

Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Departamento de Astronomia

Júlia Mello de Oliveira

Explorando o Universo com Olhos de Cidadãos

Ciência cidadã e outros projetos de divulgação no S-PLUS

São Paulo

2023

Júlia Mello de Oliveira

Explorando o Universo com Olhos de Cidadãos

Ciência cidadã e outros projetos de divulgação no S-PLUS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Astronomia.

Vertente: Ensino e Divulgação Científica

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cláudia Mendes de Oliveira

São Paulo

2023

Agradecimentos

Aos meus pais, Alberto e Lenita, por não medirem esforços e me permitirem chegar até aqui, de todas as formas possíveis e imagináveis. Ao meu irmão, Renan, por me apoiar nessa decisão anos atrás.

Ao Leonardo, por me incentivar e ser uma companhia inestimável ao longo dos últimos dois anos.

A todos os amigos que fiz durante a graduação, por se tornarem minha família em São Paulo e aliviarem os momentos difíceis. Em especial à Beatriz, que esteve ao meu lado em todos os passos desse árduo caminho.

Aos amigos de adolescência que deixei de ter contato diário para seguir este sonho, por me permitirem ter uma rede de apoio mesmo estando longe.

À Cláudia, minha orientadora, por me acolher e acreditar em mim. Ao Reinaldo, por todo cuidado e paciência comigo.

À Arianna, Carlos, Clécio e Ramachrisna, pela gentileza de suas colaborações nesse projeto.

À Malu, minha gatinha, por tornar lar cada lugar que morei depois de sua chegada.

*“Pois o céu que me ajude
Me dando sorte e saúde
Que o resto eu seguro bem”*

Rita Lee

Resumo

A divulgação científica desempenha um papel fundamental na expansão do alcance e da influência de pesquisas acadêmicas, assegurando que suas descobertas sejam levadas à sociedade, não apenas fortalecendo o ambiente da pesquisa, como promovendo uma cultura de inovação, aprendizado e compreensão coletiva. São desenvolvidas neste trabalho atividades para difusão dos conhecimentos astronômicos adquiridos através da colaboração do *Southern Photometric Local Universe Survey* (S-PLUS), projeto de mapeamento do hemisfério sul celeste, a partir do esforço de torná-lo mais acessível ao público geral. Foram desenvolvidos dois projetos de ciência cidadã, com intuito de envolver a comunidade de forma mais ampla na pesquisa, que pode, inclusive, contribuir para novas descobertas. Será apresentada, também, a publicação de um artigo no Boletim Dia e Noite com as Estrelas, no qual abordamos a classificação de galáxias usando inteligência artificial, que se refere a uma das publicações científicas da colaboração. Paralelamente, o *site* do S-PLUS passou por atualizações periódicas, incluindo a edição e adição de novas páginas, com o objetivo de dispor informações relevantes ao projeto. Essas iniciativas buscam não apenas disseminar o conhecimento, mas também promover o engajamento do público.

Abstract

Scientific outreach plays a fundamental role in expanding the reach and influence of academic research, ensuring that its findings are brought to society, not only to strengthen the research environment but also encouraging a culture of innovation, learning, and collective understanding. Activities are developed in this work to spread astronomical knowledge acquired through the collaboration of the Southern Photometric Local Universe Survey (S-PLUS), a project currently mapping the southern celestial hemisphere, with the aim of making this knowledge more accessible to the public. Two citizen science projects have been developed to involve the community more broadly in scientific research, which may even contribute to new discoveries. Additionally, the publication of an article in the bulletin “*Dia e Noite com as Estrelas*” will be presented, communicating the classification of galaxies using artificial intelligence, which relates to one of the scientific publications of the collaboration. Simultaneously, the S-PLUS website underwent periodic updates, including the editing and addition of new pages, with the goal of providing relevant information about the project. These initiatives seek not only to disseminate knowledge but also to promote public engagement.

Sumário

1. <i>Introdução</i>	7
1.1 <i>Ciência cidadã</i>	8
1.2 <i>Divulgação científica</i>	10
1.3 <i>Objetivos deste trabalho</i>	10
2. <i>Elaborando projetos de ciência cidadã</i>	11
2.1 <i>Estudo prévio</i>	11
2.2 <i>Science Hunters</i>	13
2.2.1 <i>Classificação de asteroides, galáxias, pontos verdes e objetos exóticos</i>	14
2.2.2 <i>Otimização da experiência do usuário</i>	15
2.3 <i>The green dots project</i>	17
2.3.1 <i>Classificação de pontos verdes</i>	18
2.3.2 <i>Otimização da experiência do usuário</i>	18
3. <i>Difusão científica</i>	19
3.1 <i>Boletim Dia e Noite com as Estrelas</i>	20
3.2 <i>Site do S-PLUS</i>	21
4. <i>Conclusões</i>	22
<i>Referências</i>	23
<i>Apêndice</i>	25
A. <i>Inteligência Artificial na Classificação de Milhares de Galáxias</i>	26

Introdução

Este projeto contempla um conjunto de atividades realizadas dentro do contexto do projeto *Southern Photometric Local Universe Survey* (S-PLUS), com objetivo de divulgar e trazer mais atenção ao maior projeto de mapeamento do hemisfério sul celeste em grande escala, liderado por brasileiros.

O projeto S-PLUS ([Mendes de Oliveira et al., 2019](#)), que inclui o telescópio T80S e o levantamento científico, foi fundado em parceria entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), o Observatório Nacional (ON), a Universidade Federal de Sergipe (UFS) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com contribuições financeira e prática de outros institutos colaboradores no Brasil, Chile (Universidade de La Serena) e Espanha (Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragon).

