

A apropriação social da ciência dos meteoros: quando a Ciência Cidadã vai à escola

The social appropriation of meteor science: when Citizen Science goes to school

La apropiación social de la ciencia de los meteoros: cuando la ciencia ciudadana llega a la escuela

Tainá Bueno de Andrade¹

Rodolfo Langhi²

Isabella Cortez Paglianti³

Resumo: Este artigo aborda a problemática das deficiências no ensino escolar de conteúdos de Astronomia, especificamente sobre meteoros. Estudos evidenciam a relevância desse tema no currículo, mas sua inserção permanece negligenciada, comprometendo a capacidade crítica dos cidadãos frente à divulgação científica, gerando incertezas quanto à sua própria confiabilidade na ciência. O ensino tradicional, de caráter expositivo e reducionista, aliado à crescente propagação de teorias conspiratórias e negacionismos, reforça a necessidade de uma abordagem educacional pautada no ensino investigativo com a finalidade de atingir a 'apropriação da ciência'. Nesse contexto, a Ciência Cidadã emerge como uma estratégia eficaz para democratizar o conhecimento e alfabetização científica. O questionamento central da pesquisa versa sobre a relação entre Ciência Cidadã no ensino médio e a apropriação do conhecimento científico. Apresentamos os resultados de uma aluna participante que, ao atuar como cientista cidadã, conduziu a análise de meteoros, alcançando a 'apropriação da ciência' em nível autoral.

Palavras-chave: Educação em Astronomia. Ensino Médio. Confiabilidade na Ciência.

Abstract: This article addresses the problem of deficiencies in school teaching of astronomy, specifically regarding meteors. Studies highlight the relevance of this topic in the curriculum, but its inclusion remains neglected, compromising citizens' critical capacity regarding scientific dissemination and generating uncertainty about their own reliability in science. Traditional teaching, with its expository and reductionist nature, combined with the growing spread of conspiracy theories and denialism, reinforces the need for an educational approach based on investigative teaching to achieve the "appropriation of science." In this context, Citizen Science emerges as an effective strategy for democratizing knowledge and scientific literacy. The central question of the research concerns the relationship between Citizen Science in high school and the appropriation of scientific knowledge. We present the results of one participating student who, acting as a citizen scientist, conducted the analysis of meteors, achieving "appropriation of science" at the authorial level.

Keywords: Astronomy Education. High School. Reliability in Science.

¹ Bacharelado em Física dos Materiais. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, São Paulo. <https://orcid.org/0000-0002-7458-5561>. E-mail: bueno.andrade@unesp.br

² Doutorado em Educação para a Ciência. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, São Paulo. <https://orcid.org/0000-0002-3291-5382>. E-mail: rodolfo.langhi@unesp.br

³ Ensino Médio. Escola Estadual Prof. José Aparecido Guedes de Azevedo, Bauru, São Paulo. <https://orcid.org/0009-0005-6178-1909>. E-mail: isabella.c.paglianti@unesp.br

Resumen: Este artículo aborda el problema de las deficiencias en la enseñanza escolar de astronomía, específicamente en lo que respecta a los meteoros. Estudios destacan la relevancia de este tema en el currículo, pero su inclusión sigue siendo descuidada, lo que compromete la capacidad crítica de la ciudadanía respecto a la divulgación científica y genera incertidumbre sobre su propia fiabilidad en la ciencia. La enseñanza tradicional, con su carácter expositivo y reduccionista, sumada a la creciente difusión de teorías conspirativas y negacionismo, refuerza la necesidad de un enfoque educativo basado en la enseñanza investigativa para lograr la "apropiación de la ciencia". En este contexto, la Ciencia Ciudadana emerge como una estrategia eficaz para democratizar el conocimiento y la alfabetización científica. La pregunta central de la investigación se centra en la relación entre la Ciencia Ciudadana en la educación secundaria y la apropiación del conocimiento científico. Presentamos los resultados de un estudiante participante que, actuando como científico ciudadano, realizó el análisis de meteoros, logrando la "apropiación de la ciencia" a nivel de autor.

Palabras-clave: Educación Astronómica. Bachillerato. Fiabilidad en la Ciencia.

Submetido 14/07/2025

Aceito 20/09/25

Publicado 24/09/2025

Considerações iniciais

Embora hoje tenhamos tecnologia e softwares desenvolvidos que contribuam na rápida análise de uma grande quantidade de dados para pesquisas científicas, ainda persiste uma problemática: a falta de disponibilidade de profissionais para lidar com o grande volume de dados. Somado a isso, há o fato da necessidade de reconhecimento de imagens, atividade ainda com alto nível de complexidade para computadores e inteligência artificial, apesar de comum para humanos (Raddick et al., 2009).

Por exemplo, no ano de 1995, a descoberta do primeiro exoplaneta orbitando uma estrela representou um grande avanço para a pesquisa em astronomia. Por ocasião da escrita deste artigo, o número de exoplanetas confirmados pela NASA já passavam de 5.800, além dos mais de 8.000 aguardando confirmação. Com os avanços tecnológicos, não somente na astronomia, mas nas mais diversas áreas do conhecimento, observamos a rápida expansão na quantidade de dados coletados, de tal maneira que o ato de analisar este volume de informações tem se tornado cada vez mais inviável aos cientistas.

Diante desta situação, surge a necessidade de encontrar novos métodos para fazer uso desses conjuntos de dados de forma produtiva; a chamada “ciência cidadã” nos traz uma saída temporária. A Ciência Cidadã é uma prática na qual cidadãos comuns se voluntariam para auxiliar profissionais na realização de pesquisas científicas (Raddick et al., 2013). Esses voluntários, muitas vezes chamados de cientistas cidadãos ou cientistas voluntários, não precisam ter experiência ou formação na área na qual desejam contribuir, mas ter o desejo de colaborar para o avanço da ciência e, em casos mais extremos, participar como coautores na produção científica acadêmica, atingindo o que Castelfranchi et al. (2013) e Mendes, Massarani e Castelfranchi (2022) denominam de ‘apropriação social da Ciência’.

No âmbito educacional, considerando a característica persistente de um ensino escolar enciclopédico, extremamente expositivo, cientificamente reducionista e com ampla divulgação de movimentos negacionistas, nunca foi tão importante e necessário o aluno se “apropriar da Ciência” (Castelfranchi et al., 2013; Mendes; Massarani; Castelfranchi, 2022), uma vez que diversas pesquisas da área apontam para a emergente superação do ensino tradicional da Ciência (Roehrig; Camargo, 2013; Cleophas et al., 2015; Scheibel et al., 2009).

