda palestra, é discutido o tema da perda de informação em um buraco negro e abordado o conteúdo do artigo “*Soft hair on black holes*” (“Cabelos macios em buracos negros”), recém-publicado na época e de autoria de Stephen Hawking, Malcolm J. Perry e Andrew Strominger (2016).

Em 2018, o ano em que Hawking faleceu, a editora Intrínseca publicou, em português, o seu livro “Breves respostas para grandes questões”, no qual o autor tenta responder 10 questões importantes tanto em termos científicos, quanto filosóficos. A questão de número 5 é justamente “O que há dentro de um buraco negro?”. Para tentar responder esta questão, Hawking apresenta a história do conceito de buraco negro e, dentre outros temas, especula, no final deste capítulo do livro, sobre a existência de buracos negros “pequenos” com a massa de uma montanha, por exemplo (HAWKING, 2018). No posfácio deste livro, Lucy Hawking, a filha do autor, discorre sobre a recente morte de seu pai, naquele momento, e sobre a trajetória dele como cientista e divulgador da ciência.

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ku88Mx8i8A8>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ljvVPAZHnD4>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

O livro “Hawking e os Buracos Negros em 90 Minutos”, de autoria do escritor Paul Strathern, foi publicado em 1998 e, como indicam os próprios títulos das obras desta coleção, procura apresentar de forma sucinta, para o público leigo, a vida, a obra e o legado de Stephen Hawking. Um ponto importante salientado nesta obra é sobre os embates que existiram nos anos 1960 e 1970 a respeito da fundamentação física do conceito de buraco negro até a sua aceitação pela comunidade científica.

O livro “O grande, o pequeno e a mente humana”, organizado pelo astrofísico Roger Penrose (1998), que recebeu o Prêmio Nobel de Física em 2020 pela sua contribuição pioneira ao estudo de buracos negros na década de 1960 (SOUZA, 2021), pode ser bastante útil como obra de divulgação científica para aqueles que desejam ampliar a compreensão acerca da astrofísica e da cosmologia contemporânea. Em particular, o capítulo 1, intitulado “Espaço-tempo e cosmologia”, escrito pelo próprio Penrose, apresenta muitas ilustrações excelentes para serem usadas como recursos didáticos com o intuito de produzir uma melhor compreensão de conceitos da teoria da relatividade, que geralmente são considerados mais difíceis de serem compreendidos por não especialistas.

O livro “O universo elegante: Supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva” escrito pelo físico Brian Greene (1963-) e publicado no Brasil em 1999, conta com 15 capítulos espalhados em 5 partes. Este livro foi adaptado para uma série televisiva de 3 episódios de documentários pela “PBS - Public Broadcasting Service”, o “Sistema Público de Radiodifusão” dos EUA, cada um deles com cerca de 53 minutos de duração e que estão disponibilizados gratuitamente (na versão dublada para o português) para serem assistidos em diferentes canais do YouTube. Na parte IV do livro, intitulada “A teoria das cordas e o tecido do espaço-tempo”, o capítulo “13 - Buracos negros: uma perspectiva da teoria das cordas e da teoria M” discute temas como a forma pela qual os buracos negros rasgam o tecido de espaço, a entropia de buracos negros, os mistérios remanescentes sobre buracos negros e as relações entre os buracos negros e as partículas elementares.

O livro “Hiperespaço: Uma odisséia científica através de universos paralelos, empenamentos do tempo e a décima dimensão” escrito pelo físico Michio Kaku (1947-) e publicado no Brasil em 2000, conta com 15 capítulos espalhados por 4 partes diferentes. O livro é permeado por inúmeras ilustrações, algumas mais de caráter científico e outras voltadas mais para estimular a imaginação dos leitores. Na parte III, intitulada “Buracos de minhoca: passagens para outro universo?” está o

capítulo “10 – Buracos negros e realidades paralelas”. Neste capítulo, o autor discorre sobre como uma estrela é um subproduto das duas forças que se contrapõem e se equilibram durante a sua existência: a gravidade que tenta comprimi-la e a fusão nuclear que tenta expandi-la. O autor neste capítulo também aborda a física do conceito físico denominado “Ponte de Einstein-Rosen”, fenômeno que é conhecido popularmente como “buraco de minhoca”.

