

RECURSOS AUDIOVISUAIS DISPONÍVEIS PARA ATIVIDADES DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E ENSINO DE FÍSICA SOBRE GALÁXIAS

AUDIOVISUAL RESOURCES AVAILABLE FOR SCIENCE DISSEMINATION AND PHYSICS TEACHING ACTIVITIES ON GALAXIES

Higor Felipe Gonçalves de Arruda¹, Ricardo Roberto Plaza Teixeira²


Recebido: janeiro/2022 Aprovado: junho/2022


Resumo: Este artigo procura investigar os conhecimentos astrofísicos atuais sobre as galáxias e as ferramentas existentes para a sua inserção na divulgação e na educação científica. Ele tem como objetivo examinar as perspectivas didáticas do uso de recursos audiovisuais, em especial de vídeos, em atividades de divulgação científica sobre temas relacionados à área da astrofísica de galáxias e outros tópicos de astronomia relacionados. Durante a pesquisa, foram examinadas referências bibliográficas existentes em áreas como a astrofísica de galáxias e o ensino de astronomia e de física, em livros, artigos de revistas especializadas, trabalhos apresentados em congressos acadêmicos, teses e dissertações, com o intuito de fundamentar o trabalho de pesquisa realizado e situar o atual estado da arte, em termos científicos e educacionais, das discussões acerca do seu eixo temático. Foi feito um levantamento pormenorizado de vídeos disponíveis na internet e que podem ser usados, em ações de divulgação científica envolvendo temas de astrofísica, astronomia e cosmologia, particularmente aqueles relacionados ao estudo das galáxias. Os vídeos examinados neste trabalho, usados na íntegra ou a partir da extração de trechos deles, podem ser úteis para professores que planejam estruturar algum tipo de ação educacional envolvendo a área da astrofísica das galáxias.

Palavras-chave: ensino de astronomia, educação científica, vídeo, astrofísica.

Abstract: This article seeks to investigate the current astrophysical knowledge about galaxies and the existing tools for their insertion in science dissemination and education. It aims to examine the didactic perspectives of the use of audiovisual resources, especially videos, in scientific dissemination activities on topics related to the area of galaxy astrophysics and other related astronomy topics. During the research, existing bibliographic references in areas such as astrophysics of galaxies and the teaching of astronomy and physics were examined, in books, articles in specialized journals, works presented at academic conferences, theses and dissertations, in order to support the research work carried out and to situate the current state of the art, in scientific and educational terms, of the discussions about its thematic axis. A detailed survey was made of videos available on the internet and that can be used in scientific dissemination actions involving themes of astrophysics, astronomy and cosmology, particularly those related to the study of galaxies. The videos examined in this work, used in their entirety or extracting excerpts from them, can be useful for teachers who plan to structure some type of educational action involving the area of astrophysics of galaxies.

Keywords: astronomy teaching, science education, video, astrophysics.

¹  <https://orcid.org/0000-0002-2685-0674> – Licenciando em Física pelo Instituto Federal de São Paulo, Campus Caraguatatuba. Endereço: Avenida Bahia, 1739, Indaiá, Caraguatatuba, SP, CEP: 11665-071, Brasil. E-mail: arruda.goncalves@aluno.ifsp.edu.br

²  <https://orcid.org/0000-0001-7124-1774> – Doutor em Física pela USP. Docente do Instituto Federal de São Paulo, Campus Caraguatatuba. Endereço: Avenida Bahia, 1739, Indaiá, Caraguatatuba, SP, CEP: 11665-071, Brasil. E-mail: rteixeira@ifsp.edu.br

1. Introdução

O principal objetivo deste artigo é examinar as perspectivas didáticas do uso de recursos audiovisuais, em especial de vídeos, em atividades de divulgação científica sobre temas relacionados à área da astrofísica de galáxias e outros tópicos de astronomia relacionados. Em seu conteúdo são analisados os modos pelos quais o uso de conhecimentos sobre astrofísica galáctica, em atividades educacionais, pode colaborar para a formação científica dos cidadãos e para a aprendizagem tanto de conceitos de física, quanto dos métodos usados pela ciência para estruturar explicações, fundamentadas em evidências e observações, acerca de fenômenos da natureza e de objetos existentes no universo.

Este trabalho visa também fornecer ideias e sugestões aos leitores para a estruturação de ações educacionais envolvendo a área da astrofísica de galáxias. No seu início, após a introdução, é realizado um exame da literatura científica existente acerca de conceitos e questões associadas aos tópicos centrais deste artigo, como as áreas da astrofísica de galáxias e da divulgação científica. A análise da história do desenvolvimento dos conhecimentos científicos acerca das galáxias é feita, usando para isso, inclusive, trabalhos originais escritos por importantes pesquisadores que se destacaram ao longo da história dessa ciência, tais como Thomas Wright, Immanuel Kant, William Herschel, Harlow Shapley, Heber Doust Curtis, Edwin Hubble, Vera Rubin, Andrea Ghez e Reinhard Genzel; os links para acessar estes trabalhos são disponibilizados nas referências. Este artigo, também, sugere e caracteriza diversos vídeos que estão disponíveis na internet e que podem ser usados em atividades educacionais e de divulgação científica sobre questões relacionadas aos tópicos estudados nesta pesquisa. Ao término, são realizadas as considerações finais a respeito do trabalho de investigação feito.

Em geral, uma quantidade razoável de estudantes do ensino médio considera temas relacionados a áreas da astronomia, da astrofísica e da cosmologia interessantes e motivadores. Isto pode ser utilizado para incentivá-los para o estudo da física e para participarem de modo mais ativo das aulas: tratar temas de fronteira da física em sala de aula – como é o caso da área de astrofísica de galáxias – ajuda a estimular a curiosidade e a criatividade nos jovens, algo que é fundamental para o processo de aprendizagem (FRÓES, 2014). Além disso, o trabalho pedagógico com temas como estes provoca impactos positivos sobre a visão de universo da maioria dos estudantes que ganham uma percepção maior das escalas de tamanho envolvidas no estudo da astronomia (RECHI; HOSOUME, 2018).

2. Astrofísica de Galáxias

Nas noites escuras e em locais isentos de poluição e luz artificial, é possível observar no céu uma faixa iluminada e esbranquiçada que lembrava aos povos da antiguidade algo semelhante ao leite: por esse motivo, essa faixa com uma quantidade muito grande de estrelas, desde pelo menos o período da Roma Antiga, passou a ser denominada de Via Láctea (“caminho de leite”). Ao longo da história, a análise e a classificação morfológica das galáxias foram as maneiras utilizadas por muitos cientistas para compreendê-las melhor e estruturar teorias acerca da sua formação, bem como sobre a evolução cosmológica do universo.