O T80S (Figura 1.1) é um telescópio robótico de 80 cm de diâmetro equipado com doze filtros fotométricos que abrangem uma vasta gama de comprimentos de onda. A combinação desses doze filtros, incluindo bandas largas, que cobrem uma faixa mais ampla e filtros estreitos, que são mais seletivos, ajudam na identificação de características cruciais de objetos celestes como cor, temperatura, composição química e idade. Dos filtros estreitos, se destaca o J0660, projetado para medir o brilho na região da linha espectral H- α , essencial para a análise de emissores H- α , objetos que podem apresentar processos como ionização, emissão de gases e atividade estelar. A forma de imageamento do S-PLUS, ao capturar 36 imagens individuais para cada apontamento do telescópio, proporciona uma visão abrangente do céu a partir de diferentes perspectivas.

Desde o primeiro levantamento de dados público, em 2019, já foram observados mais de 2.500 campos que resultam em 5.000 graus² observados no hemisfério sul celeste. Total que representa 60% do esperado para a primeira fase do S-PLUS. Os dados dessas observações

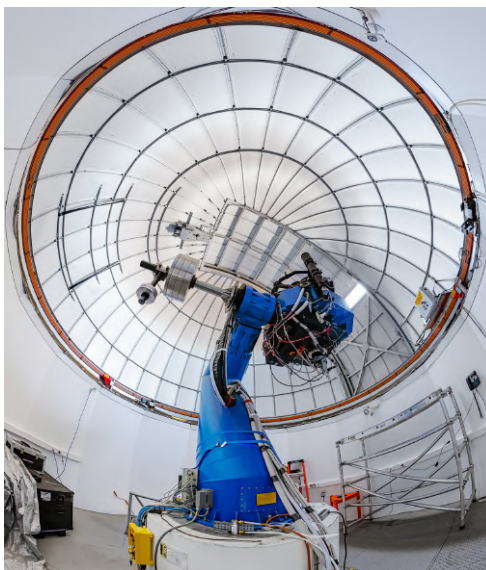


Figura 1.1: O interior da cúpula do telescópio T80S, localizado no Observatório Interamericano de Cerro Tololo no Chile. Créditos da imagem: CTIO/NOIRLab/NSF/AURA/P. Horálek.

foram utilizados, até o momento, em 10 dissertações de mestrado, 2 teses de doutorado e 23 artigos científicos. Entretanto, o volume de dados produzido por vezes é inferior ao seu potencial exploratório. Nesse contexto, podem surgir projetos de ciência cidadã, nos quais uma parceria entre entusiastas e cientistas permite revelar nuances e padrões que poderiam passar despercebidos aos métodos tradicionais de análise.

1.1 Ciência cidadã

A ciência cidadã, caracterizada pela participação ativa da comunidade em projetos de coleta e processamento de dados, funciona como uma ponte, permitindo que os membros aprendam ciência enquanto contribuem de maneira atenta e em conformidade com as orientações técnicas, desempenhando um papel importante na análise dos dados.

O *Zooniverse*, portal de ciência cidadã criado em 2014, se tornou a casa dos mais bem-sucedidos projetos de ciência cidadã da internet, e tem como propósito democratizar a pesquisa científica, derrubando barreiras tradicionais ao acolher voluntários sem formação especializada ou treinamento formal no mundo acadêmico. Seus usuários, equipados apenas de curiosidade e um dispositivo eletrônico, embarcam em uma jornada para contribuir com pesquisas acadêmicas reais, mergulhando na análise de temas que vão da astronomia à biologia. Embora os avanços tecnológicos envolvendo computadores desempenhem um

papel crucial, a capacidade humana distintiva de reconhecimento de padrões continua sendo excepcional. Através dos esforços colaborativos da ciência cidadã, é possível impulsionar o progresso da inteligência artificial, que acelera nossa compreensão de mundo (Zooniverse, 2023).

Dentro do contexto de processamento e análise de dados, a ciência cidadã pode desempenhar um trabalho de criação de conjuntos de treinamento para algoritmos de aprendizado de máquina. Esse processo é conhecido na astronomia especialmente para tarefas de classificação de galáxias a partir da análise visual de imagens astronômicas, como é o caso do *Galaxy Zoo*¹, que tornou essa categoria de projetos conhecida em meados de 2010.

Os voluntários do *Galaxy Zoo* rotulam imagens astronômicas, indicando se uma galáxia é do tipo elíptica, espiral ou uma fonte pontual. Além da classificação inicial, os usuários podem ser envolvidos na validação e refinamento contínuos dos resultados gerados pelos algoritmos de aprendizado de máquina, processo que ajuda a melhorar a precisão do modelo. Os algoritmos de inteligência artificial são capazes de identificar padrões nos dados fornecidos pelos cidadãos científicos, que leva à capacidade de classificação automática (Banerji et al., 2010).

Pensando nos dados que o S-PLUS produz todos os dias e nos membros da colaboração, que possuem especialização em aprendizado de máquina, podemos aproveitar essa oportunidade que vem da ciência cidadã para criar mecanismos de separação de objetos astronômicos, além de criar uma nova forma de divulgação científica para a colaboração. Dessa ideia, surgiram os projetos *Science Hunters* e *The green dots project*.