O relativamente curto livro “Sete Breves Lições de Física”, escrito pelo físico Carlo Rovelli (1956-) e publicado no Brasil em 2015, apresenta, de forma acessível aos seus leitores, algumas das principais ideias relacionadas à física moderna e contemporânea. Na sexta lição deste livro, intitulada “A probabilidade, o tempo e o calor dos buracos negros”, o autor aborda a forma como a mecânica estatística explica o fenômeno do calor a partir de considerações probabilísticas a respeito das distribuições das velocidades de agitação (e, portanto, das energias cinéticas) das moléculas de um determinado material e o modo como buracos negros emitem calor, segundo o cálculo realizado por Stephen Hawking.

O livro “Morte no Buraco Negro e outros dilemas cósmicos”, escrito pelo astrofísico Neil deGrasse Tyson (1958-) e publicado no Brasil em 2016, é uma compilação de 42 capítulos sobre os mais variados temas, organizados em 7 seções diferentes. A seção 5, denominada “Quando o Universo se torna vilão”, termina justamente com o capítulo “33 – Morte no buraco negro” que também fornece o título ao livro. Este capítulo inicia-se com o autor afirmando que não há maneira mais “espetacular” de morrer no espaço do que caindo dentro de um buraco negro, pois neste caso, cada átomo é despedaçado; na sequência, ele afirma que um buraco negro é uma região em que a gravidade é tão elevada que o tecido do espaço e tempo se dobra sobre si mesmo, levando junto as portas de saída. Estas são apenas as cinco primeiras linhas deste capítulo, mostrando como a prosa utilizada por Neil Tyson é rica em metáforas e recursos linguísticos que procuram tornar mais palpáveis os conceitos de astrofísica envolvidos.

O livro “A Música do universo: Ondas gravitacionais e a maior descoberta científica dos últimos 100 anos”, escrito pela física Janna Levin (1967-) e publicado no Brasil em 2016, conta com 16 capítulos com o intuito de explicar a história e a ciência envolvidas na primeira detecção de ondas gravitacionais, que foi realizada em 2015, no observatório LIGO, nos EUA: as ondas gravitacionais detectadas foram produzidas pela fusão de dois buracos negros. No capítulo 3 – Recursos naturais”, a autora

explica em detalhes acerca da evolução histórica do conceito de buraco negro nos anos 1960 e 1970. No capítulo “8 – A escalada”, a autora discorre acerca do buraco negro Cygnus X -1 e sobre a natureza dos quasares, esclarecendo que estes últimos são núcleos galácticos ativos, energizados por buracos negros supermassivos. Já o capítulo “12 – Apostando” desvenda como em um sistema binário de buracos negros, a distância entre eles diminui gradativamente até que eles espiralam um em direção ao outro e colidem violentamente produzindo ondas gravitacionais intensas que podem ser detectadas aqui na Terra.

Duas obras em inglês serão citadas a seguir, pela potencialidade que ambas apresentam para colaborar com a estruturação de atividades educacionais sobre buracos negros, por meio, por exemplo, dos desenhos e imagens que apresentam. O livro em inglês “*Black Holes and Time Warps*” (uma tradução livre do título desta obra que não foi publicada em português é “Buracos negros e dobras do tempo”) escrito por Kip Thorne e publicado em 1994, tem um prefácio escrito pelo seu amigo Stephen Hawking, e conta com 14 capítulos escritos com o intuito de despertar a curiosidade sobre diversos temas, desde “A Relatividade do Espaço e do Tempo”, título do primeiro capítulo, até “Buracos de Minhoca e Máquinas do Tempo” título do décimo-quarto capítulo.