As primeiras reflexões acerca da possibilidade de existência das galáxias (conjuntos de estrelas) foram elaboradas pelo astrônomo Thomas Wright (1711-1786) e pelo filósofo Immanuel Kant (1724-1804). Thomas Wright publicou em 1750 o livro *“An Original Theory or New Hypothesis of the Universe”* que propunha um primeiro modelo para a Via Láctea (que era basicamente todo o universo conhecido na época): segundo ele imaginou, nós estaríamos em um sistema de estrelas achatado (POPOVA, 2021). A partir das informações e ideias deste trabalho, alguns anos depois, em 1755, Immanuel Kant publicou seu próprio livro, cujo título original em alemão foi *“Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels”* (em inglês essa obra é conhecida como *“Universal Natural History and Theory of the Heavens”* e em português *“História Geral da Natureza e Teoria do Céu”*), com análises tanto das “nebulosas” (corpos extensos e difusos que se diferenciavam das estrelas) que são observadas no céu noturno, quanto da própria Via Láctea (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014). O objetivo dessa obra era alcançar uma representação concreta do universo em sua totalidade (VITTE; RIBAS, 2012). Kant propôs a hipótese dos “universos-ilha”, segundo a qual a Via Láctea seria apenas uma galáxia a mais em um universo cheio de galáxias ou “universos-ilha”. Hoje sabemos que muitas das chamadas “nebulosas”, que eram observadas por telescópios na época, eram parte da nossa própria galáxia, mas algumas delas, as chamadas nebulosas espirais, são, na verdade, galáxias individuais como a nossa Via Láctea, mas situadas fora dela. Para se ter ideia, até 1908 cerca de 15.000 galáxias/nebulosas já tinham sido catalogadas e descritas.

Em 1785, William Herschel (1738-1822) publicou o trabalho *“On the Construction of the Heavens”* (*“Sobre a Construção do Céu”*) no qual realizou uma importante contribuição para o estudo dos corpos celestes ao esquematizar, de modo fundamentado, a ideia de que a Via Láctea teria o formato de uma estrutura complexa achatada aproximadamente com a aparência de um disco. Segundo seu mapeamento da distribuição espacial das estrelas, o Sol estaria mais ou menos próximo do centro deste sistema achatado. Hoje sabemos que a Via Láctea tem de fato o formato de um disco, mas que o Sol está situado na região mais periférica deste disco.

Herschel foi o primeiro a propor um modelo para a nossa galáxia que estava baseado na observação. Na medição feita por ele, era levada em conta que as estrelas pertencentes à galáxia da Via Láctea pareciam circundar a Terra: assim eram contadas cuidadosamente as estrelas de magnitudes aparentes dadas e o fato de que os números eram os mesmos em ambas as direções do disco, levava à conclusão de que a Terra deveria estar perto do centro da galáxia. A falha na metodologia usada – que levou à conclusão errada de que estaríamos próximos do centro da Via Láctea – estava no fato de que, devido à poeira interestelar absorver a luz das estrelas, é possível ver, com maior nitidez, apenas as estrelas a cerca de 6.000 anos-luz do Sol, que é uma seção muito pequena de todo o disco de estrelas da Via Láctea que é muito maior, pois tem cerca de 100.000 anos-luz de diâmetro. Entretanto, até o início do século XX, o modelo proposto por Herschel era o aceito pela comunidade científica (HERSCHEL, 1785).

Um desenvolvimento importante dos conhecimentos sobre a Via Láctea veio com o debate que ocorreu em 1920, no âmbito da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, entre os cientistas Harlow Shapley (1885-1972) e Heber Doust Curtis (1872-1942). Neste debate, Shapley defendia que as nebulosas espirais eram objetos da nossa galáxia, enquanto Curtis argumentava que elas eram objetos extragalácticos, ou seja, que estavam fora da Via Láctea

(SHAPLEY; CURTIS, 1921). A questão foi resolvida, ao longo da década de 1920, quando Edwin Powell Hubble (1889-1953) determinou experimentalmente que a distância da “nebulosa” de Andrômeda até nós é da ordem de um milhão de anos-luz (hoje, com maior precisão, sabemos que ela é de aproximadamente 2,2 milhões de anos) e que, portanto, ela se situava muito além dos limites da nossa galáxia que tem cerca de 100 mil anos-luz de diâmetro (HUBBLE, 1926): com isso ficava claro que Andrômeda era um sistema de estrelas exterior e independente da Via Láctea (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014).

Existem diversas abordagens para a classificação das galáxias: morfológica, fotométrica, colorimétrica e espectroscópica (GIL; FERRARI; EMMENDORFER, 2015). Quanto à morfologia (forma), as galáxias podem ser classificadas, basicamente, em três tipos: espirais (subdivididas em espirais barradas e espirais normais), que contam com braços espirais, um núcleo e um halo em um disco achatado (como é o caso da própria Via Láctea e da Galáxia de Andrômeda); elípticas, que apresentam uma distribuição suave de luz no formato elipsoidal tridimensional (ou “oval”), não possuem o aspecto espiral e vistas da Terra tem o aspecto de uma elipse, sendo que algumas são esferoidais, ou seja, têm baixa excentricidade (um exemplo de galáxia elíptica supergigante é Messier 87 ou M87, cujo Buraco Negro Supermassivo situado em seu núcleo possibilitou o estabelecimento da primeira foto de um Buraco Negro que foi publicada em abril de 2019); irregulares, que não apresentam simetria bem definida como nos dois casos anteriores (nas vizinhanças da Via Láctea, a Pequena e a Grande Nuvem de Magalhães são exemplos de galáxias irregulares). A maioria das galáxias do universo (mais de 60%) é elíptica (WUENSCH, 2003).

A classificação morfológica das galáxias tem como objetivo encontrar padrões visuais comuns a elas, bem como compreender melhor tanto a sua evolução dinâmica, quanto a história da formação de suas estrelas. Além das morfologias apresentadas, as galáxias também podem interagir entre si; isso ocorre em alguns casos específicos, como quando elas estão se juntando ou “colidindo”: este fenômeno é chamado de “*galaxy merger*” ou fusão de galáxias (IANISHI; IZBICKI, 2017).

Hubble (1936) em seu trabalho “*Realm of the Nebulae*” (“A área de conhecimento das nebulosas”) classificou as galáxias numa sequência que vai das “*early-type*” (como são as galáxias elípticas, caracterizadas por terem cores mais avermelhadas, serem mais arredondadas e possuírem pouco gás) até as “*late-type*” (como as galáxias espirais, caracterizadas por serem mais azuis, terem a forma de um disco, serem ricas em gás e contarem com muitas estrelas jovens). Atualmente, o esquema proposto por Hubble vem sendo aprimorado (SANTOS, 2007), assim como são estudadas as implicações desta classificação. Galáxias elípticas gigantes, por exemplo, tendem a se situar mais próximas do centro de aglomerados de galáxias, enquanto as espirais tendem a localizar-se geralmente mais na parte externa dos aglomerados. Um dos problemas fundamentais da astrofísica moderna está justamente em compreender como ocorre a formação e a evolução das galáxias.