- *Science Hunters*: identificação de asteroides, estrelas, emissores de H- α (pontos verdes) e objetos exóticos.
- *The green dots projects*: identificação de emissores de H- α (pontos verdes) em imagens de galáxias, marcação da área da luz dessa galáxia, marcação das maiores concentrações de pontos verdes da imagem e descrição da distribuição desses pontos na galáxia.

¹ <https://www.zooniverse.org/projects/zookeeper/galaxy-zoo>. Acessado em 17/11/2023.

1.2 Divulgação científica

A Astronomia é uma ciência que tem a capacidade de atrair a curiosidade, estimular a imaginação e causar admiração em uma fração considerável das pessoas fora da academia. São frequentes as notícias nos meios de comunicação destacando a exploração de objetos do sistema solar e as imagens dos mais variados objetos celestes através de potentes telescópios espaciais e terrestres. As notícias mais amplamente divulgadas, entretanto, podem ter um tom sensacionalista ou até mesmo serem rasas no conteúdo científico, criando uma falsa sensação de conhecimento e abrindo espaço para desinformação ou misticismo.

No contexto da COVID-19 e o período de confinamento da população, a autora [do Prado \(2022\)](#) destaca em seu trabalho o uso da rede social *Twitter* pelo então presidente do país, Jair Bolsonaro, cujo alcance ultrapassava 58 milhões de pessoas. Diante da crise sanitária, sua postura na plataforma era sustentada por uma comunicação voltada em promover uma boa imagem de seu governo e as medidas por ele tomadas, apesar de frequentemente apoiadas no negacionismo científico.

Ainda que não se trate de uma questão de saúde pública, outros assuntos científicos estão passíveis de má contextualização, distorção ou simplificação, de modo que a ignorância se dissemina com velocidade maior do que a divulgação científica consegue alcançar. Por isso, é importante que existam meios de informação confiáveis e alinhados academicamente às novas descobertas da ciência.

1.3 Objetivos deste trabalho

Das atividades realizadas no contexto da divulgação científica pautada no projeto S-PLUS, destaco dois maiores tópicos. Dois projetos de ciência cidadã: o *Science Hunters* e o *The green dots project*, ambos hospedados em uma plataforma própria, o *Zooniverse*.

Destaco, também, a divulgação científica em duas frentes distintas. Em uma delas, a publicação de um resumo de um artigo científico elaborado pelos membros da colaboração, buscando compartilhar de forma acessível e informativa os avanços e descobertas alcançados. Por fim, a atualização do conteúdo no *site* oficial do S-PLUS visando manter os visitantes informados sobre as últimas notícias e contribuindo a acessibilidade de informações relacionadas ao projeto.

Elaborando projetos de ciência cidadã

Nesta Seção, abordaremos a etapa inicial do processo de elaboração de projetos de ciência cidadã, incluindo o estudo prévio realizado para compreender a dinâmica da plataforma e analisar projetos exemplares. Destacaremos a relevância do engajamento do público em descobertas científicas, evidenciando casos notáveis como o *Galaxy Zoo*.

Além disso, serão incluídos os casos práticos, dos projetos *Science Hunters* e *The green dots project*. Essas iniciativas representam a aplicação direta das lições aprendidas no estudo prévio, destacando estratégias específicas para otimizar o envolvimento do público e promover uma colaboração entre a comunidade científica e os cidadãos interessados.

2.1 Estudo prévio

Para a elaboração dos projetos de ciência cidadã, houve uma fase de estudo da plataforma e dos projetos mais conhecidos. A análise preliminar destacou pontos que merecem especial atenção, visando o engajamento do público durante o processo de descobertas científicas, com a esperança de resultados significativos.

Em especial, analisei o projeto *Galaxy Zoo*, pioneiro em ciência cidadã iniciado em julho de 2007. A primeira base de dados utilizado era composta de 100.000 imagens de galáxias capturadas pelo *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS). A expectativa era de que levaria anos para os visitantes do *site* analisarem todas essas galáxias, mas surpreendentemente, nas primeiras 24 horas após o lançamento, o *site* estava recebendo quase 70.000 classificações por hora. Ao longo do primeiro ano, mais de 50 milhões de classificações foram fornecidas ao projeto por mais de 150.000 participantes entusiasmados, resultando em uma colaboração massiva entre a comunidade científica e o público interessado ([Banerji et al., 2010](#)). A

participação expressiva do público nessas classificações pode ser atribuída em parte pela divulgação feita pela BBC, emissora de serviço público do Reino Unido, em 2007 através de sua plataforma *online* (McGourty, 2007).

A continuação natural desse sucesso foi a realização de uma segunda etapa, com aproximadamente 250.000 das galáxias mais brilhantes, também identificadas pelo SDSS. Essa fase permitiu uma classificação ainda mais detalhada, considerando não apenas a forma das galáxias, mas também a intensidade de brilho e informações sobre o núcleo. Além disso, foi dedicada uma seção especial para anomalias interessantes, como galáxias em interação ou em formato de anel. O conjunto de dados continha menos peculiaridades visíveis, proporcionando uma análise mais refinada. Ao longo do período de atividade, tais imagens receberam 60 milhões de classificações antes de ser encerrado (Willett et al., 2013).

Atualmente o projeto incorpora imagens de uma variedade de telescópios diferentes, incluindo SDSS, o Telescópio Espacial Hubble, Telescópio Infravermelho do Reino Unido, o telescópio Observatório Interamericano de Cerro Tololo (CTIO) 4m Blanco e mais recentemente o Telescópio Espacial James Webb. Além disso, apresenta contribuição em mais de 450 participações em publicações científicas.