Por sua vez, o livro em inglês “*The Science of Interstellar*” (uma tradução livre do título desta obra que também não foi publicada em português é “A Ciência de Interestelar”), escrito também pelo físico Kip Thorne e publicado em 2014, aborda a consultoria científica que o autor forneceu ao diretor cinematográfico Christopher Nolan durante a elaboração do filme de ficção científica “Interestelar”, lançado igualmente no ano de 2014. Este livro conta com 31 capítulos e apresenta uma quantidade apreciável de ilustrações muito bem elaboradas, com um alto teor didático e que podem ajudar bastante em atividades de ensino e de divulgação científica. Uma das cenas mais marcantes do filme “Interestelar” envolve a aproximação de uma nave espacial de um buraco negro (fictício) chamado de “Gargantua” e que foi imaginado para o filme. Kip Thorne, neste livro, aborda aspectos científicos envolvidos em cenas do filme “Interestelar”. Os capítulos 2 a 5 deste livro apresentam os fundamentos (“*foundations*”) científicos da obra e neste caso vale a pena ler sobretudo o capítulo 5 – “*Black Holes*”. Além disso, também abordam a física envolvida na elaboração do buraco negro Gargantua, criado pela produção do filme, os capítulos “6 - *Gargantua’s Anatomy*” (“Anatomia de Gargantua”), “8 – *Imaging Gargantua*” (“Imaginando

Gargantua”), “9 – *Disks and Jets*” (“Discos e Jatos”) “18 – *Gargantua’s Vibrations*” (“As Vibrações de Gargantua”), “27 – *The Volcano’s Rim*” (“A Borda do Vulcão”) e “28 – *Into Gargantua*” (“Dentro de Gargantua”). Ao final do livro há a seção “*Some Technical Notes*” (“Algumas Notas Técnicas”) com explicações das leis e conceitos científicos envolvidos em alguns dos capítulos e que podem ajudar na compreensão da física envolvida.

## DISCUSSÃO

A literatura de divulgação científica é importante para incentivar que os cidadãos se apropriem do processo de construção da ciência: isto ajuda a mostrar à sociedade que a ciência necessita de apoio material e econômico para produzir conhecimentos que melhorem a qualidade de vida das pessoas. Ela também possibilita estimular o interesse dos alunos da educação básica por temas científicos e combater a intensificação dos movimentos de negação da ciência, cuja presença tem crescido significativamente, sobretudo desde meados da década de 2010. O hábito da leitura de livros de divulgação científica pode ajudar bastante os alunos a desenvolverem uma compreensão mais fundamentada tanto a respeito de diferentes aspectos de certos conceitos físicos, quanto sobre os métodos pelos quais a ciência é produzida e se transforma ao longo do tempo.

As obras de divulgação científica sobre buracos negros analisadas anteriormente são exemplos de livros que apresentam uma preocupação com a linguagem utilizada de modo a tornar os conceitos científicos abordados mais compreensíveis para leitores desprovidos de conhecimentos físicos e matemáticos mais bem elaborados. Os exemplos usados nas explicações revelam uma preocupação constante em contextualizar os conceitos da astrofísica contemporânea que estão envolvidos no estudo de buracos negros, como força gravitacional, velocidade de escape e horizonte de eventos. O uso de imagens elaboradas com o intuito de materializar alguns conceitos mais abstratos se mostrou um bom recurso em diversas das obras investigadas. Além disso, a diversidade de abordagens utilizadas ao longo das explicações permite um melhor entendimento da física envolvida. O tratamento do conceito de buraco negro do ponto de vista de diferentes campos da física – tais como a mecânica clássica, a relatividade, a mecânica quântica

e a termodinâmica – pode colaborar para que as especificidades de cada uma destas subáreas sejam mais bem compreendidas pelos alunos.