As galáxias, enquanto estruturas densas ligadas com coesão por meio da gravidade, são formadas por estrelas, poeira, gás e matéria escura. Uma característica bastante importante das galáxias é a sua metalicidade definida pela quantidade de átomos mais pesados que o

Hidrogênio e o Hélio (em particular, o Ferro) que elas têm e sobre como ocorre a distribuição desta metalicidade pelas diferentes partes do volume galáctico (DAMINELI; STEINER, 2010). A luz vista de uma galáxia pelos seres humanos aqui na Terra é proveniente sobretudo das suas estrelas: assim, a análise do espectro emitido pelas galáxias (em diferentes faixas do espectro eletromagnético) permite caracterizar com mais precisão seus constituintes (HERPICH, 2017).

Geralmente as galáxias grandes têm no seu “coração” (centro) um buraco negro supermassivo que faz com que a matéria “caia” nele, devido à atração gravitacional, produzindo dramáticos efeitos nos seus arredores, que são aquecidos a grandes temperaturas, emitindo radiação na faixa dos raios-X e, às vezes, lançando poderosos jatos de matéria. Para se avaliar a crescente importância dos estudos nesta área, dois dos três ganhadores do Prêmio Nobel de Física de 2020, Reinhard Genzel (1952-) e Andrea Ghez (1965-), receberam esta condecoração devido às suas pesquisas sobre o buraco negro supermassivo existente no centro da Via Láctea (GHEZ *et al.*, 2008; GENZEL; EISENHAEUER; GILLESSEN, 2010).

A matéria escura – cuja natureza é desconhecida até o momento – existe no universo em uma quantidade que é da ordem de cinco vezes maior que a matéria bariônica convencional que compõe todos os objetos materiais que conhecemos, tais como as estrelas e os planetas. Os estudos pioneiros desenvolvidos por Vera Rubin (1928-2016), sobre as velocidades de rotação de galáxias espirais permitiram concluir pela existência da matéria escura, inclusive com a determinação de algumas das suas características (RUBIN; FORD JR, 1970; RUBIN; FORD JR; THONNARD, 1978).

Apesar de galáxias espirais terem a configuração aproximada de um disco, a matéria escura está distribuída ao redor deste tipo de galáxia formando um halo esférico, numa quantidade cerca de cinco vezes superior à da matéria observável a partir das suas estrelas e demais componentes, tais como as nuvens de gás e poeira. Vera Rubin observou que as estrelas localizadas na periferia das galáxias espirais estavam orbitando o centro das galáxias com uma velocidade orbital muito maior do que a esperada levando em conta somente a matéria observável dessas galáxias, com isso inferindo a existência da denominada matéria escura, cuja natureza até hoje ainda é desconhecida (SCOLES, 2016). Devido ao fato de a matéria escura só interagir por meio da interação gravitacional, apesar de não se saber do que ela é feita, é possível mesmo assim determinar a sua quantidade e onde ela se encontra, devido às suas propriedades gravitacionais.

As relações existentes entre as galáxias e suas redondezas é muito importante em termos astrofísicos: encontramos diferentes tipos de galáxias em diferentes locais. Galáxias se agrupam formando aglomerados; um dos objetos de estudo sistemático de pesquisadores é acerca do motivo pelo qual os aglomerados não colapsam gravitacionalmente formando galáxias enormes (OPHER, 2004). No centro de grandes aglomerados de galáxias (como é o caso do Aglomerado de Virgem), a fusão entre galáxias é rara, pois elas estão com velocidades muito altas, o que permite apenas “breves encontros”. Da mesma forma, nas grandes partes mais vazias do espaço, a densidade de galáxias é muito baixa para que a fusão entre elas tenha algum papel. Portanto é apenas na periferia de aglomerados ou grupos menores, como é o caso do Grupo Local de Galáxias onde está a Via Láctea que a fusão de galáxias é um processo significativo.

A Via Láctea, a galáxia em forma de espiral em que vivemos, é caracterizada por possuir um disco com aproximadamente 50.000 anos-luz de raio e uma espessura de cerca de 2.000 anos luz (WUENSCHÉ, 2003). No centro da Via Láctea há um bojo esférico com cerca de 10.000 anos-luz de raio; há também um halo (de matéria escura) de forma esférica também com 50.000 anos-luz de raio que circunda toda a nossa galáxia. O Sol é apenas uma das aproximadamente duzentos bilhões de estrelas que existem na Via Láctea. O Sol está situado a cerca de 30.000 anos-luz do centro da Via Láctea (em um de seus braços espirais), orbitando este centro com velocidade de 250 km/s: cada órbita completa do Sol em torno do centro da galáxia dura cerca de 220 milhões de anos. Portanto, desde que o Sol se formou há 4,6 bilhões de anos, ele já completou cerca de 20 voltas em torno do centro da nossa galáxia. Para formar uma ideia melhor das escalas envolvidas é fundamental ressaltar que mesmo o planeta do Sistema Solar mais distante de nós encontra-se muito mais perto que a estrela mais próxima da Via Láctea: o planeta-anão Plutão, por exemplo, encontra-se a uma distância de 4 horas-luz do Sol, enquanto a estrela mais próxima (Alfa-Centauri) está a cerca de 4 anos-luz de distância do Sol. Portanto, o Sistema Solar é uma estrutura ínfima quando comparada à Via Láctea (FRÓES, 2014). A separação média entre as estrelas de nossa galáxia é da ordem de 10 anos-luz.

O Grupo Local de Galáxias (que tem um diâmetro de aproximadamente 10 milhões de anos-luz) é composto por cerca de meia centena de galáxias (a maior parte são galáxias anãs), dentre as quais estão a nossa Via Láctea e a galáxia de Andrômeda. Um aglomerado (ou grupo) de galáxias é uma estrutura que consiste em algo da ordem de centenas de galáxias que são unidas pela gravidade: estes aglomerados foram considerados as maiores estruturas conhecidas no universo até surgirem evidências sólidas acerca da existência de superaglomerados (BAHCALL, 1999).

As galáxias são compostas basicamente por estrelas, por nuvens de gás e de poeira e por matéria escura, sendo que a matéria escura (sobre a qual ainda não se sabe a constituição) compõe mais de 80 % da massa das galáxias. As nuvens de gás e poeira são ricas em hidrogênio e contam com uma presença menor de elementos mais pesados. O Universo, que tem idade de cerca de 13,8 bilhões de anos, atualmente é muito velho para permitir a formação de novas galáxias, pois a densidade do gás espalhado entre galáxias e aglomerados de galáxias é muito baixa para permitir a formação de novas estruturas (MCQUINN, 2016).