Analisando esse e outros grandes projetos da plataforma, alguns pontos se destacaram para minha experiência como usuária e foram levados as páginas que colaborei em parceria com outros membros do S-PLUS.

- Seção “Sobre”

A página sobre o projeto é o primeiro contato da pessoa com o assunto e deve ser apresentável e acolhedora. Lá ficam as subseções “Pesquisa” que deve ser um panorama geral e seus objetivos, “A equipe” que pode detalhar melhor o time por trás da idealização, “Resultados” que reúne as maiores realizações e “FAQ” do inglês *Frequently Asked Questions*, isto é, perguntas frequentes.

- Classificação

Trata-se da aba que carrega o propósito geral, o local onde o usuário deve categorizar as imagens, que conta com um tutorial criado pelos idealizadores idealmente com exemplos e diretrizes para uma identificação correta. É necessário que o usuário tenha todas as informações necessárias sobre o que será analisado e como deve ser

categorizado nesta página, assim tanto a experiência quanto a qualidade da classificação são maximizadas.

- Painéis de discussão

Como fóruns, os painéis de discussão são locais que os usuários e idealizadores podem interagir de diferentes formas, como anúncios, notícias, diretrizes, ajuda técnica ou objetos encontrados durante a classificação. Do lado de desenvolvimento da plataforma é interessante que existam alguns tipos diferente de painéis, porém somente o uso por mais pessoas determina o que é de fato necessário e onde está a demanda dos usuários do projeto.

2.2 *Science Hunters*

Em vista da necessidade de levar o S-PLUS ao público de forma mais ampla e acessível, iniciou-se, há aproximadamente dois anos, um esforço dedicado para pensar a melhor maneira de compartilhar o trabalho da colaboração com uma audiência mais vasta. Inspirado pelo sucesso do *Galaxy Zoo*, cuja origem se deu utilizando imagens de um telescópio com bandas similares ao T80S, o *Science Hunters*¹ busca não apenas divulgar as fascinantes imagens do S-PLUS (Figura 2.1), mas também envolver ativamente o público, visando fortalecer a conexão entre a comunidade científica e o público em geral.

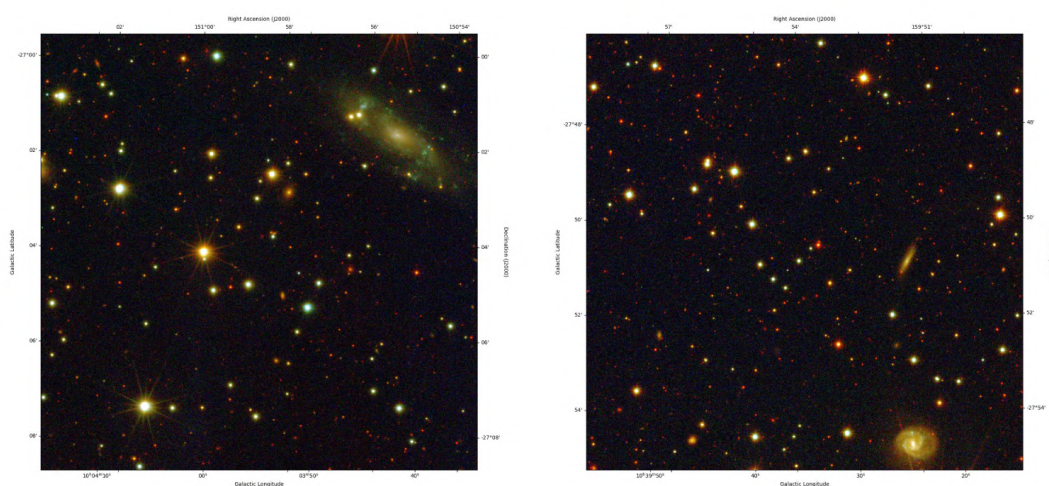


Figura 2.1: Imagens obtidas do iDR4, levantamento de dados internos, e adicionadas à plataforma *Zooniverse* para categorização através do projeto *Science Hunters*. Créditos da imagem: T80S.

¹ <https://www.zooniverse.org/projects/cfllopes/splus-science-hunters>

O projeto, cujo nome vem do inglês “caçadores de ciência”, foi idealizado pelo pesquisador Carlos Eduardo Ferreira Lopes e desenvolvido junto a outros membros da colaboração. Foram escolhidos 1.275 campos do S-PLUS, com tamanho de 1,4 graus², que foram “recortadas” em 64 partes iguais totalizando 81.600 imagens. Tais imagens são do quarto levantamento de dados internos à colaboração, disponibilizados em 2022. O recorte tem como propósito diminuir o tamanho dos arquivos e permitir que a plataforma os disponha com mais facilidade para a classificação. Inicialmente, serão alocadas apenas cerca de 200 imagens à plataforma, *Zooniverse*, para fins de testes e eventuais revisões.

O projeto tem como objetivo criar um conjunto de imagens para identificar asteroides, emissores de H- α (pontos verdes) e galáxias, entre outros possíveis objetos exóticos. O conjunto de dados será utilizado para treinar um modelo de aprendizado de máquina, que será aplicado para identificar os alvos restantes dentro do levantamento S-PLUS.

Os achados e resultados serão registrados em artigos científicos e, para os cientistas cidadãos, apresentados por meio de relatórios de fácil compreensão, tanto em formatos escritos quanto em vídeo, destacando sua importância no avanço desse processo. Em particular, para os asteroides, podem ser criados arquivos em formato GIF que mostram o movimento desses objetos celestes pelo céu.