Portanto, é neste contexto que apresentamos o objetivo central deste estudo, em torno do qual gira a discussão neste artigo: fomentar a Ciência Cidadã no ensino médio visando a

apropriação da ciência. Apresentamos como resultado principal o desenvolvimento de uma aluna da escola pública sob a abordagem da Ciência Cidadã até atingir seu nível autoral no estudo específico dos meteoros.

Aportes teóricos: importância da Ciência Cidadã para o ensino

O termo Ciência Cidadã é relativamente recente, surgindo por volta de 1990, no entanto, atividades científicas envolvendo amadores já existiam desde o século XIX. Atualmente a expressão é associada a diversos outros temas como crowdsourcing science, ciência aberta, participação pública, monitoramento, entre outros. No início, a ciência cidadã era mais relacionada a indivíduos que contribuíam com observações extensas, normalmente por “amor ao mundo natural” (Christian et al., 2012), relacionando à expressão “amador”. No entanto, hoje esta se tornou uma prática que abrange diversas áreas e diversos tipos de realizações, existindo desde projetos mais focados na coleta e classificação de dados até projetos que buscam envolver o público mais profundamente nas pesquisas através de uma abordagem “de baixo para cima” onde os interesses e práticas culturais dos participantes são considerados (Comandulli et al., 2016).

É certo que a ciência cidadã surgiu de uma necessidade científica e que possibilitou aos pesquisadores concluírem pesquisas que jamais seriam possíveis sem a colaboração de um grande público, mas ao mesmo tempo tem sido benéfica para os próprios voluntários, uma vez que promove experiências científicas autênticas (Raddick et al., 2009), envolvendo o cidadão nos processos de pesquisa e oferecendo oportunidades significativas de aprendizado sobre a ciência e o método científico.

Tais experiências se fazem especialmente relevantes diante do cenário atual em que vivemos, onde a propagação de fake news tem se tornado cada vez mais comum nas redes sociais (Polino; Castelfranchi, 2019), trazendo desinformação à população e prejudicando o desenvolvimento da ciência e o ensino dela nas escolas. Tendo em vista essa capacidade que a ciência cidadã possui em contribuir na alfabetização científica dos voluntários é importante considerar a inclusão desses projetos nas salas de aula, pois os alunos podem experimentar a natureza da pesquisa científica, construindo um senso crítico ao passo que crescem para se tornar cidadãos.

Todavia, quando se trata de envolver tal público em projetos científicos podem surgir algumas questões relacionadas à confiabilidade dos dados. Cohn (2008) defende que na maioria dos casos, os dados gerados por cientistas cidadãos de idades diversas têm se mostrado muito satisfatórios e cita alguns exemplos cientificamente aceitáveis. Outro fator a ser considerado ao envolver crianças e jovens na ciência cidadã é a dificuldade que pode existir, por parte dos professores, em transpor os objetivos de projetos que são voltados a fins científicos em atividades educacionais que possam contribuir para o letramento científico dos alunos. Assim, para que os objetivos educacionais não dependam apenas da habilidade do educador, é importante que haja parcerias entre os professores da educação básica e pesquisadores/organizadores de projetos de ciência cidadã (Bonney et al., 2014). De fato, colaborações dessa natureza já se mostraram proveitosas para ambas as partes em projetos como o BirdSleuth (Sánchez, 2013), desenvolvido com a contribuição de professores, e atualmente fornece formação para educadores instruírem seus alunos em projetos de ciência cidadã voltados para aves.

Avaliar a aprendizagem dos alunos nos projetos também é importante para verificar se as finalidades educacionais estão sendo atingidas. Para Jordan et al. (2012) os projetos de ciência cidadã devem estar equilibrados entre a coleta/análise de dados a ser feita e as metas de aprendizagem esperadas, desde que o planejamento contenha os seguintes propósitos: (1) os objetivos devem estar alinhados com as atividades do projeto; (2) os resultados de aprendizado devem ser muito bem articulados; (3) deve haver identificação de fatores relevantes.

Nota-se também, na ciência cidadã, a oportunidade de abordar nas escolas temas que muitas vezes os alunos não teriam acesso de outra forma. De fato, existem áreas da ciência que não se fazem muito presentes no ensino, mas se encaixam muito bem em projetos de ciência cidadã, como por exemplo, a astronomia. Além da astronomia ser uma área do conhecimento com grande potencial educativo, outro fator que a torna propícia para atividades de ciência cidadã é o enorme volume de dados que essa ciência produz.

Por exemplo, o Sloan Digital Sky Survey (SDSS) é um dos maiores levantamentos de dados astronômicos, cujo tamanho total de dados é de aproximadamente 60 terabytes. O Large Synoptic Survey Telescope (LSST), previsto para entrar em operação durante o ano de 2025, produzirá uma quantidade de dados semelhante ao SDSS diariamente. Para lidar com o “dilúvio

de dados” (Raddick et al., 2009) que se aproxima, esforços coletivos como proporcionados pela ciência cidadã podem ser muito úteis.

Outro exemplo é um dos maiores portais de ciência cidadã no mundo, o Zooniverse, que abriga as mais populares iniciativas de ciência cidadã da internet. O Zooniverse surgiu a partir do Galaxy Zoo, um projeto criado com o objetivo de recrutar indivíduos para classificar as imagens de galáxias produzidas pelo SDSS de acordo com sua morfologia (Darch, 2017). A missão do participante é simples: olhar as imagens e dizer se as galáxias possuem aparência espiral ou elíptica, pois esta habilidade ainda não foi satisfatoriamente aprendida pelas máquinas.

Esse projeto é um ótimo exemplo de como a colaboração de grandes públicos em atividades simples pode ser extremamente importante. Tais classificações morfológicas resultam em sérios dados estatísticos sobre as propriedades das galáxias e formação estelar, que agregam em muito no nosso entendimento sobre a formação e evolução das galáxias. Nas duas versões lançadas, Galaxy Zoo e Galaxy Zoo 2, a resposta do público foi muito satisfatória, reunindo mais de 60 milhões de classificações. Além disso, o projeto impulsionou novas investigações e diversos artigos foram publicados (Christian et al., 2012). O Zooniverse expandiu-se para outras áreas, atualmente abrigando diversos projetos bem-sucedidos, como por exemplo: o Moon Zoo, que estudou a superfície lunar em detalhes, com voluntários que identificavam crateras e pedregulhos em milhões de imagens do Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) da NASA; o Fossil Finder, em que usuários analisam imagens de fósseis humanos e animais que datam milhões de anos; o Solar Stormwatch, que rastreia erupções na atmosfera solar com dados da missão STEREO da NASA; dentre outros. Assim, os projetos do Zooniverse são baseados na interpretação humana (Christian et al., 2012) de uma grande quantidade de dados que não poderiam ser analisados de forma automatizada devido à dificuldade que a inteligência artificial possui em analisar imagens desse tipo de forma precisa.