3. Divulgação Científica sobre Astrofísica de Galáxias

A divulgação científica – que historicamente sempre teve na astronomia uma das temáticas mais abordadas em suas atividades – está relacionada ao esforço de tornar o mundo inteligível, que se busca compartilhar com os demais (CAPOZOLI, 2002), de modo a ajudar a incluir na cultura científica da sua época a maior quantidade de cidadãos, começando pelos indivíduos que possuam maiores interesses por disciplinas científicas. Para uma análise mais fidedigna das práticas de divulgação científica existentes, é importante conhecer tanto a forma como a sociedade compreende a atividade científica de modo geral, quanto os tipos e os canais de informação científica aos quais os cidadãos têm acesso (ALBAGLI, 1996).

A divulgação científica pode promover a aprendizagem de alguns conceitos científicos específicos (SUNAGA, 2018). Assim sendo, ela envolve a mudança de um discurso que sai do âmbito científico e vai para outros contextos, como a esfera educacional, a esfera midiática e a esfera da linguagem usada pelos cidadãos no cotidiano (CUNHA; GIORDAN, 2009): isto é essencial para que ocorra a transposição dos conceitos científicos a serem trabalhados de modo que eles possam se tornar compreensíveis. Além disso é necessário escolher o que se vai divulgar e quanto a isto há várias opções, como, por exemplo: as aplicações tecnológicas da ciência; os avanços e as novas descobertas científicas; os impactos sociais, econômicos e ambientais da ciência; o método usado pela ciência para produzir novos conhecimentos.

A divulgação científica deve estar relacionada não somente aos conceitos de ciência já bem estabelecidos, mas também aos dilemas, conflitos e contradições que foram e são inerentes ao trabalho dos cientistas durante a produção de conhecimento (PINTO, 2007). As fórmulas que são utilizadas comumente nas aulas de Física, não servem, geralmente, como método para fazer despertar o interesse das pessoas em ações de divulgação científica (FRÓES, 2014): para isto ocorrer, com frequência, é necessária uma abordagem diferente. Textos de divulgação científica, por exemplo, podem ser utilizados como elementos motivadores durante as aulas no ensino regular, pois, pelas suas características que atraem a curiosidade das pessoas em geral, eles facilitam a compreensão de determinados conceitos e propiciam a aquisição de novas práticas de leitura (MARTINS; NASCIMENTO; ABREU, 2004).

Assim como em atividades de divulgação científica, a inserção de tópicos de astronomia e astrofísica em aulas de física pressupõe um trabalho que seja inerentemente interdisciplinar para que seja possível que o aluno compreenda a complexidade do universo e suas particularidades; sem isso, o processo de aprendizagem torna-se desarticulado e infrutífero (FERREIRA, 2011). A inserção em sala de aula de tópicos de astrofísica e de cosmologia, associados tanto ao estudo de áreas da física moderna e contemporânea, quanto aos avanços tecnológicos presentes em nosso cotidiano, pode produzir uma aprendizagem efetiva de conceitos fundamentais da física, associada a uma alteração na visão dos educandos acerca do universo e do conhecimento científico (AGUIAR, 2010).

No que diz respeito à área da astrofísica de galáxias, há na internet alguns sites que apresentam conhecimentos bem fundamentados sobre a astrofísica de galáxias e que podem ser usados como fontes confiáveis de consulta e referência acerca de dados e informações desta área. O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP) disponibiliza uma página na internet sobre “Astrofísica Galáctica e extragaláctica”³ com diversos materiais educacionais produzidos pelo professor Ronaldo E. de Souza, que são úteis para aqueles que querem aprofundar seus conhecimentos nesta área, pelo seu caráter didático e por estarem bem fundamentados nos conhecimentos científicos contemporâneos existentes na área da Astrofísica.

Em inglês, há diversas fontes de dados e informações científicas sobre o estudo das galáxias; a questão idiomática não é um problema incontornável para quem não domina o

³ Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/extragal/notas.html>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

inglês, pois as páginas, para os objetivos existentes neste caso, podem ser razoavelmente traduzidas para o português (mesmo com a existência de uma certa quantidade de erros no processo de tradução) automaticamente por meio de ferramentas disponíveis nos próprios navegadores de sites da internet. Por exemplo, a NASA disponibiliza no seu website⁴, diversos conteúdos sobre a física envolvida no estudo das galáxias, disponibilizando inclusive links para acessar textos e fotos envolvendo as descobertas mais recentes nesta área.

Em termos acadêmicos, a revista eletrônica “*The Open Journal of Astrophysics*”⁵ (“Revista Aberta de Astrofísica”) apresenta uma seção dedicada à Astrofísica de Galáxias (*Astrophysics of Galaxies*) com artigos científicos abertos e acessíveis nesta área de conhecimento. O mesmo ocorre com o arXiv⁶ (um repositório de acesso aberto de *preprints* e *postprints* eletrônicos de *papers* científicos), que tem também uma seção na área da Astrofísica de Galáxias (“*Astrophysics of Galaxies*”), com trabalhos científicos abertos e mais recentes, que podem ser acessados por todos os interessados.

Há grupos de pesquisa importantes na área de estudo da astrofísica de galáxias de diversas universidades em diferentes países e que disponibilizam artigos científicos, imagens, gráficos e fotos em seus websites, que são materiais que podem ser úteis para professores e divulgadores da ciência. É o caso, por exemplo, do grupo que estuda a “Formação e Evolução de Galáxias” (“*Galaxy Formation and Evolution*”⁷) da University of Melbourne na Austrália e do Grupo de Astrofísica Galáctica (“*Galactic Astrophysics Group*”⁸) da University College London no Reino Unido.

O projeto “*Galaxy Zoo*”⁹ vem classificando, de forma colaborativa, centenas de milhares de galáxias por mais de uma década: ele utiliza a ideia de ciência cidadã, em que pessoas comuns podem contribuir com a classificação a olho nu de objetos (HERPICH, 2017). Pelo seu caráter de colaboração voluntária, este projeto revela o papel fundamental que a participação em atividades práticas tem para a educação científica: dentre as muitas vantagens para os alunos, inclui-se a possibilidade de existir uma experiência de primeira mão com o processo de produção científica (RADDICK *et al.*, 2009). O trabalho executado pelo “*Galaxy Zoo*” parte do princípio de que é possível falar muito sobre uma galáxia apenas a partir do seu formato: seu site afirma que o intuito é compreender o que as galáxias dizem sobre o passado, o presente e, inclusive, o futuro do universo como um todo.

⁴ Disponível em: <<https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-are-galaxies>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

⁵ Disponível em: <<https://astro.theoj.org/section/1189-astrophysics-of-galaxies>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

⁶ Disponível em: <<https://arxiv.org/list/astro-ph.GA/recent>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

⁷ Disponível em: <<https://astro.physics.unimelb.edu.au/research/galaxy-formation-and-evolution/>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

⁸ Disponível em: <<https://www.ucl.ac.uk/astrophysics/research/galactic-astrophysics>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

⁹ Disponível em: <<https://www.zooniverse.org/projects/zookeeper/galaxy-zoo/>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

Por sua vez, o site “rhysy.net”¹⁰ disponibiliza cartas e imagens que podem ser usadas como recursos didáticos para dar uma ideia melhor acerca dos tamanhos de diferentes galáxias, especialmente por meio da comparação visual com o tamanho da nossa própria galáxia, a Via Láctea.