2.2.1 Classificação de asteroides, galáxias, pontos verdes e objetos exóticos

A Figura 2.2 mostra como é feita a distinção visual dos objetos de interesse e está disposta no tutorial do projeto na plataforma, sendo um guia visual para os usuários que não necessariamente possuem conhecimento na área da Astronomia.

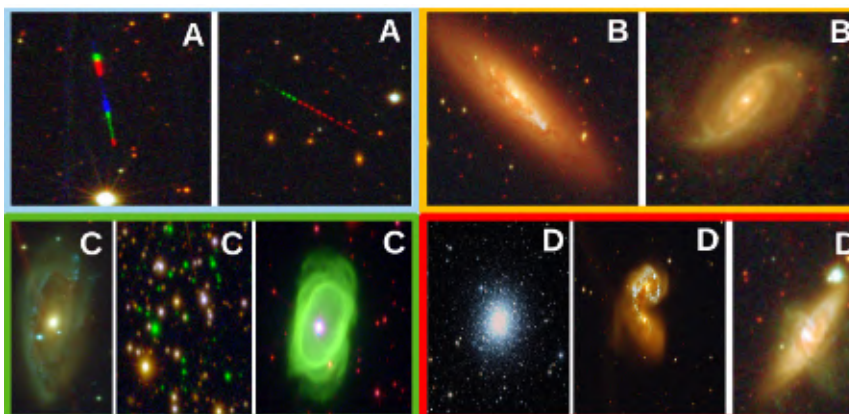


Figura 2.2: Imagem do tutorial para qualificar os voluntários ao processo de classificação dos objetos de interesse. (A) Representam asteroides; (B) galáxias; (C) pontos verdes e (D) outros objetos chamados de exóticos. Créditos da imagem: Carlos Eduardo Ferreira Lopes, adaptado das imagens do T80S.

A classificação é feita de duas maneiras, a depender se o usuário está utilizando um computador ou dispositivo celular/*tablet*. Pelo computador, o voluntário recebe a tarefa de verificar se existem objetos de interesse na imagem e marcá-los com auxílio do *mouse*.

Por exemplo, na Figura 2.3 o voluntário identificará que existem duas galáxias espirais, próximas à maior estrela que está saturada. Se estiver no computador, marcará um retângulo ao redor dos objetos de interesse e se estiver em um dispositivo móvel, cujas funcionalidades são limitadas, selecionará apenas os objetos que estão presentes na imagem através de uma lista ao lado da imagem.

Nesse mesmo exemplo, é possível perceber que existe um traço de cor vermelha na parte superior esquerda da imagem, que poderia ser confundido com um dos objetos de interesse, o asteroide. Na página do FAQ, entretanto, foram descritas as características indesejadas nas imagens: rastros de satélites, raios cósmicos e estrelas saturadas.

2.2.2 Otimização da experiência do usuário

Ao longo desse projeto, realizei a revisão e adequação dos textos, de forma que ficassem mais acessíveis e didáticos para o público geral. Também fizemos algumas alterações, solicitadas pelos revisores da plataforma *Zooniverse*, para que o *Science Hunters* seja integrado aos projetos oficiais da plataforma e, dessa forma, receba maior visibilidade atingindo um maior número de interessados.

Na análise inicial do projeto na plataforma, identificamos desafios relacionados à compreensão e acessibilidade. Os termos técnicos e informações excessivas podiam tornar a ex-

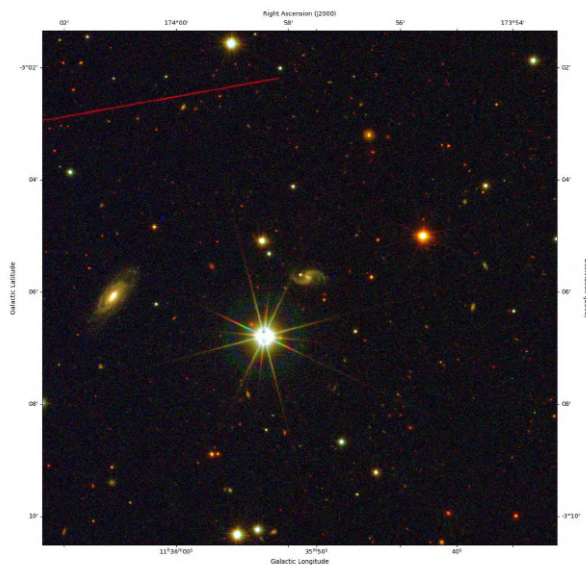


Figura 2.3: Nesta imagem, adicionada para classificação, nota-se que existem duas galáxias visíveis próximas à estrela saturada, que devem ser destacadas. Créditos da imagem: T80S.

perência do usuário menos amigável, oposto às intenções de um projeto de ciência cidadã. Para atingir esses objetivos, focamos na reformulação de textos. Optamos por simplificar a linguagem, eliminando termos técnicos desnecessários e destacando informações relevantes. Priorizamos a clareza e a concisão, visando criar uma narrativa envolvente para os usuários.

Além disso, pensamos que tornar as informações mais compreensíveis contribui diretamente para a precisão das classificações. O entendimento claro incentiva os usuários a lerem as orientações, resultando em classificações mais valiosas para o projeto como um todo.

Dediquei especial atenção para as seções “Sobre a pesquisa”, “Perguntas frequentes” e “Tutorial”. Essas áreas desempenham um papel crucial na comunicação com os voluntários, para transmitir a essência do projeto e fornecer orientações claras. Também realizamos a adição de painéis de discussão como um iniciativa para incentivar a interação entre os participantes, proporcionando um ambiente propício para troca de ideias e esclarecimento de dúvidas.