Com a presença massiva da internet nos mais diferentes aspectos de nossas vidas, as pessoas cada vez mais estão imersas em ambientes nos quais a velocidade na busca por informações frequentemente depõe contra o correto embasamento científico e factual destas informações: as maneiras como as informações são apropriadas pelas pessoas, até – mas não somente – pela rapidez envolvida, não possibilitam momentos de reflexão crítica sobre a sua veracidade, sobre as evidências existentes a respeito ou sobre as fontes que respaldam estas informações.

Os alunos muitas vezes preferem a leitura de textos curtos disponíveis digitalmente, sobretudo nas redes sociais, para a sua formação científica e cultural, em detrimento da leitura de livros, por exemplo, mesmo que no formato digital (“e-books”); na internet, o Google é o meio mais utilizado para acessar conteúdos (MASSARANI *et al.*, 2021). Este é um dado da realidade que necessita ser levado em consideração quando se pensa em iniciativas que possam combater a proliferação de movimentos de negação da ciência, por exemplo. Neste contexto, o trabalho educacional com livros de divulgação científica, como os analisados neste artigo, pode colaborar para o desenvolvimento não só do hábito de leitura crítica, mas também das habilidades (PIASSI, 2007) necessárias para que isto aconteça de forma plena.

Há diversos sites para armazenamento de obras literárias que disponibiliza gratuitamente o acesso a elas. Talvez um dos mais conhecidos seja o site da “Z-Library” que se autodenomina “*The world's largest ebook library*” (“A maior biblioteca de ebooks do mundo”) que disponibiliza livros e artigos em pdf nas mais diversas línguas, inclusive em português: em maio de 2021, a informação que constava no site era que mais de 7 milhões de livros estavam disponíveis aos leitores interessados. Diversas das obras analisadas podem ser encontradas neste e em outros sites similares.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os referenciais teóricos utilizados neste artigo apontam que a leitura de livros de divulgação científica pode colaborar sensivelmente para uma melhor compreensão acerca da natureza da ciência e da forma como ela é construída historicamente, de modo a capacitar os leitores tanto para que consigam diferenciá-la das

pseudociências e dos movimentos de negação da ciência, quanto para que desenvolvam um melhor discernimento acerca dos riscos e benefícios dos empreendimentos científicos.

A Literatura de Divulgação Científica pode também ajudar no desenvolvimento da percepção de que os métodos usados pela ciência para produzir conhecimentos implicam em uma maneira de ver, pensar e entender o mundo, destacando algumas das suas principais características (PEDUZZI; RAICIK, 2020), como que ela é tentativa (e, portanto, sem verdades absolutas), testável (e, portanto, necessita de evidências empíricas), replicável (e, portanto, precisa poder ser reproduzível em situações as mais diferentes possíveis), histórica (e, portanto, se transforma com o passar do tempo) e criativa (e, portanto, depende da imaginação humana). Em particular, os livros de divulgação científica acerca de buracos negros investigados neste artigo revelaram um grande potencial didático principalmente devido a alguns fatores, tais como a preocupação com a linguagem, a utilização de exemplos contextualizadores e o uso de figuras elaboradas e de equações com o intuito de esclarecer conceitos importantes.

Nos últimos anos, o fortalecimento de movimentos de negação da ciência (como os terraplanistas, o movimento antivacina e os negacionistas do aquecimento global), o crescimento exponencial da disseminação de notícias falsas (“*fake news*”) e o surgimento do fenômeno da chamada pós-verdade, relacionado à ideia de que fatos objetivos são menos influentes na opinião pública do que crenças individuais ou apelos emocionais (SEIXAS, 2019) têm se interrelacionado e se reforçado mutuamente. Há diversas causas para isto estar acontecendo, entretanto os profissionais que trabalham com ensino e divulgação científica têm que estar cientes que precisam enfrentar esta realidade e criar condições para que “fenômenos” como estes sejam combatidos também no âmbito educacional, pois com certeza eles prejudicam o desenvolvimento econômico e social de qualquer país. Deste modo valorizar a Literatura de Divulgação Científica, democratizando o acesso a este gênero literário e dialogando com o público potencialmente interessado por temáticas científicas, pode também contribuir para o fortalecimento da ciência nas sociedades contemporâneas.