4. Recursos Audiovisuais para o Ensino sobre Galáxias

Esta investigação procurou fazer um levantamento acurado acerca de vídeos existente no YouTube sobre temas relacionados ao estudo da astrofísica das galáxias e que podem ser úteis para educadores que planejam atividades de divulgação científica ou de ensino; alguns destes vídeos são examinados de modo mais detalhado, a partir de características específicas interessantes e que devem ser consideradas no planejamento de uma atividade educacional com este tipo de recurso. O YouTube se destaca tanto por ser o maior site para armazenamento e visualização de vídeos do planeta, quanto pelo seu caráter bastante dinâmico que permite que cada usuário possa criar o seu próprio canal de modo a produzir e compartilhar seus próprios vídeos (ARANHA *et al.*, 2019), em um ambiente que valoriza a cultura da participação ativa (CARVALHO, 2016). Nesta plataforma existem diversos canais especializados em vídeos de divulgação científica que têm colaborado significativamente com o processo de democratização do acesso à produção acadêmica contemporânea em diversas áreas da ciência (SILVA NETO, 2018), inclusive na área da astrofísica e de disciplinas adjacentes.

Há diversos vídeos de duração mais curta disponíveis na internet acerca dos aspectos científicos envolvidos no estudo das galáxias e que podem ser bastante úteis em atividades educacionais e de divulgação científica, tanto pela boa fundamentação científica sobre a qual estão estruturados, quanto pelo fato de as imagens apresentadas colaborarem consideravelmente para o processo de aprendizagem de conceitos complexos da área de astrofísica. Em alguns casos estes vídeos são produzidos por instituições voltadas para a área da educação.

O vídeo “Astrolab – O que é uma galáxia?”¹¹ tem cerca de 7 minutos de duração e foi produzido pela TV UNESP. Ele aborda as características específicas das galáxias e explica um pouco sobre o desenvolvimento, ao longo da História, de conhecimentos sobre estes objetos astronômicos, desde o século XVIII. Este vídeo pode ser usado como uma rápida introdução acerca do estudo da física e da história das galáxias, para um público leigo que esteja interessado pelo tema.

O vídeo “ABC da Astronomia – Galáxias”¹² tem cerca de 4 minutos de duração, conta com a apresentação do professor Walmir Cardoso e é disponibilizado pelo canal da “TV Escola” no YouTube. Neste vídeo é abordado, de modo bastante didático, o tema da classificação das galáxias, dentre outros assuntos abordados.

¹⁰ Disponível em: <<http://rhysy.net/galaxy-sizes.html>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

¹¹ Disponível em: <<https://youtu.be/5xZ5H97uLAs>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

¹² Disponível em: <https://youtu.be/6iFEYS_Ffw>. Acesso em: 25 jan. 2022.

Há também vídeos produzidos por canais do YouTube especializados na área da divulgação científica, como, por exemplo, o vídeo “O Monstro no Centro da Galáxia”¹³ que tem cerca de 9 minutos de duração e foi produzido pelo canal “Ciência Todo Dia” do YouTube. Ele tem como tema central o Buraco Negro Supermassivo que se encontra no centro da Via Láctea. O mesmo canal do YouTube, voltado para a divulgação de tópicos de física, também disponibiliza o vídeo “Como Sabemos a Forma da Via Láctea?”¹⁴ com duração de cerca de 9 minutos e que explica o raciocínio científico usado para deduzir que a nossa galáxia tem a forma de uma espiral em um disco achatado.

O vídeo “Tudo sobre Galáxias”¹⁵ tem cerca de 13 minutos de duração e foi produzido e disponibilizado pelo canal “As crônicas do mundo” do YouTube. Esta é uma animação que aborda questões científicas relacionadas ao estudo das galáxias e que conta com boa qualidade visual (as imagens ajudam na compreensão do tema) e uma linguagem bastante adequada para o público mais jovem.

Por sua vez, o vídeo “O que há no espaço entre as galáxias?”¹⁶ tem duração de cerca de 5 minutos e foi produzido pelo canal “Mistérios do Espaço” do YouTube. Um dos conceitos científicos abordados neste vídeo é o de aglomerado de galáxias.

O vídeo “Andrômeda – A Galáxia Vizinha”¹⁷ tem cerca de 5 minutos de duração e é disponibilizado pelo canal “Viagens pelo Universo” do YouTube. Esse vídeo não tem narração em áudio, mas apresenta legendas em português com uma série de dados e informações científicas úteis, em termos educacionais, acerca de Andrômeda que é uma galáxia situada nas vizinhanças da nossa Via Láctea, a uma distância da ordem de um pouco mais que 2 milhões de anos-luz. O vídeo informa que segundo as simulações feitas pelos cientistas é possível deduzir que Andrômeda está se movimentando no sentido da Via Láctea com a qual deverá “colidir” dentro de aproximadamente 4,5 bilhões de anos.

O vídeo “Viajando pela Via Láctea – conhecendo a nossa galáxia”¹⁸ tem cerca de 10 minutos de duração, e foi produzido pelo canal “Você sabia?” do YouTube. Este vídeo com várias informações científicas interessantes acerca da Via Láctea foi publicado em junho de 2019 e até janeiro de 2022 já tinha cerca de 3,5 milhões de visualizações, um número bastante expressivo para vídeos de divulgação científica como este, algo que revela que existe um interesse do público leigo que navega pela internet, pois informações e conhecimentos de astrofísica, em especial, acerca do estudo das galáxias.

Há uma significativa quantidade de vídeos de boa qualidade (bem fundamentados cientificamente e didáticos em termos visuais), em inglês, para os quais pode ser acionada a ferramenta do YouTube de produzir legendas automáticas traduzidas para o português. O vídeo

¹³ Disponível em: <<https://youtu.be/fqqy7ciX2zo>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

¹⁴ Disponível em: <https://youtu.be/ewY_zDr0Zqk>. Acesso em: 25 jan. 2022.

¹⁵ Disponível em: <<https://youtu.be/oJvgMvcSINQ>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

¹⁶ Disponível em: <<https://youtu.be/enbKUtok9IA>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

¹⁷ Disponível em: <<https://youtu.be/3foG1j4cURM>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

¹⁸ Disponível em: <https://youtu.be/LA_UqH7IwOg>. Acesso em: 25 jan. 2022.

“Galaxies, part 1”¹⁹ (“Galáxias – parte 1”), do “Crash Course Astronomy”, tem cerca de 12 minutos de duração e discute, por exemplo, os formatos básicos que as galáxias podem ter, apresentando belas imagens de galáxias de diferentes tipos.