2.3 *The green dots project*

Com o mesmo objetivo de difusão e participação voluntária na ciência, foi elaborado o *The green dots project*², do inglês “o projeto dos pontos verdes”, idealizado pela pesquisadora Arianna Cortesi e desenvolvido junto a outros membros da colaboração do S-PLUS.



Figura 2.4: Imagens obtidas a partir da procura por objetos extensos com medidas de excesso em H- α , por meio do filtro J0660, para categorização através do *The green dots project*. Créditos da imagem: T80S.

Levantamentos modernos, que cobrem grande áreas do céu em várias bandas fotométricas, permitiram encontrar zonas de formação de estrelas fora do disco, que projetadas no plano do céu parecem pontos verdes, observados na Figura 2.4. Tal cor é o resultado da combinação de paletas de cores adotadas para representar determinadas bandas observadas, como por exemplo a linha de emissão H- α . Estudamos essas galáxias peculiares para entender o processo de cessação da formação estelar, ou de seu entorno, e também definir o efeito do meio ambiente na evolução das galáxias graças ao grande campo de visão do T80S.

No entanto, não é simples identificar essas galáxias em modo automático, quando o olho humano consegue identificar e selecionar rapidamente as zonas de formação estelar, os pontos verdes. Desse contexto nasce o *The green dots project*, para encontrar zonas de interesse para futuros estudos da astrofísica estelar. Para esse projeto foram selecionadas imagens que exibissem um excesso específico na emissão de H- α em objetos extensos. Para isso usamos os dados do filtro J0660, que foi projetado para determinar o brilho na região nessa linha espectral.

² <https://www.zooniverse.org/projects/arioeira/the-green-dots-project/>

2.3.1 *Classificação de pontos verdes*

Como o objeto de estudo desse projeto é apenas um, os pontos verdes, as perguntas e orientações para classificação são voltadas para esse propósito. A Figura 2.5 ilustra parte do processo de classificação esperado pelo usuário.

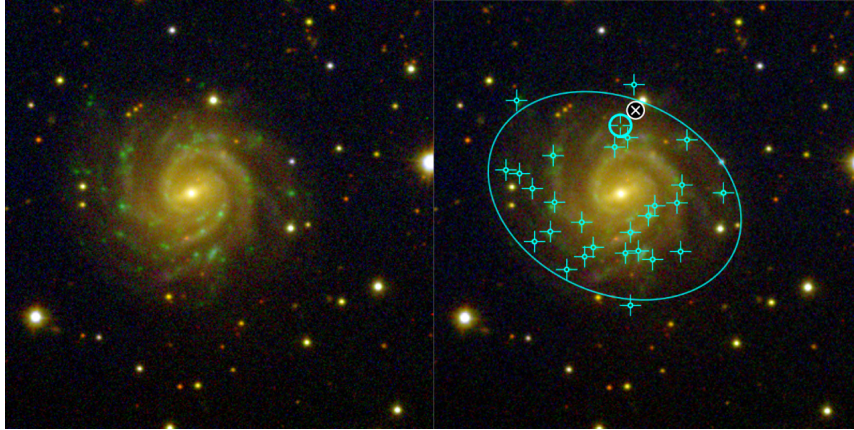


Figura 2.5: Nesta figura, adicionada para classificação, nota-se que existem múltiplos pontos verdes na imagem da esquerda, que devem ser destacados como na imagem da direita. Créditos da imagem: T80S, adaptado pela autora.

O voluntário identifica primeiramente se existem pontos verdes ou algum tipo de luz verde na imagem e, se positivo, se está presente em uma ou mais galáxias. Em caso de resposta afirmativa, ele é orientado a desenhar, com auxílio do *mouse*, uma elipse que contorne a galáxia. Caso a resposta for negativa, o usuário apenas encerra a análise daquela imagem. Continuando para o caso afirmativo para pontos verdes, ele os marca na imagem e em seguida responde algumas perguntas sobre a distribuição na galáxia ou fora dela.

2.3.2 *Otimização da experiência do usuário*

De forma análoga ao processo realizado no projeto *Science Hunters*, realizei um trabalho de otimização da experiência do usuário a partir da elaboração de textos claros, tutorial didático e material suficiente para a classificação precisa.

Difusão científica

A interligação entre pesquisa, educação e divulgação é fundamental para o desenvolvimento integral de qualquer projeto científico. Enquanto a pesquisa fornece a base de conhecimento e inovação, a educação desempenha um papel crucial na formação de novos pesquisadores e na disseminação do conhecimento. Além disso, a divulgação amplia o alcance e o impacto da pesquisa, conectando-a com a sociedade em geral.

A inclusão da educação em projetos de pesquisa aumenta a conscientização pública sobre a importância da ciência e da pesquisa. À medida que os resultados da pesquisa são compartilhados com estudantes e educadores, há uma disseminação natural do conhecimento que não apenas fortalece o apoio público à pesquisa, mas também inspira o interesse em disciplinas científicas.

A divulgação é o terceiro pilar essencial, permitindo que os resultados da pesquisa alcancem públicos diversos. Essa atividade desempenha um papel crucial ao desmistificar a ciência, tornando-a acessível ao público geral. Ao destacar de maneira clara e envolvente a pesquisa de ponta realizada no Brasil, a divulgação inspira o interesse e engajamento, estimulando a próxima geração de cientistas no país.