## REFERÊNCIAS

ABBOTT, B. P. *et al.* Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. **Physical Review Letters**, 116, 061102, 2016. Disponível em. Acesso em: 23 jul. 2022.

ALMEIDA, M. P. J. M.; RICON, A. E. Divulgação científica e texto literário - uma perspectiva cultural em aulas de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 1, p. 7-13, 1993. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9791>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

BYBEE, R. W. Towards an Understanding of Scientific Literacy. In: GRAEBER, W.; BOLTE, C. (Orgs.). **Scientific Literacy**. Kiel, Germany: IPN, 1997.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.

GALILEI, G. **Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. Tradução de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Editora 34, 2011.

GAMOW, G. **O incrível mundo da Física Moderna**. São Paulo: IBRASA, 1980.

GREENE, B. **O universo elegante: Supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

HARARI, Y. N. **21 lições para o século 21**. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

HAWKING, S. W. **Uma breve história do tempo: Do Big Bang aos buracos negros**. Rio de Janeiro: Rocco, 1988.

HAWKING, S. W. **O universo numa casca de noz**. São Paulo: Nova Fronteira, 2001.

HAWKING, S. W. (Org.). **O futuro do espaço-tempo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

HAWKING, S. W.; PERRY, M. J.; STROMINGER, A. **Soft hair in black holes**. ArXiv, 2016. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1601.00921.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

HAWKING, S. W. **Buracos negros: Palestras da BBC Reith Lectures**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2017.

HAWKING, S. W. **Breves respostas para grandes questões**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2018.

HOOFT, G. **Introduction to the theory of black holes**. Utrecht, Netherlands: Utrecht University, 2009. Disponível em: <[https://webpace.science.uu.nl/~hooft101/lectures/blackholes/BH\\_lecturenotes.pdf](https://webpace.science.uu.nl/~hooft101/lectures/blackholes/BH_lecturenotes.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2022.

KAKU, M. **Hiperespaço**: Uma odisséia científica através de universos paralelos, empenamentos do tempo e a décima dimensão. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.

LEVIN, J. **A Música do universo**: Ondas gravitacionais e a maior descoberta científica dos últimos 100 anos. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

LUMINET, J.-P. Image of a spherical black hole with thin accretion disk. **Astronomy and Astrophysics**, v. 75, p. 228-235, 1979. Disponível em: <[http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article\\_query?1979A&A....75..228L&data\\_type=PDF\\_HIGH&whole\\_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf](http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?1979A&A....75..228L&data_type=PDF_HIGH&whole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2022.

MARCHI, F.; LEITE, C. Uma possibilidade de leitura no ensino de física: O tema buracos negros através de um livro de divulgação científica. **Atas do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**, São Paulo, 2013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/336899625\\_UMA\\_POSSIBILIDADE\\_DE\\_LEITURA\\_NO\\_ENSINO\\_DE\\_FISICA\\_O\\_TEMA\\_BURACOS\\_NEGROS\\_ATRAVES\\_DE\\_UM\\_LIVRO\\_DE\\_DIVULGACAO\\_CIENTIFICA](https://www.researchgate.net/publication/336899625_UMA_POSSIBILIDADE_DE_LEITURA_NO_ENSINO_DE_FISICA_O_TEMA_BURACOS_NEGROS_ATRAVES_DE_UM_LIVRO_DE_DIVULGACAO_CIENTIFICA)>. Acesso em: 23 jul. 2022.

MASSARANI, Luisa *et al.* **O que os jovens brasileiros pensam da ciência e da tecnologia**: pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Comunicação Pública da Ciência e Tecnologia (INCT-CPCT). Rio de Janeiro: Fiocruz, 2021. Disponível em: <[https://www.inct-cpct.ufpa.br/wp-content/uploads/2021/02/LIVRO\\_final\\_web\\_2pag.pdf](https://www.inct-cpct.ufpa.br/wp-content/uploads/2021/02/LIVRO_final_web_2pag.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2022.