Há também, sobre o estudo das galáxias, as palestras TED (“TED Talks”) ministradas por especialistas; muitas dessas palestras estão disponibilizadas no canal do TED²⁰ no YouTube, além de poderem ser acessadas também no próprio site do TED²¹. Serão indicadas a seguir algumas palestras TED sobre galáxias: “How galaxies evolve | Dr. Sarah Sweet | TEDxBrisbane”²² (“Como as galáxias evoluem”), com cerca de 16 minutos de duração; “The most detailed map of galaxies, black holes and stars ever made | Juna Kollmeier”²³ (O mais detalhado mapa já feito de galáxias, buracos negros e estrelas”), com duração de cerca de 14 minutos; “O que podemos aprender com galáxias bem distantes - Henry Lin”²⁴, com duração de cerca de 6 minutos; “Burçin Mutlu-Pakdil: A rare galaxy that's challenging our understanding of the universe”²⁵ (“Uma galáxia rara que está mudando a nossa compreensão do universo”), com duração de cerca de 4 minutos. Há também uma animação interessante, em termos educacionais, do canal TED-Ed²⁶ do YouTube, intitulada “Poderiam os humanos se espalhar por toda a Via Láctea? - Roey Tzezana”²⁷, com cerca de 4 minutos de duração, que desenvolve argumentos a partir de uma situação-problema motivadora para o aprofundamento de conceitos científicos importantes.

Há vídeos, com duração maior, que são na verdade aulas gravadas de disciplinas de cursos que abordam o estudo das galáxias. Estas aulas podem ser importantes para aqueles que querem se aprofundar mais na área da astrofísica das galáxias de modo a possuir uma maior fundamentação em conteúdos científicos com vistas a atividades de ensino, por exemplo.

O Professor João Steiner (1950-2020), um importante pesquisador brasileiro na área de astrofísica, apresenta a aula “Astronomia: Uma Visão Geral II - Aula 1 - A Via Láctea como uma galáxia”²⁸, com duração de cerca de 31 minutos e que foi gravada no âmbito do IAG-USP e produzida pela UNIVESP. Várias das aulas seguintes deste curso do professor João Steiner também estão disponíveis no YouTube e podem ser úteis para educadores que pretendem planejar atividades de divulgação científica ou de ensino sobre a física das galáxias. A UNIVESP também produziu uma entrevista realizada pela jornalista Mônica Teixeira junto ao professor Laerte Sodré do Departamento de Astronomia do IAG-USP, intitulada “Universo: Galáxias – A nossa, as outras”²⁹, com aproximadamente 30 minutos de duração.

¹⁹ Disponível em: <<https://youtu.be/l82ADyJC7wE>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²⁰ Disponível em: <<https://www.youtube.com/channel/UCsTOYlqwnpJCM-mx7-gSA4Q>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²¹ Disponível em: <<https://www.ted.com/>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²² Disponível em: <https://youtu.be/r_VtPiOwHuo>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²³ Disponível em: <<https://youtu.be/88d-58tWhGs>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²⁴ Disponível em: <<https://youtu.be/kpzEsgSBUqc>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²⁵ Disponível em: <<https://youtu.be/uv5-hlif7BQ>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²⁶ Disponível em: <<https://www.youtube.com/teded/about>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²⁷ Disponível em: <<https://youtu.be/Rpy9Qp7NAaw>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²⁸ Disponível em: <<https://youtu.be/nSKeFKWFiDo>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

²⁹ Disponível em: <<https://youtu.be/F0MGoNLLRH0>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

O Professor Alexandre Zobot, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no canal “Astrofísica para Todos”³⁰, disponibiliza várias aulas de diferentes cursos que ministrou. No curso de “Astrofísica Geral” (nível Lemaître), a aula 18 “As galáxias”³¹ conta com cerca de 1 hora e 12 minutos de duração”. Já no curso de “Astronomia e Astronáutica” (nível Galileu), a aula 17 “Galáxias”³² tem cerca de 23 minutos de duração. Há também, neste mesmo canal, o vídeo “Astrofísica de Galáxias”³³, de uma palestra com duração de cerca de 36 minutos.

O canal do Museu de Astronomia e Ciências Afins³⁴ (MAST) do YouTube apresenta muitos vídeos de aulas sobre diferentes temas da astronomia. Em particular, no curso “Astronomia para visitantes: Astrofísica Extragaláctica” são indicadas as duas primeiras aulas: a aula 1 - “História da Astrofísica Galáctica e do Debate de Shapley Curtis”³⁵, com duração de cerca de 2 horas e 4 minutos (abordando um episódio importante da História da Astrofísica de Galáxias), e a aula 2 - “Classificação morfológica das galáxias”³⁶, com duração aproximada de 2 horas e 18 minutos (sobre os critérios usados para classificação de galáxias).

A Universidade de Cambridge (Reino Unido) disponibiliza a palestra “Galaxies”³⁷ (“Galáxias”), ministrada em inglês pelo Dr Matt Bothwell (neste caso também é possível acionar o recurso do YouTube de produzir legendas automáticas traduzidas para o português) e que conta com duração aproximada de 50 minutos.

Finalmente, podem ser úteis alguns documentários sobre galáxias que estão disponíveis para serem acessados e assistidos em diferentes canais do YouTube. Neste caso, pode ser citado o documentário “A Via Láctea”³⁸ (o título em inglês é “*Monster of the Milky Way*”), com duração de cerca de 47 minutos.

5. Considerações Finais

A atividade científica objetiva a produção de conhecimentos a partir de uma multiplicidade complexa de relações comunicativas, linguagens e interações (SILVA, 2006); algo similar, em outro contexto, ocorre também com a atividade de divulgação científica. As inter-relações entre um divulgador científico e o seu público compreendem, dentre outros elementos, a cultura científica em que se vive e que precisa ser levada em consideração no processo de aprendizagem em situações de ensino (LIMA, 2016).

Este trabalho investigou as possibilidades educacionais existentes para atividades de divulgação científica em torno do estudo da astrofísica de galáxias e o modo como elas podem

³⁰ Disponível em: <<https://www.youtube.com/channel/UC9JQsZogWHJnhaeMx3OsP4Q>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³¹ Disponível em: <<https://youtu.be/o23YNLyFDfA>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³² Disponível em: <<https://youtu.be/NOgffweCsvA>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³³ Disponível em: <<https://youtu.be/gS306oVB95s>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³⁴ Disponível em: <<https://www.youtube.com/channel/UCeN8E-sECPs7EqXUF9HY6cg>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³⁵ Disponível em: <https://youtu.be/8f_u7UtPUU>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³⁶ Disponível em: <<https://youtu.be/ym7FX4-V4Vg>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³⁷ Disponível em: <<https://youtu.be/DFcdzBfM-os>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

³⁸ Disponível em: <<https://youtu.be/canhuc7ROVM>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

ser úteis, não somente para incentivar os jovens a se interessarem mais acerca de ciência em geral – e acerca do estudo das galáxias, em particular – e ampliar o acesso a estes conhecimentos, mas também para colaborar com a aprendizagem de conceitos fundamentais da física em geral. Ele também procurou examinar o uso de recursos tecnológicos, sobretudo vídeos, para permitir ampliar as formas pelas quais se efetiva o processo de aprendizagem de conceitos científicos para a melhoria na capacidade de compreensão dos fenômenos naturais e o desenvolvimento de habilidades de argumentação (MOURA; SILVA, 2019).