Esta interação entre profissionais e amadores na astronomia não é algo recente, pois contribuições nesse sentido ocorrem desde séculos passados, sendo atualmente conhecida mundialmente pela sigla Pro-Am, com diversos projetos criados para incentivar colaborações dessa natureza (Langhi, 2017). Por exemplo, o American Meteor Society (AMS), uma organização criada para apoiar astrônomos amadores e profissionais na pesquisa de meteoros, e a American Association of Variable Star Observers (AAVSO) que coordena coletas e análises

de dados de estrelas variáveis que são feitas por astrônomos amadores e disponibiliza os registros para pesquisadores profissionais.

No entanto, uma das preocupações levantadas por cientistas sobre a ciência cidadã é se os esforços investidos nesse tipo de abordagem realmente trarão resultados significativos para a comunidade científica, com dados de qualidade e resultados publicáveis (Odenwald, 2018). Para responder essa questão Odenwald (2018) investigou citações de 143 publicações resultantes de 23 projetos de ciência cidadã em astronomia. Os artigos de ciência cidadã têm taxas de pico de citação mais alta do que artigos que não são de ciência cidadã, contudo, permanecem de interesse por metade do tempo dos artigos acadêmicos. Todavia, Odenwald (2018) conclui que os trabalhos contendo pesquisas de ciência cidadã são mais propensos a entrarem para os primeiros mil papers em ciências espaciais e astronomia do que os trabalhos de pesquisas tradicionais.

Tendo conhecimento sobre o funcionamento e os benefícios da ciência cidadã podem surgir questões como “quais serão os próximos passos da ciência cidadã?” Alguns defendem que ela deva ser usada para abordar questões de diversidade e inclusão de minorias. Outros acreditam que o futuro da ciência cidadã está relacionado à ciência aberta, um movimento que propõe, entre outras noções, a abertura dos dados científicos visando uma maior colaboração e transparência na ciência (Méndez et al., 2010).

Com a união desses movimentos a participação do cidadão na ciência poderá se tornar mais ativa e os dados gerados mais confiáveis. Certamente, os princípios defendidos pela ciência aberta como ferramentas científicas abertas e hardware científico aberto, os dados abertos são de extrema importância para a ciência cidadã, visto que no processo de pesquisa tradicional, as publicações não se tornavam disponíveis ao público de maneira aberta, sendo apresentada apenas como produto final (Maciel et al., 2015). Portanto, ter acesso a dados abertos e aos códigos de softwares é essencial para que a ciência cidadã possa se desenvolver, pois:

Informação e conhecimento são insumos básicos no processo de trabalho científico e intelectual. Por tal razão, o pesquisador precisa ter franco acesso ao conhecimento científico em sua área. Ganhos de qualidade e produtividade são maiores se uma grande quantidade de informação puder ser selecionada ou filtrada, analisada, processada e recombinada. As tecnologias de

informação e comunicação tornaram esse processo cada vez mais poderoso (Maciel et al., 2015, p. 203).

Podemos então, enxergar a ciência aberta como um agente elementar para o avanço da ciência cidadã. Certamente, as novas tecnologias como internet sem fio, sensores inteligentes e smartphones desenvolveram muito a nossa capacidade de se conectar com o outro (Raddick et al., 2013). Graças a isso, foi possível transformar o modo de produzir conhecimento e acelerar os processos da descoberta científica, além de provocar uma grande mudança nas relações entre sociedade e as ciências (Maciel et al., 2015). Por esta razão, defendemos neste artigo que estas necessárias mudanças não podem ser ignoradas na educação dos jovens, sendo, portanto, imprescindível a abordagem da ciência cidadã na escola.

Avançando esta discussão, Castelfranchi et al. (2013) e Mendes, Massarani e Castelfranchi (2022) defendem que não cientistas podem superar as ações mais fundamentais, tais como simplesmente coletar dados ou “clique em botões”, de modo que alcancem níveis autorais, ou seja, podem ser coautores de artigos acadêmicos juntamente com pesquisadores profissionais da área específica. Por exemplo, astrônomos amadores, que publicaram junto com astrônomos profissionais na revista Nature, ao descobrirem anéis em torno de um corpo celeste chamado Cariclo (Langhi, 2017). Neste sentido, Castelfranchi et al. (2013) e Mendes, Massarani e Castelfranchi (2022) denominam este processo de ‘apropriação social da Ciência’ – objetivo este que procuramos atingir neste artigo.

Dessa forma, espera-se que a ciência cidadã futuramente envolva-se mais com o ensino escolar e venha a contribuir nas mais diversas esferas da sociedade, mudando a concepção popular de que a ciência é algo distante e fora da realidade. Pois, ao reunir cientistas e cidadãos como colaboradores, espera-se que a confiança pública na ciência possa ser recuperada e reforçada. A ciência cidadã deve continuar contribuindo para o letramento científico, tanto do público adulto, como das crianças e jovens, levando os projetos para dentro das escolas para que os alunos possam ter experiências com a ciência que não seriam possíveis de outra forma.

Ademais, é importante lembrar que a ciência cidadã é antes de tudo um esforço científico que deve contribuir para o avanço da ciência. Assim, manter a qualidade dos projetos é fundamental para que os dados possam ser realmente aproveitáveis, dessa forma todos os atores envolvidos são beneficiados.

Astronomia como tema para uma Ciência Cidadã na escola

A astronomia é um tema que desperta grande curiosidade, principalmente em crianças e jovens (Langhi; Martins, 2018), mas apesar de sua importância, o assunto ainda é negligenciado e deixado de lado, visto que os programas escolares não possuem este conteúdo ou, se possuem, a preocupação volta-se para a falta de preparo dos professores, que não receberam a formação necessária em suas graduações para responder dúvidas dos alunos em relação a fenômenos astronômicos, particularmente no que diz respeito à distinção entre meteoros, meteoritos, meteoroides, asteroides e cometas (Langhi, 2011). Esse cenário é ainda agravado pelo compartilhamento de informações sensacionalistas e imprecisas na mídia, que frequentemente alimentam mitos relacionados aos corpos celestes, reforçando medos e temores (Andrade, 2021).