A participação pública na ciência também é favorecida pela divulgação, permitindo que as pessoas compreendam como as descobertas científicas impactam suas vidas e como podem contribuir ou se beneficiar do processo de pesquisa. Essa conscientização não apenas fortalece o apoio político e o financiamento para a pesquisa local, mas também cria um ambiente propício para a colaboração e avanço contínuo da ciência de fronteira no Brasil.

Em resumo, a conexão entre pesquisa, educação e divulgação é vital para o sucesso e a relevância de qualquer projeto científico. A educação nutre a próxima geração de cientistas, enquanto a divulgação amplia o alcance e a influência da pesquisa, garantindo

que seus benefícios se estendam além das fronteiras acadêmicas e se integrem à sociedade de maneira significativa.

A fim de contribuir para a evolução do espaço da pesquisa acadêmica feita na Astronomia, durante esse projeto foram desenvolvidas algumas iniciativas de divulgação científica. Destacam-se a criação de um resumo de artigo científico para inclusão no Boletim Dia e Noite com as Estrelas, assim como a atualização do *site* oficial. Essa atualização compreendeu tanto teses e publicações provenientes da colaboração quanto a produção de conteúdos textuais destinados à seção de notícias da colaboração.

3.1 Boletim Dia e Noite com as Estrelas

O boletim mensal “Dia e Noite com as Estrelas” foi criado em setembro de 2020 no contexto da pandemia para continuar difundindo astronomia mesmo sem a interação presencial. O boletim tem como objetivo fornecer informações científicas de forma acessível sobre a astronomia. É uma iniciativa do Prof. Dr. Ramachrisna Teixeira, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), em colaboração com estudantes de graduação e pós-graduação. O boletim oferece notícias científicas, anúncios de eventos, informações sobre o céu noturno no período correspondente e curiosidades, entre outros tópicos relacionados à astronomia.

A convite do professor Ramachrisna, também pesquisador da colaboração, surgiu a oportunidade de incluir ao boletim um pequeno artigo relacionado ao S-PLUS, a fim de divulgar a ciência de fronteira que é realizada no Brasil para outros públicos. No mês de novembro deste ano foi publicado um artigo sobre o trabalho de Bom et al. (4pdf) chamado “Inteligência Artificial na Classificação de Milhares de Galáxias”¹, que pode ser encontrado no Apêndice A.

Em resumo, o texto destaca o trabalho dos astrofísicos do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) que, usando dados do S-PLUS, classificaram 164 mil galáxias do hemisfério sul celeste, alcançando 98,5% de precisão. Com inteligência artificial aplicada em dois algoritmos desenvolvidos pelo pesquisador Clécio Roque De Bom, os cientistas automatizaram o processo de categorização, que é essencial para futuros projetos astronômicos que buscam analisar bilhões de galáxias. Essa abordagem oferece informações cruciais sobre a formação

¹ https://www.iag.usp.br/sites/default/files/2023-11/dnce_2023_11.pdf

de estrelas, interações galácticas e a evolução do universo.

3.2 Site do S-PLUS

Em adição às atividades realizadas durante o período deste trabalho, ocupei a posição de atualizar páginas do *site* oficial da colaboração². Foram adicionadas as páginas dos últimos encontros da colaboração, desenvolvidos os conteúdos para as páginas correspondente ao terceiro e quarto levantamento de dados científicos e o anúncio do novo porta-voz da colaboração.

² <https://www.splus.iag.usp.br/>

Conclusões

O presente trabalho abordou o desenvolvimento e a publicação de iniciativas de divulgação científica, no âmbito da colaboração do *Southern Photometric Local Universe Survey* (S-PLUS), o maior projeto de mapeamento do hemisfério sul celeste em grande escala, liderado por brasileiros. Foi realizada a criação e desenvolvimento de dois projetos de ciência cidadã, *Science Hunters* e *The green dots project*, que buscam não apenas divulgar as fascinantes imagens capturadas pelo telescópio T80S, mas também envolver ativamente o público em atividades de classificação que contribuem para a pesquisa científica.

O *Science Hunters* foca na identificação de asteroides, galáxias, emissores de H- α e outros objetos celestes exóticos, utilizando a participação voluntária para criar conjuntos de treinamento para algoritmos de aprendizado de máquina. Já o *The green dots project* concentra-se na identificação de zonas de formação estelar em galáxias, representadas como pontos verdes nas imagens do levantamento de dados.

Além dos projetos de ciência cidadã, publicamos um artigo no Boletim Dia e Noite com as Estrelas a respeito de uma publicação científica da colaboração sobre a classificação de galáxias usando inteligência artificial, promovendo uma linguagem acessível e clara para apresentar resultados e avanços da pesquisa. Em paralelo, o *site* do S-PLUS recebeu atualizações e adição de novas páginas, com intuito de informar aos visitantes as informações relacionadas ao projeto.

Em resumo, os projetos de divulgação científica da colaboração buscam promover a participação do público na ciência e compartilhar as descobertas astronômicas de forma didática. Essas atividades não apenas enriquecem a pesquisa, mas também fortalecem a conexão entre a comunidade científica e a sociedade, contribuindo para a construção de um ambiente mais colaborativo e desmistificado.