A astronomia é uma área do conhecimento que desde tempos imemoriais atrai a atenção e a curiosidade de uma ampla gama de pessoas, podendo constituir-se como um eixo condutor para trabalhar com conhecimentos e métodos da ciência em atividades educacionais e de divulgação científica. A história da astronomia, especificamente, apresenta elementos que podem colaborar decisivamente para o processo de educação científica, seja pela reflexão acerca das controvérsias e dos dilemas com os quais a ciência se deparou ao longo do tempo ou pelo estudo de trabalhos originais escritos pelos próprios cientistas responsáveis por descobertas e avanços que foram decisivos para a ciência.

Algumas áreas associadas à astrofísica de galáxias (como os estudos sobre a natureza da matéria escura e sobre buracos negros supermassivos) estão situadas na fronteira do conhecimento científico atual, o que pode permitir ao educador a inclusão de elementos associados ao que ainda é desconhecido, possibilitando destacar que a ciência é um “organismo” vivo, que é um “prédio” em perene construção. Temas como estes ajudam a tirar a pessoa que aprende de uma situação de passividade para uma postura ativa de quem busca entender os problemas existentes, procura formular hipóteses explicativas e empenha-se em descobrir evidências que possibilitam testar conjecturas propostas por cientistas. Desse modo, é possível estimular as pessoas a se apropriarem dos métodos da ciência para estudar determinados problemas e adotar posturas investigativas acerca deles.

Atividades de divulgação e educação científica sobre a física das galáxias podem contribuir significativamente para uma formação dos cidadãos mais ampla e que induza posturas investigativas. Além disso, o uso de vídeos e outros recursos didáticos em ações educacionais permite explicar melhor os conceitos científicos envolvidos, devido não somente às características visuais e dinâmicas das obras videográficas, mas também à linguagem adequada e acessível que é utilizada nelas. Os vídeos examinados neste trabalho, usados na íntegra ou a partir da extração de trechos deles, podem se tornar úteis para professores que pretendem estruturar algum tipo de ação educacional envolvendo a área da astrofísica das galáxias, tanto pelo fato de estarem bem fundamentados nas evidências científicas existentes atualmente, quanto pelo caráter didático das imagens utilizadas para exemplificar conceitos científicos que têm um grau razoável de complexidade.

Entretanto, no que diz respeito ao uso didático que se faz de materiais que estão disponíveis na internet, é importante assinalar que os processos educacionais precisam também repensar o papel de mediação na formação de leitores críticos das novas tecnologias associadas aos audiovisuais, fazendo com que os estudantes assumam posturas mais questionadoras quanto às imagens em movimento que eles acessam em plataformas de armazenamento de

vídeos como o YouTube, por exemplo (KARAT; GIRALDI, 2019): é fundamental sempre procurar verificar as evidências científicas do que está sendo divulgado.

6. Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP pelo fomento concedido para a realização deste trabalho.

7. Referências

AGUIAR, Ricardo Rechi. **Tópicos de astrofísica e cosmologia**: Uma aplicação de física moderna e contemporânea no ensino médio. São Paulo: Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25012011-112911/publico/Dissertacao_Ricardo_R_Aguiar.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2022.

AGUIAR, Ricardo Rechi; HOSOUME, Yassuko. Tópicos de astronomia, astrofísica e cosmologia na 1ª série do ensino médio como parte integrante de um projeto curricular diferenciado de física. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 25, p. 51–70, 2018. Disponível em: <<https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/333>>. Acesso em: 29 ago. 2022.

ALBAGLI, Sarita. Divulgação Científica: Informação Científica Para A Cidadania? **Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639/643>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

ARANHA, Carolina pereira *et al.* O YouTube como Ferramenta Educativa para o ensino de ciências. **Olhares & Trilhas**, vol. 21, n. 1, p. 10-25, 2019. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/olhases trilhas/article/view/46164>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

BAHCALL, Neta A. Clusters and superclusters of galaxies. In: DEKEL, Avishai e OSTRIKER, Jeremiah P. (orgs.). **Formation of structure in universe**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999.

CAPOZOLI, Ulisses. A divulgação e o pulo do gato. In: MASSARANI, Luisa; MOREIRA, Ildeu de Castro; BRITO, Fátima (orgs.) **Ciência e público**: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência - Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002, p. 73-78. Disponível em: <<http://www.redpop.org/wp-content/uploads/2015/06/Ciencia-e-Publico-caminhos-da-divulgacao-cient%3%Adfica-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

CARVALHO, Mariela Costa. Divulgação Científica no Youtube: Narrativa e Cultura Participativa nos Canais Nerdologia e Peixe Babel. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**, São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://portalintercom.org.br/anais/nacional2016/resumos/R11-2014-1.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

CUNHA, Marcia Borin; GIORDAN, Marcelo. A divulgação científica como um gênero de discurso: implicações na sala de aula. **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Florianópolis, 2009. Disponível em:

<<http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/89.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2022.

DAMINELLI, Augusto; STEINER, João. **O Fascínio do Universo**. São Paulo: Odysseus, 2010. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/fascinio.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

FERREIRA, Elvis Camilo. **Inclusão de astrofísica e cosmologia no ensino médio**: uma motivação ao estudo de ciências. Presidente Prudente, SP: Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011. Disponível em:

<<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/149279/000875964.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

FRÓES, André Luís Delvas. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 3504;3504-15, 2014. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/363504.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

GENZEL, Reinhard; EISENHAUER, Frank; GILLESSEN, Stefan. The Galactic Center massive black hole and nuclear star cluster. **Reviews of Modern Physics**, v. 82, p. 3121-3195, 2010. Disponível em: <<https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.82.3121>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

GHEZ, Andrea *et al.* **Measuring distance and properties of the milky way's central supermassive black hole with stellar orbits**. ArXiv, 2008. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/0808.2870.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

GIL, Vanessa de Oliveira; FERRARI, Fabrício; EMMENDORFER, Leonardo. Investigação da aplicação de algoritmos de agrupamento para o problema astrofísico de classificação de galáxias. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 7, n. 2, p. 52-61, 2015. Disponível em: <<http://seer.upf.br/index.php/rbca/article/download/4653/3332/>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

HERPICH, Fábio Rafael. **Plano de aposentadoria galáctica**: galáxias early-type do ultravioleta ao infravermelho. Florianópolis: Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176802/346422.pdf?sequence=1#page30>>. Acesso em: 16 jan. 2022.