Embora a propagação de notícias falsas e desinformação esteja atualmente mais globalizada, esta atitude não é nova nem recente (Polino; Castelfranchi, 2019). Por exemplo, a passagem do cometa Halley é um evento astronômico que desperta grande interesse da população. Em seu último retorno à nossa vizinhança muitos o aguardavam com entusiasmo, no entanto, nem sempre foi assim. No ano de 1910, sua passagem provocou uma histeria coletiva ao redor do mundo. Isso se deu após o pronunciamento que haveria um gás venenoso presente na cauda do cometa e que este se espalharia na nossa atmosfera e poderia acabar com a vida no planeta. Mesmo após outros astrônomos alegarem que tais substâncias tóxicas não poderiam causar nenhum dano nocivo ao mundo, não foi fácil cessar as fake news espalhadas e muitas pessoas entraram em pânico.

Nos dias atuais, alguns fenômenos astronômicos comuns continuam a causar medo na população e estão cobertos de concepções alternativas e erros conceituais (Langhi, 2011). Ao navegar pela internet, frequentemente nos deparamos com notícias sensacionalistas sobre eventos astronômicos, como eclipses, chuvas de meteoros e possíveis colisões de corpos celestes com o nosso planeta.

A forma com que as pessoas são facilmente ludibriadas por manchetes alarmantes e carregadas de conceitos errôneos mostra o quão falho é o sistema educacional e a divulgação científica em nosso país.

Embora os tópicos referentes a este tema estejam presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como:

Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes (BRASIL, 2018, p.328).

Ainda assim, a maioria dos alunos finalizam o ciclo básico de ensino sem conhecimento de assuntos básicos de astronomia (Langhi, 2011).

Em estudos realizados com professores do ensino básico em disciplinas que se relacionam com a astronomia, Gonzaga e Voelzke (2011) verificaram que a maioria deles não compreendem conceitos básicos sobre a forma da Terra e fenômenos astronômicos simples. Para Langhi (2011), a situação atual da educação em astronomia no país é resultado principalmente da deficiência na formação dos docentes, visto que cada vez mais há um afastamento das disciplinas de astronomia nos cursos de formação de professores. Desse modo, torna-se extremamente difícil para o educador explicar conceitos científicos que ele próprio não compreende.

Além da falta de preparo dos professores, há ainda problemas com os livros didáticos utilizados na sala de aula, os quais carregam diversos erros conceituais que muitas vezes são transferidos aos estudantes (Gonzaga; Voelzke, 2011).

A ciência dos meteoros

O termo "meteoro" tem origem grega meteoron, que significa "fenômeno no céu" ou "coisa elevada". Na Grécia Antiga, o termo era usado para descrever qualquer evento que ocorresse nos céus ou no ar. Os meteoros são popularmente conhecidos como “estrelas cadentes”, entretanto, não possuem nenhuma relação com estrelas, o traço luminoso observado no céu é decorrente do aquecimento do meteoróide e da luminescência do ar atmosférico. Por isso, o uso deste termo popular pode causar certa confusão sobre o que são, de fato, os meteoros, ao serem confundidos com estrelas.

É comum as pessoas ficarem confusas quando o assunto são os corpos menores do Sistema Solar, pois muitos acreditam que cometas, asteroides, meteoróides e meteoros são a mesma coisa, quando na realidade, possuem diversas diferenças (Langhi, 2011). Os asteroides são corpos celestes que não possuem simetria esférica. A maior parte deles é proveniente do

cinturão de asteroides e sua composição é similar a dos meteoritos carbonáceos, são escuros e orbitam na parte externa do cinturão. Os cometas são caracterizados por um núcleo, formado de gelo com impurezas, envolto na coma, uma nuvem de gás e de poeira. Também podem apresentar uma cauda, entendida como um prolongamento da coma na direção oposta à do Sol (Boczko, 2022).

Já os meteoroides são objetos menores, normalmente fragmentos de cometas ou asteroides, e quando entram na atmosfera terrestre provocam um brilho no céu. Este brilho é chamado de meteoro. Caso ele venha a chegar ao solo, passa a ser denominado meteorito. Existem três tipos de meteoritos: rochosos, metálicos e mistos. Os rochosos são parecidos com as rochas terrestres e quase 98% dos meteoritos conhecidos são desse tipo. Os meteoritos metálicos são feitos principalmente de ferro e níquel, são muito mais pesados do que as rochas da Terra. Já os meteoritos mistos, de rocha e ferro, são bem mais raros, apenas 1% dos meteoritos conhecidos são desse tipo (Zucolotto; Fonseca; Antonello, 2013).

Quando o meteoróide entra na atmosfera, as camadas de ar ali presentes começam a interagir com ele oferecendo resistência à sua passagem. Esse atrito faz com que ele se aqueça a temperaturas que variam de 3000°C a 7000°C, em meteoroides comuns com velocidade na faixa de 70 km/s (Varella, 1985). Com isso, a parte externa do meteoróide é volatilizada (o termo mais apropriado é “ablação”) e o principal efeito é a colisão de átomos ou moléculas do meteoróide com moléculas no ar. Os elétrons são removidos dos átomos, ionizando a matéria, e quando esses elétrons se recombinam com os íons, eles emitem fótons, os quais enxergamos na forma de luz visível e com cores específicas (comprimentos de onda da parte visível do espectro eletromagnético), causando o meteoro (Rendtel; Arlt, 2014). Comumente, o traço de luz dura pouco mais de 1 segundo em média.

O tamanho do meteoro que vemos é muito maior do que o objeto que o causou, devido à ionização do ar adjacente que se inicia nas franjas mais externas da atmosfera. No entanto, somente quando há um significativo aumento do número de colisões entre o meteoróide e átomos e moléculas na atmosfera que a transformação de energia se torna suficiente para que um observador na superfície possa vê-lo. Na maioria dos casos, a trajetória luminosa acaba a cerca de 80 km acima da superfície da Terra. Assim, os meteoros vistos estão normalmente a mais de 100 km de distância do observador. Meteoros com brilho similar à magnitude aparente

média das estrelas são causados por meteoroides de um milímetro ou poucos centímetros (Rendtel; Arlt, 2014).