Referências Bibliográficas

Banerji M., Lahav O., Lintott C. J., Abdalla F. B., Schawinski K., Bamford S. P., Andreescu D., Murray P., Raddick M. J., Slosar A., Szalay A., Thomas D., Vandenberg J., Galaxy Zoo: reproducing galaxy morphologies via machine learning*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2010, vol. 406, p. 342

Bom C. R., Cortesi A., Ribeiro U., Dias L. O., Kelkar K., Castelli A. V. S., Santana-Silva L., Silva V., Gonçalves T. S., Abramo L. R., Lima E. V. R., Almeida-Fernandes F., Espinosa L., Li L., Buzzo M. L., de Oliveira C. M., Jr. L. S., Alvarez-Candal A., Grossi M., Telles E., Torres-Flores S., Werner S. V., Kanaan A., Ribeiro T., Schoenell W., An Extended Catalogue of galaxy morphology using Deep Learning in Southern Photometric Local Universe Survey Data Release 3, 2023, disponível em <https://arxiv.org/pdf/2306.08684.pdf>

do Prado A. T., Um vírus no Twitter: COVID-19, divulgação científica e negacionismo científico nos perfis de Atila Iamarino e Jair Bolsonaro em 2020, Casa de Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, 2022, Mestrado em divulgação da ciência, tecnologia e saúde, 205f.

McGourty C., , 2007 Scientists seek galaxy hunt help <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6289474.stm>

Mendes de Oliveira C., Ribeiro T., Schoenell W., Kanaan A., Overzier R., Molino A., Sampedro L., Coelho P., Barbosa C. E., Cortesi A., et al., The Southern Photometric Local Universe Survey (S-PLUS): improved SEDs, morphologies, and redshifts with 12 optical filters, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2019, vol. 489, p. 241

Willett K. W., Lintott C. J., Bamford S. P., Masters K. L., Simmons B. D., Casteels K. R. V., Edmondson E. M., Fortson L. F., Kaviraj S., Keel W. C., Melvin T., Nichol R. C., Raddick M. J., Schawinski K., Simpson R. J., Skibba R. A., Smith A. M., Thomas D., Galaxy Zoo 2: detailed morphological classifications for 304.122 galaxies from the Sloan Digital Sky Survey, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2013, vol. 435, p. 2835–2860

Zooniverse, 2023 About Section <https://www.zooniverse.org/about>

Apêndice

Apêndice A

Inteligência Artificial na Classificação de Milhares de Galáxias

Novembro 2023

DIA E NOITE COM AS ESTRELAS

Número 11 ano 4

NOTÍCIAS

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA CLASSIFICAÇÃO DE MILHARES DE GALÁXIAS

por Júlia Mello de Oliveira (IAG-USP)

Utilizando inteligência artificial, astrofísicos do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) lideraram uma equipe internacional que classificou, neste ano, cerca de 164 mil galáxias do hemisfério sul celeste com um percentual de acerto de 98,5%. O primeiro autor do artigo, Clécio Roque De Bom, desenvolveu os dois algoritmos responsáveis pela classificação das galáxias. O uso de inteligência artificial baseou-se na técnica de aprendizado de máquina ("machine learning") que permite que computadores identifiquem padrões em um grande número de imagens, como é o caso na Astronomia moderna e particularmente deste estudo, que contempla milhões de objetos celestes.

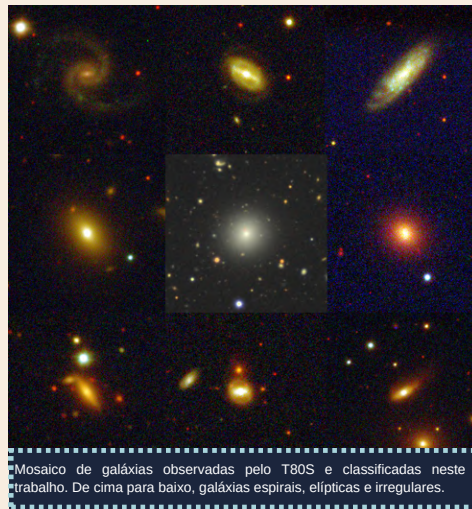
As observações foram realizadas com o telescópio brasileiro automático T80S instalado no Chile, parte do projeto Southern Photometric Local Universe Survey (S-PLUS), cuja coordenadora foi entrevistada

na edição outubro passado do Dia e Noite com as Estrelas ([DNCE04_10](#)). Este levantamento foi realizado em 12 bandas fotométricas, ou seja, suas imagens foram capturadas em 12 diferentes faixas de frequência do espectro de luz.

O primeiro algoritmo é responsável por identificar, a partir de seus contornos, objetos que poderiam comprometer a categorização das galáxias, assim como determinar a chance de utilidade para uma futura classificação. Já o segundo algoritmo é responsável por classificar as galáxias do ponto de vista de suas morfologias com base na sua distribuição superficial de brilho. Os resultados alcançados mostram que 69% das galáxias foram classificadas como espirais, 29% como elípticas e 2% com formato irregular.

Classificações de galáxias são realizadas desde 1926 quando o astrônomo Edwin Hubble (1889-1953) analisava de forma manual as observações de galáxias para classificá-las. Com o da inteligência artificial, o processo pôde ser automatizado e finalizado de maneira muito mais fina e precisa. Este avanço se mostra essencial para futuros projetos da Astronomia, que esperam observar até 20 bilhões de galáxias a serem processadas e analisadas com precisão através de estratégias como esta.

Ao categorizar galáxias com base em suas estruturas de brilho, os astrônomos podem identificar padrões e aprender sobre a formação de estrelas, interações entre galáxias e como o universo evolui. Em resumo, esse tipo de classificação é crucial para obtermos uma visão completa do universo.



Mosaico de galáxias observadas pelo T80S e classificadas neste trabalho. De cima para baixo, galáxias espirais, elípticas e irregulares.