MICELI, B. S. *et al.* Tendências nos estudos de divulgação científica e ensino de ciências: um levantamento em periódicos brasileiros. **E-Mosaicos**, v. 9, n. 22, p. 166-187, 2020. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/e-mosaicos/article/view/44572/35496>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

MORA, A. M.S. **A divulgação da ciência como literatura**. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2003.

NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P. Um panorama das pesquisas sobre divulgação científica em periódicos da área de ensino. **REnCiMa**, v. 11, n. 4, p. 333-347, 2020. Disponível em: <<http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2229>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

OLIVEIRA, A. N.; ANDRADE, P. A. A.; SIQUEIRA, M. C. A. A motivação em sala de aula: o que dizem os alunos sobre as aulas de Física do Ensino Médio? **ScientiaTec**, v.5, n.2, p. 130-150, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/ScientiaTec/article/view/2717>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

OLIVEIRA, M. B. C.; CANTANHEDE, L. B.; CANTANHEDE, S. C. S. Investigando aproximações entre textos de divulgação científica e livros didáticos de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 601-615, 2020. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/2163>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

OPPENHEIMER; J. R.; SNYDER, H. On Continued Gravitational Contraction. **Physical Review**, v. 56, p. 455-459, 1939. Disponível em: <<https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.56.455>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAÍCIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1606>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

PENROSE, R. **O grande, o pequeno e a mente humana**. São Paulo: Editora da UNESP, 1998.

PIASSI, L. P. C. **Contatos**: A ficção científica no ensino de ciências num contexto sócio cultural. 2007. 462 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-10122007-110755/publico/TeseLuisPauloPiassi.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

PINTO, G. A. **Divulgação científica como literatura e o ensino de ciências**. 2007. 226 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-07122007-160508/pt-br.php>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

RIBEIRO, J. L. P. Resenha - Buracos negros: palestras da BBC Reith Lectures. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, e4801, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0043>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

ROVELLI, C. **Sete Breves Lições de Física**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2015.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SAGAN, C. **Contato**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

SCHWARZSCHILD, K. **On the Gravitational Field of a Mass Point according to Einstein's Theory**. ArXiv, 1916. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/physics/9905030.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

SEIXAS, R. A retórica da pós-verdade: o problema das convicções. **Revista Eletrônica de Estudos Integrados em Discurso e Argumentação**, v. 18, n. 1, 29 abr. 2019. Disponível em:

<<http://periodicos.uesc.br/index.php/eidea/article/view/2197>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

SNOW, C. P. **As duas culturas e uma segunda leitura**. São Paulo: EDUSP, 1995.

SOUZA, J. C. C. F. Singularidade: O artigo seminal sobre buracos negros. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 1, 193-196, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/astromia/article/view/33409/22902>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

STRACK, R.; LOGUÉRCIO, R.; PINO, J. C. Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 15, n. 2, p. 425-442, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/38LBzdzj3BzSTpFDxy88WLzN/?lang=pt#>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

STRATHERN, P. **Hawking e os Buracos Negros em 90 Minutos**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.

THE EHT COLLABORATION *et al.* First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole. **The Astrophysical Journal Letter**, v. 875, 2019. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ab0ec7>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

THORNE, K. **Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy**. New York: Norton, 1994.

THORNE, K. **The Science of Interestellar**. New York: W. W. Norton & Company, 2014.

TYSON, N. G. **Morte no buraco negro e outros dilemas cósmicos**. São Paulo: Planeta, 2016.

VOGT, C. A espiral da cultura científica. **Comciência**, 2003. Disponível em: <<https://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/cultura/cultura01.shtml>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

ZANETIC, J. Física e Cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n.3, p. 21-24, 2005. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n3/a14v57n3.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2022.