A velocidade que os meteoroides atingem a Terra depende da direção em que se aproximam. O encontro entre a Terra e um meteoróide só ocorre se estes cruzarem os pontos de intersecção de suas órbitas no mesmo instante. Para objetos que viajam no mesmo sentido que a Terra, a velocidade se subtrai; objetos em sentido contrário ao da Terra, têm velocidades somadas. Quanto mais baixa a velocidade de entrada, maior é a chance do meteoróide sobreviver e chegar ao solo (Zucolotto; Fonseca; Antonello, 2013).

Em algumas noites durante o ano é possível observar uma grande quantidade de meteoros que parece irradiar de um ponto específico no céu, estas são as chamadas chuvas de meteoros, que ocorrem quando a Terra cruza uma corrente de detritos no espaço. Esse ponto do qual os meteoros parecem vir é chamado de radiante. No entanto, conforme Rendtel e Arlt (2014), esse efeito radiante é apenas uma consequência da perspectiva, todos os meteoroides entram na atmosfera em trajetórias paralelas, mas o prolongamento dessas trajetórias aparece como um ponto de encontro de prolongamentos no céu bidimensional sob o ponto de vista de um observador terrestre. As chuvas de meteoro são nomeadas de acordo com a constelação na qual está o seu radiante, por exemplo, a chuva que acontece em dezembro e é chamada de gemínídeos tem o seu radiante na constelação de Gêmeos e nomenclatura GEM.

Os meteoros que não possuem associação com nenhum radiante conhecido são denominados meteoros esporádicos. São fragmentos dispersos no espaço que podem cruzar a órbita do nosso planeta a qualquer momento. Os meteoros esporádicos aparecem todas as noites do ano e por apresentarem taxas horárias normalmente baixas, são bem menos impressionantes do que as chuvas de meteoro. Rendtel e Arlt (2014) alertam que não são todos meteoros esporádicos que possuem órbitas aleatórias, alguns são membros de chuvas cuja atividade está abaixo do nosso limite de detectabilidade. Estima-se que talvez até 20% dos meteoros esporádicos vistos em uma noite na realidade são pertencentes à alguma chuva ainda desconhecida. Daí, a importância de mais investigações neste campo.

As chuvas de meteoros acontecem quando a Terra, em seu percurso orbital, cruza feixes de meteoroides que foram gerados pela desintegração de cometas que orbitaram anteriormente naquela região. A formação dessas correntes de meteoroides leva tempo, variando de acordo

com características como o raio, o núcleo, a distância entre o cometa e seu periélio, além do tamanho de sua órbita (Boczko, 2022).

Os meteoroides de pequenas proporções (de milímetros a centímetros) não atingem a superfície terrestre, pois, ao contrário dos corpos densos que conseguem atravessar a atmosfera e formar meteoritos no solo, os fragmentos cometários são extremamente frágeis. A maioria dos meteoros observados durante uma chuva de meteoros resultam de partículas muito pequenas como grãos de areia, que se vaporizam completamente durante sua passagem pela atmosfera (Varella, 1985). Estima-se que nosso planeta receba cerca de 40 toneladas de meteoroides por dia (Nesvorný et al., 2011), a maioria pulverizada na entrada da atmosfera.

A colaboração entre astrônomos profissionais e amadores na ciência dos meteoros tem crescido cada vez mais. Em alguns lugares são organizados congressos para definirem campanhas de observações colaborativas e projetos de ciência cidadã, que criam oportunidades para os amadores trabalharem com tratamento de dados coletados pelos profissionais e adquirirem novas experiências.

No Brasil, a Brazilian Meteor Observation Network (BRAMON), uma instituição formada por astrônomos profissionais e amadores, tem feito um extenso trabalho coletando dados de meteoros através de uma rede de vídeo-monitoramento. A criação de uma rede brasileira de câmeras começou a ser idealizada em meados dos anos 2000, quando um grupo de interessados no estudo de meteoros (cientistas cidadãos ou astrônomos amadores) pensava na criação de um sistema de monitoramento, porém a inviabilidade econômica para compra de equipamentos era um grande obstáculo.

Devido a diversos impasses, a criação da rede que viria a ser conhecida como BRAMON só foi possível no final do ano de 2013 (Andrade, 2021). Desde então suas estações vêm coletando um grande número de dados sobre a entrada de meteoros na atmosfera do país, além de registrar imagens de fenômenos luminosos raros, como sprites, gigantic jets e blue jets, sendo especialmente importante o hemisfério sul, cujos dados são ainda incipientes em comparação com o hemisfério norte.

Atualmente, a BRAMON conta com 93 estações em 21 estados brasileiros, mantidas por operadores voluntários (Costa; Andrade, 2024). As estações de monitoramento são formadas basicamente por uma câmera de vigilância controlada por um computador que,

através de um software chamado UFO, registra todas as gravações de possíveis meteoros detectados durante a noite.

No dia seguinte, o operador da estação faz a análise dessas gravações por meio do software que permite traçar a trajetória do meteoro e ainda há a possibilidade de realizar pareamento entre as estações para calcular a provável órbita deles. Atualmente, redes de difração acrescentadas em algumas câmeras têm possibilitado o estudo da sua composição química (Agenor; Langhi, 2023). Até o momento, a BRAMON já foi responsável pela descoberta de 126 novos riantes de chuvas de meteoros.

Metodologia: o projeto ciência cidadã “PatrICIA” na escola

Atualmente, existem diferentes técnicas e metodologias para observar os meteoros, como vídeos, fotografias, radar, satélites, rádio e a observação a olho nu, que apesar de ser a mais acessível por não exigir materiais complexos e caros, não é tão eficiente, devido a limitação do campo visual do ser humano. Para reduzir a quantidade de meteoros perdidos nesse processo, o projeto do Observatório Didático de Astronomia da Unesp, denominado Patrulhamento Investigativo do Céu por Imageamento Automático (PatrICIA) automatizou essa observação e registros, fundamentando-se na abordagem da Ciência Cidadã (Andrade, 2021).

O projeto PatrICIA tem como objetivo analisar imagens de meteoros a partir dos registros de uma câmera com lente grande angular, realizando estudos estatísticos sobre eles, tais como sua magnitude, posição no céu, dimensões do traço luminoso, datas e horários da ocorrência. Esse método visa não apenas catalogar as características dos meteoros, mas também contribuir para um entendimento mais consistente de suas dinâmicas e padrões de ocorrência, principalmente no hemisfério sul, onde há carência de pesquisa sobre meteoros.

Figura 1 – Estrutura externa da câmera



Fonte: Izecson, Coelho e Jacques (2008).