HERSCHEL, William. On the Construction of the Heavens. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 75, p. 213-266, 1785. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstl.1785.0012>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

HUBBLE, Edwin Powell. Extragalactic nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 64, p. 321-369, 1926. Disponível em: <<http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1926ApJ....64..321H>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

HUBBLE, Edwin Powell. **Realm of the Nebulae**. New Haven (USA): Yale University Press, 1936. Disponível em: <<https://www.aldebaran.cz/astrofyzika/struktury/galaxie/docs/Hubble-TheRealmOfTheNebulae.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

IANISHI, Paula; IZBICKI, Rafael. Classificação Morfológica de Galáxias em Conjuntos de Dados Desbalanceados. **Tendências em Matemática Aplicada e Computacional**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 155-172, 2017. Disponível em: <<https://tema.sbmac.org.br/tema/article/view/924>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

KANT, Immanuel. **Universal natural history and theory of the heavens or essay on the constitution and the mechanical origin of the whole universe according to Newtonian principles.** 1755. Disponível em: <<http://users.clas.ufl.edu/burt/spaceshotsairheads/Kantuniversalnaturalhistory.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

KARAT, Marinilde Tadeu; GIRALDI, Patrícia Montanari. A origem da vida: uma análise sobre a natureza da ciência em um vídeo educativo do YouTube. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 58-76, 2019. Disponível em: <<https://revistas.utfpr.edu.br/actio/article/view/9399>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

LIMA, Guilherme da Silva. **O professor e a divulgação científica: apropriação e uso em situações formais de ensino.** São Paulo: Tese de Doutorado - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-16082016-093959/publico/GUILHERME_DA_SILVA_LIMA_CORRIGIDA.pdf> Acesso em: 11 jan. 2022.

MCQUINN, Matthew. The Evolution of the Intergalactic Medium. **Annual Review of Astronomy and Astrophysics**, v. 54, p. 313-362, 2016. Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-astro-082214-122355>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

MARTINS, Isabel; NASCIMENTO, Tatiana Galieta; ABREU, Teo Bueno de. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 1, p. 95-111, 2004. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/download/536/331>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

MOURA, Fábio Andrade de; SILVA, Rubens. Sequência de ensino investigativa para o estudo do empuxo no ensino médio. **REPPE: Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino**, v. 3, n. 1, p. 38-61, 2019. Disponível em: <<http://seer.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/1509/766>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia & Astrofísica.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

OPHER, Reuven. Os primeiros objetos do universo. **Revista USP**, São Paulo, n. 62, p. 206-223, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i62p206-223>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

PINTO, Gisnaldo Amorim. **A divulgação científica como literatura e o ensino de ciências.** São Paulo: Tese de Doutorado da Faculdade de Educação da USP, 2007. Disponível em:

<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-07122007-160508/publico/TeseGisnaldoAmorim.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

POPOVA, Maria. **Stunning Celestial Art from the 1750 Astronomy Book That First Described the Spiral Shape of the Milky Way and Dared Imagine the Existence of Other Galaxies**. 2021. Disponível em: <[https://www.brainpickings.org/2021/02/16/thomas-wright-original-theory/#:~:text=In%201750%2C%20Wright%20self%2Dpublished,Via%20Lactea%20\(public%20domain](https://www.brainpickings.org/2021/02/16/thomas-wright-original-theory/#:~:text=In%201750%2C%20Wright%20self%2Dpublished,Via%20Lactea%20(public%20domain)>. Acesso em: 20 jan. 2022.

RADDICK, M. Jordan *et al.* **Galaxy Zoo: Exploring the Motivations of Citizen Science Volunteers**. ArXiv, 2009. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/0909.2925>>. Acesso em 12 jan. 2022.

RUBIN, Vera C.; FORD JR., W. Kent. Rotation of the Andromeda nebula from a spectroscopic survey of emission regions. **The Astrophysical Journal**, v. 159, p. 379-403, 1970. Disponível em: <<http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1970ApJ...159..379R>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

RUBIN, Vera C.; FORD JR., W. Kent; THONNARD, Norbert. Extended rotation curves of high-luminosity spiral galaxies. IV-Systematic dynamical properties, SA through SC. **The Astrophysical Journal**, v. 225, L, p. 107-111, 1978. Disponível em: <<http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1978ApJ...225L.107R>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SANTOS, Ana Leonor Chies Santiago. **Os Sistemas de Aglomerados Estelares nas Galáxias Early-Type Luminosas NGC 5846 e NGC 1380**. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado - Instituto de Física da UFRGS, 2007. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10059/000594156.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SCOLES, Sarah. **How Vera Rubin confirmed dark matter**. Astronomy, 2016. Disponível em: <<https://astronomy.com/news/2016/10/vera-rubin>>. Acesso em: 21 jan. 2022.

SHAPLEY, Harlow; CURTIS, Heber. The Scale of the Universe. **Bulletin of the National Research Council**, v. 2, n. 11, part 3, p. 171-217, May 1921. Disponível em: <https://apod.nasa.gov/htmltest/gifcity/cs_nrc.html>. Acesso em: 11 jan. 2022.

SILVA, Henrique César. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 53-59, 2006.

SILVA NETO, José Ricardo da. Alcance da divulgação científica por meio do YouTube: estudo de caso no canal Meteoro Brasil. **Múltiplos Olhares em Ciência da Informação**, v. 8, n. 2, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/moci/article/view/16885>>. Acesso em: 21 jan. 2022.

SUNAGA, Alexsandro Issao. **Textos de divulgação científica no ensino de astronomia: Produção, divulgação e aplicação**. São Paulo: Dissertação de Mestrado - Departamento de Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_alexsandro_i_sunaga_original.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.

VITTE, Antonio Carlos; RIBAS, Alexandre Domingues. A “História geral da natureza e teoria do céu” de Immanuel Kant: sua imagem de cosmos e seu clamor por uma geografia física. **Revista**

Tamoios, São Gonçalo (RJ), ano 08, n. 2, p. 2-14, 2012. Disponível em: <https://www.academia.edu/26783481/A_Hist%C3%B3ria_Geral_Da_Natureza_e_Teoria_Do_C%C3%A9u_De_Immanuel_Kant_Sua_Imagem_De_Cosmos_e_Seu_Clamor_Por_Uma_Geografia_F%C3%ADsica>. Acesso em: 20 jan. 2022.

WRIGHT, Thomas. **An Original Theory or New Hypothesis of the Universe**. 1750. Disponível em: <<https://publicdomainreview.org/collection/an-original-theory-or-new-hypothesis-of-the-universe>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

WUENSCHÉ, Carlos Alexandre. **Capítulo 6 – Galáxias**. São José dos Campos: INPE, 2003. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.56/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2022.