Esse projeto utiliza uma câmera de céu inteiro (“all-sky”) localizada em Jacarezinho (PR). A câmera possui uma lente do tipo olho de peixe, proporcionando uma captura de todo o céu, tendo o horizonte como borda circular. Essas câmeras, por terem alta sensibilidade e ficarem expostas o tempo todo, devem contar com uma estrutura de proteção, para evitar danos. Ela possui um domo de vidro em cima, presa abaixo por um tubo de PVC, como ilustrado na Figura 1.

A câmera, que possui imagens bastante nítidas, grava imagens do céu ao vivo que são transmitidos em um site e guardados para posterior visualização. A estação de monitoramento assim composta e utilizada por este estudo faz parte de uma parceria do Observatório de Astronomia da Unesp com o Projeto Ícaro, cuja câmera é uma ZWO ASI224MC, acoplada a uma lente grande angular, na estação acima indicada, cujas imagens foram gentilmente cedidas pelos radioamadores Luciano Diniz (PY2OAL) e Demilson Quintão (PY2UEP). Os vídeos têm cerca de 2 minutos de duração em time-lapse, exigindo uma análise frame a frame para obter dados completos. Cada frame contém data, hora, temperatura, tempo de exposição e sensibilidade da câmera, como visto na Figura 2.

Figura 2 – Imagem capturada pela câmera com um meteoro registrado, circulado em azul na imagem



Fonte: os autores (2025).

Com as informações obtidas através dos frames, a análise passa a ser realizada com o software “Stellarium”. Dentro dessa plataforma é possível estimar a magnitude aparente, tamanho do traço do meteoro, além de constatar sua procedência de uma chuva, ao identificar seu radiante.

Um dos obstáculos dessa metodologia de observação e coleta de dados está no intervalo em que as imagens são capturadas para formar o time-lapse (cerca de 10 a 20 segundos), o qual faz muitos meteoros passarem despercebidos e não serem capturados. Se o intervalo entre os frames fosse menor, mais meteoros seriam registrados e analisados (Andrade, 2021). Além disso, não é possível ter absoluta certeza do sentido dele, nem o tempo real de sua duração.

Este projeto de ciência cidadã assim desenvolvido abriu espaço para interessados se inscreverem para participar das análises destes registros em vídeo. Alunas e alunos do ensino médio foram então selecionados para atuarem como cientistas cidadãos, conforme a fundamentação teórica apresentada neste artigo. Os participantes passaram inicialmente por

momentos formativos remotos para compreenderem o processo desta pesquisa e o registro dos dados. Como amostra, este artigo traz o resultado de uma das alunas participantes que, ao atuar como cientista cidadã no ensino médio de uma escola pública, desenvolveu sua pesquisa e análise dos registros dos meteoros, atingindo, assim, o nível da “apropriação da ciência”, sendo, inclusive, uma das autoras deste artigo. O texto do próximo item faz parte do relatório final elaborado por ela e submetido aos órgãos competentes de pesquisa de meteoros.

Análise dos dados e resultados: um exemplo da apropriação social da Ciência

Os dados obtidos neste projeto de ciência cidadã foram armazenados pela aluna em uma planilha privada no Google Docs, e possui diversas informações detalhadas sobre cada um dos meteoros encontrados, como exemplificado em um trecho desta planilha na tabela 1.

Tabela 1 – Trecho da planilha de registro de dados dos meteoros de janeiro de 2023

dia	mês	ano	hora	min	seg	tipo	mag. apar.	Comprim. (graus)	tempo exp. (s)
24	1	2023	3	57	43	ESP	2,7	0,4	23
24	1	2023	4	4	19	DLM	0,15	3,15	23
25	1	2023	21	25	0	ESP	1,15	3,55	23
26	1	2023	4	11	32	ANT	3,65	5,1	23
26	1	2023	4	19	22	DLM	0,95	8,4	23
27	1	2023	1	41	17	ESP	2,55	0,42	23
27	1	2023	1	59	0	ESP	4,7	4,11	23
28	1	2023	1	37	31	ESP	4,9	16,3	23
28	1	2023	2	38	30	ESP	0,15	1,3	23

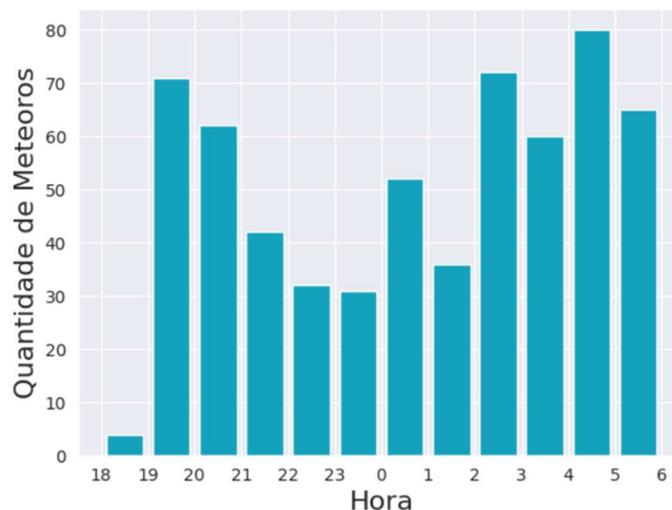
Fonte: autores (2025).

Neste ano de coleta de dados, iniciado em agosto de 2023, ela analisou todas as noites do ano de 2022 e as noites do início de 2023. Com isso, foi possível comparar os dados obtidos em janeiro de 2022 com janeiro de 2023.

Durante o mês de janeiro de 2022 (do dia 1 ao 31), capturou-se e analisou-se um total de 76 meteoros, nos quais a maioria eram esporádicos (identificados pela sigla ESP na tabela), ou seja, não faziam parte de uma chuva de meteoros conhecida. Analisando as informações conclui-se que a magnitude média foi de aproximadamente 3,2 e o comprimento médio fica próximo a 3,8 graus.

Já em janeiro de 2023 (do dia 1 ao 31), apenas 14 meteoros foram capturados, já que houve muitas noites nubladas e com chuva, o que dificulta ou impede a observação e identificação de meteoros. Os meteoros capturados, em sua maioria esporádicos, possuem magnitude média de 1,8 e comprimento aproximado de 4,2 graus. Com esses dados, é possível concluir que em janeiro de 2023, tivemos meteoros mais brilhantes que em janeiro de 2022, já que o número de magnitude média foi aproximadamente 43,75% menor que no ano anterior (a magnitude aparente de um objeto astronômico é uma medida utilizada para definir a intensidade de seu brilho, e quanto menor é o número de magnitude, mais brilhante será o objeto, conforme Boczko, 2022).

Gráfico 1 – Quantidade de meteoros detectados em diferentes horas da noite.



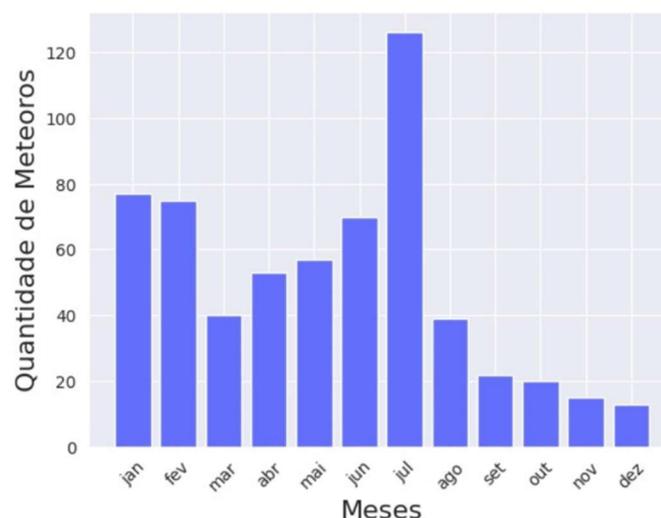
Fonte: autores (2025).

Analisando as capturas feitas e registradas, em 2022 identificou-se um total de 612 meteoros, com brilho aparente médio de 2,8 e comprimento de 2,4 graus (devido à limitação da quantidade de páginas do artigo, não é possível apresentar uma tabela completa com dados do

ano inteiro). Os dias nos quais não foi possível a captura de meteoros foi devido a fatores tais como: chuva forte, céu nublado ou lua cheia excessivamente brilhante que impede a visualização de meteoros de fraco brilho.

As análises apresentadas no gráfico 1 representam todos meteoros encontrados no ano inteiro de 2022, no período entre janeiro e dezembro. O gráfico 1 mostra a quantidade de meteoros capturados em diversos horários da noite. A maior parte dos meteoros é encontrada após a meia noite: entre 4:00 e 5:00 possui maior quantidade de meteoros, e entre 18:00 e 19:00 possui quantidade menor de meteoros identificados, pois neste horário o crepúsculo os ofusca na maior parte do ano.

Gráfico 2 – Quantidade de meteoros em diferentes meses de 2022.



Fonte: autores (2025).

O gráfico 2 apresenta a distribuição do número de meteoros capturados entre os meses de janeiro a dezembro. Conclui-se que o mês de julho teve maior quantidade de meteoros registrados para análise, enquanto dezembro foi o mês com menos capturas. Talvez esta diferença seja explicada devido ao fato de dezembro e meses adjacentes apresentarem mais períodos nublados.

É importante ressaltar que uma observação favorável do céu depende de suas condições de transparência, devendo estar preferencialmente limpo, sem nuvens, chuva ou lua cheia, pois esses fatores afetam a observação precisa dos meteoros.

Os dados coletados apontam que a maior parte dos meteoros são detectados após a meia noite, sendo que há uma predominância de meteoros esporádicos. Observa-se também uma variação na taxa de detecção ao longo do ano, influenciada por fatores como cobertura de nuvens, luminosidade da Lua e períodos de chuva. Além disso, a análise das magnitudes e comprimentos angulares dos meteoros contribui para uma melhor compreensão das características desses fenômenos, especialmente no hemisfério sul, onde há escassez de estudos desse tipo.

Apesar dos resultados promissores, ainda há algumas limitações nesse estudo, como o intervalo entre os frames capturados e as condições atmosféricas adversas, que impactam na quantidade de meteoros observados. Para trabalhos futuros, recomenda-se a instalação de novas câmeras em diferentes regiões, ampliando a cobertura das observações, bem como a expansão do projeto para envolver um número maior de alunos e professores. A observação de chuvas de meteoros possui alta relevância, visto que, ao observar os meteoros esporádicos com atenção, há a possibilidade de se descobrir chuvas anteriormente desconhecidas (Izeczson; Coelho; Jacques, 2008). Os dados coletados e analisados são de grande importância, visto que podem ajudar os professores, pesquisadores, cientistas e estudantes a terem uma melhor compreensão sobre as características dos meteoros, especialmente os observados no hemisfério sul.

Considerações finais

Apesar das pesquisas na área de Ensino de Ciências apontarem para a importância da abordagem de conteúdos de astronomia na escola, este permanece defasado e muitas vezes completamente negligenciado. Uma das lacunas notáveis é o conhecimento acerca dos meteoros e dos demais corpos menores do Sistema Solar, pois notícias sensacionalistas e divulgações falsas nas redes sociais e na mídia sobre supostos asteroides e meteoros destruidores da Terra frequentemente alarmam a população e provocam desinformações.

Sem conhecer o assunto, o cidadão torna-se incapaz de assumir uma atitude crítica frente a qualquer divulgação científica e o conduz a duvidar dos cientistas, diminuindo sua confiabilidade na Ciência. Enquanto o ensino escolar persistir com as características atuais de

reducionismo científico e diminuição da carga horária do currículo de ciências exatas, o cenário permanece propício para indivíduos que se autodenominam de “divulgadores científicos” nas redes sociais, cujo objetivo primário é, em geral, aumentar a quantidade de suas visualizações. Em outras palavras, enquanto o cientista pouco divulga a ciência, os não-cientistas ganham mais espaço.

Por estas razões, nunca foi tão importante e necessário o ensino de Ciência e Tecnologia na escola, porém, não enciclopédico ou simplesmente expositivo, mas com a finalidade do aluno cidadão atingir a “apropriação da ciência”. Contudo, as pessoas apropriam-se da ciência ao passo que interagem com ela e com cientistas, desde as primeiras etapas sistemáticas do “método científico”, acompanhando e participando da construção do conhecimento. Foi nesta linha condutora que refletimos neste artigo sobre a Ciência Cidadã no ensino médio visando a apropriação da ciência, especificamente sobre os meteoros.

Os alunos do ensino médio de escolas públicas que foram submetidos a episódios formativos sobre análise de registros fotográficos de meteoros durante esta pesquisa demonstraram-se bastante envolvidos com o processo de “fazer ciência”. Eles experimentaram o processo da metodologia científica ao mesmo tempo em que suas análises carregaram o banco de dados de órgãos competentes da área de meteoros, mantido por cientistas e astrônomos profissionais.

Como amostra, trouxemos neste artigo o resultado de uma das alunas participantes que, ao atuar como cientista cidadã, desenvolveu sua pesquisa e analisou os registros dos meteoros, atingindo, assim, a ‘apropriação da ciência’ ao nível autoral, ou seja, participou efetivamente das etapas até a produção conjunta de um artigo. Por fim, os resultados aqui obtidos também evidenciaram como a ciência cidadã pode aproximar o ensino de astronomia da realidade dos alunos, incentivando o pensamento crítico e proporcionando aos alunos uma experiência real na pesquisa científica.

Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à ProPe/Unesp pelas bolsas concedidas de Iniciação Científica Ensino Médio e Iniciação Científica Graduação; ao Observatório Didático de Astronomia da Unesp pelo espaço cedido; ao Luciano Diniz e Demilson Quintão pelas imagens da estação all-sky gentilmente cedidas; ao Lucas Alexandre Marques Rattighieri pelas orientações das análises.

Referências

- AGENOR, M.; LANGHI, R. Análise espectral da composição química do meteoro incidente no dia 02/01/2023. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 4, n. 2, p. 144-151, 2023.
- ANDRADE, T. B. Estudo de meteoros com o Projeto Patrícia. In: LANGHI, R.; RODRIGUES, F. M. (org.) **Interfaces da educação em astronomia: currículo, formação de professores e divulgação científica** (vol. 2). São Paulo: Livraria da Física, 2021.
- BOCZKO, R. **Conceitos de astronomia**. 2.ed. São Paulo: IAG, 2022.
- BONNEY, R. *et al.* Citizen science and youth education. **National Research Council Committee on Out-of-School Time STEM**. Washington, DC: National Research Council, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CASTELFRANCHI, Y. *et al.* As opiniões dos brasileiros sobre ciência e tecnologia: o ‘paradoxo’ da relação entre informação e atitudes. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 20, n. Supl 1, p. 1163-1183, 2013.
- CHRISTIAN, C. *et al.* Citizen science: Contributions to astronomy research. **arXiv preprint arXiv:1202.2577**, 2012.
- CLEOPHAS, M. G. *et al.* M-learning e suas Múltiplas Facetas no contexto educacional: Uma Revisão da Literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 8, n. 4, 2015.
- COHN, J. P. Citizen science: Can volunteers do real research? **BioScience**, Oxford, v. 58, n. 3, p. 192-197, 2008.
- COMANDULLI, C. *et al.* Ciência cidadã extrema: uma nova abordagem. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 34-47, 2016.
- COSTA, M. A. G.; ANDRADE, T. B. A importância das redes de monitoramento de meteoros. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 47, p. e20240303, 2024.
- DARCH, P. T. Managing the public to manage data: Citizen science and astronomy. **arXiv preprint arXiv:1703.00037**, 2017.

GONZAGA, E. P.; VOELZKE, M. R. Análise das concepções astronômicas apresentadas por professores de algumas escolas estaduais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 1-12, 2011.

IZECSON, A.; COELHO, A.; JACQUES, C. Criação de uma rede brasileira de câmeras de vídeo automáticas para observação de meteoros. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASTRONOMIA, 11., 2008.

JORDAN, R. C. *et al.* Key issues and new approaches for evaluating citizen-science learning outcomes. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 10, n. 6, p. 307-309, 2012.

LANGHI, R. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 373-399, 2011.

LANGHI, R. O caso de Cariclo: refletindo sobre o papel dos astrônomos na Educação em Astronomia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, 2017.

LANGHI, R.; MARTINS, B. A. Um estudo exploratório sobre os aspectos motivacionais de uma atividade não escolar para o ensino da Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 1, p. 64-80, 2018.

MACIEL, M. L.; ABDO, A. H.; ALBAGLI, S. (org.) **Ciência aberta, questões abertas**. Rio de Janeiro: UNIRIO, 2015.

MENDES, I. M.; MASSARANI, L.; CASTELFRANCHI, Y. Ciência e Tecnologia: Percepções de Jovens da Cidade do Rio de Janeiro. **Revista Lusófona de Estudos Culturais**, Minho, v. 9, n. 2, p. 61-80, 2022.

MÉNDEZ, B. J. H. *et al.* The Spectrum of Citizen Science Projects in Astronomy and Space Science. **Science Education and Outreach: Forging a Path to the Future**. Millbrae, California, USA: ASP, 2010.

NESVORNÝ, D. *et al.* Dynamical model for the zodiacal cloud and sporadic meteors. **The Astrophysical Journal**, v. 743, n. 2, p. 129, 2011.

ODENWALD, S. A Citation Study of Citizen Science Projects in Space Science and Astronomy. **Citizen Science: Theory and Practice**, v. 3, n. 2, p. 5, 26 out. 2018.

POLINO, C.; CASTELFRANCHI, Y. Percepción pública de la ciencia en Iberoamérica. Evidencias y desafíos de la agenda a corto plazo. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS**, Buenos Aires, v. 14, n. 42, p. 115-136, 2019.

RADDICK, M. J. *et al.* Citizen science: status and research directions for the coming decade. **AGB Stars and Related Phenomena 2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey**, v. 2010, p. 46P, 2009.

RADDICK, M. J. *et al.* Galaxy Zoo: Motivations of citizen scientists. **arXiv preprint arXiv:1303.6886**, 2013.

RENDTEL, J.; ARLT, R (ed). **Handbook for meteor observers**. Potsdam: IMO, 2017.

ROEHRIG, S. A. G.; CAMARGO, S. A educação com enfoque CTS no quadro das tendências de pesquisa em ensino de ciências: algumas reflexões sobre o contexto brasileiro atual. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 2, 2013.

SÁNCHEZ, J. A. **Educación ambiental como herramienta para la conservación de las aves: evaluación del programa BirdSleuth International**. Dissertação (Mestrado em Biología), Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 135 p. 2013.

SCHEIBEL, M. R. *et al.* Aprendizagem cooperativa: uma opção metodológica para se trabalhar as questões da Ciência e da Tecnologia nos cursos de formação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de ciência e tecnologia**, Curitiba, v. 2, n. 2, 2009.

VARELLA, P. G. **Meteoróides, meteoros e meteoritos**. São Paulo: Planetário Ibirapueera, 1985.

ZUCOLOTTO, M. E.; FONSECA, A. C.; ANTONELLO, L. L. **Decifrando os meteoritos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.