

Revista
Brasileira de
**ASTRO
NOMIA**

Produzida pela Sociedade
Astronômica Brasileira

Ano 3 | Número 11

Lixo Espacial

O destino das galáxias

J-PAS: 56 filtros para estudar o Universo

140 anos do Observatório do Valongo

Entrevista: Eduardo Janot-Pacheco



Editorial

A Astronomia surgiu da observação do céu. Há fenômenos que ocorrem apenas uma vez, como a passagem de um cometa interestelar, enquanto a maioria dos demais têm natureza periódica e requerem monitoramento e observação sistemática. Na era de precisão que nossos equipamentos atingiram, é imprescindível que tenhamos uma boa qualidade de céu. Por isso os mais importantes observatórios do mundo são construídos em regiões remotas, onde a luminosidade das áreas urbanas vizinhas é desprezível ou a umidade do ar é mínima.

A poluição luminosa já é um problema para a observação noturna. Por conta dela cada vez é mais impossível observarmos a Via Láctea em áreas urbanas. Há ações internacionais em curso para conscientizar a população e gestores públicos a fazer melhor uso da iluminação noturna de modo a não dispersar inutilmente luz para o céu. Todavia, de nada valerão esses esforços ante a iminente invasão do céu por dezenas de constelações de satélites brilhantes e exploração desregulada do Espaço. Já até se aventa a criação de letreiros orbitais para a exibição de propaganda no céu noturno, uma iniciativa que precisa ser rechaçada em nome do valor da observação astronômica e da herança cultural que o céu noturno representa aos mais diversos povos.

É urgente a necessidade de uma devida regulação por organismos internacionais. Para além dos efeitos danosos à astronomia e à astrofotografia que vários desses satélites já causam, a intensa exploração comercial do Espaço pode inviabilizar o próprio voo espacial, pois aumenta a probabilidade de colisão entre satélites e criação de nuvens de detritos. Em órbita ao redor da Terra, mesmo um parafuso têm energia cinética suficiente para danificar outro satélite em caso de colisão. Acidentes são inevitáveis, mas o trabalho de monitoramento e prevenção é fundamental para diminuir sua frequência de ocorrência.

*Helio Jaques Rocha Pinto
Presidente da Sociedade Astronômica Brasileira*

Esquerda

Céu, câmera e tripé para astrofotografia (Crédito: Alberlan Barros).

Capa

Simulação de uma imagem de M 31 entrecortada por rastros de constelações de satélites, uma sombria possibilidade em futuro próximo.

Revista Brasileira de Astronomia

produzida pela
Sociedade Astronômica Brasileira

Conselho Editorial Alan Alves Brito,
Reinaldo Ramos de Carvalho, Lucimara
Martins, Ramachrisna Teixeira,
Thiago Signorini Gonçalves

Editor Helio J. Rocha-Pinto

Equipe de colaboradores Hélio Dotto
Perottoni, Mylena Larrubia, Matheus Bernini
Peron, Douglas Brambila dos
Santos, Maria Luiza Ubaldo de Melo

Contato secsab@sab-astro.org.br

Para anunciar Fale com Rosana no email
acima ou ligue (11) 3091-8684,
Seg. a Sex. 10 às 16 h.

Para submissões

Contacte um membro do conselho editorial



Presidente

Helio J. Rocha-Pinto

Vice-Presidente

Lucimara Martins

Secretária-Geral

Daniela Pavani

Secretária

Maria Jaqueline Vasconcelos

Tesoureiro

Alex Cavalieri Carciofi

Endereço

Sociedade Astronômica Brasileira

Rua do Matão, 1226

05508-090 São Paulo – SP

<http://www.sab-astro.org.br>

4 O destino das galáxias

Rogério e Rogemar Riffel contam como o fenômeno do AGN pode afetar o destino evolutivo de uma galáxia.

10 Entrevista: Eduardo Janot-Pacheco

Eduardo Janot-Pacheco tem uma história de dedicação à Astronomia que se inicia na adolescência. Conheça um pouco mais sobre nosso ex-presidente.

17 Lixo espacial

A conquista espacial gera um quantidade de detritos que começa a gerar problemas tanto para a própria Astronáutica, quanto para a Astronomia, como nos mostra Erika Rosseto

23 Observatório do Valongo: 140 anos

O observatório universitário mais antigo do Brasil tem uma história cativante, que é aqui contada por Rundsthen de Nader.

31 J-PAS: 56 filtros para o Universo

Renato Dupcke e Simone Daflon apresentam o J-PAS, um levantamento fotométrico para mapear o Universo em 56 cores.



O destino das galáxias

Efeitos do núcleo ativo na formação estelar

A maioria das galáxias hospeda em seu centro um buraco negro supermassivo. Em algumas delas, o buraco negro está engolindo material e através de um disco de acreção injetando uma grande quantidade de energia na galáxia. Esta energia interage com o gás da galáxia afetando a sua formação estelar.

Galáxias são uma coleção de estrelas (e seus planetas), gás, poeira e matéria escura, com uma expressiva fração delas hospedando um buraco negro supermassivo cuja massa é de milhões a alguns bilhões de massas solares. Elas apresentam uma grande diversidade de tamanhos, formas, luminosidades, conteúdo estelar, estruturas, cinemática e quantidade de gás e poeira. Para o caso de galáxias do Universo Local, elas são o estágio atual de um longo processo que dura cerca de 13,8 bilhões de anos. Suas propriedades foram moldadas por uma série de eventos, tanto internos quanto do ambiente que elas se encontram. Estes processos fazem com que a galáxia cresça, convertendo o seu gás

em estrelas, capturando o gás de outras galáxias e/ou do ambiente, capturando estrelas de outras galáxias ou ainda engolindo ou se fundindo com outras galáxias.

De uma maneira simplificada, as galáxias podem ser divididas entre galáxias com ativa formação estelar e galáxias que não estão formando estrelas (passivas). Outras palavras, as galáxias passivas não apresentam formação estelar recente e, portanto, têm uma cor avermelhada e hospedam uma população estelar fria e velha. Por outro lado, as galáxias com ativa formação estelar são azuladas e hospedam uma grande fração de es-

treelas jovens massivas e quentes.

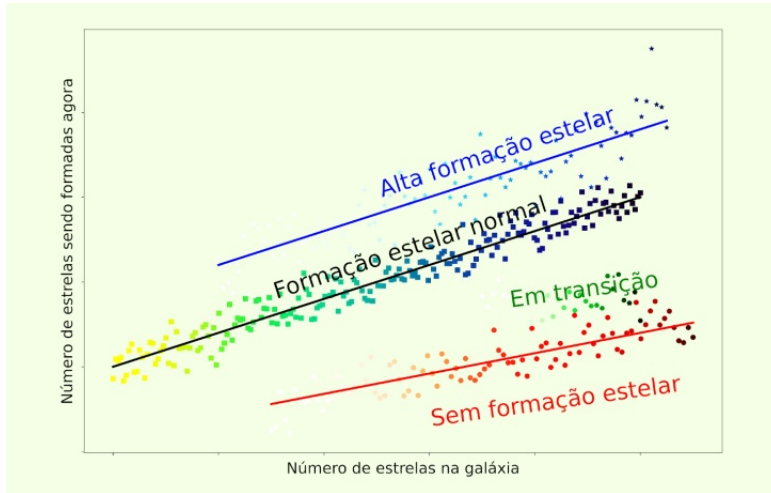
Estudos recentes de grande quantidade de galáxias, mostraram que existe uma estreita correlação entre o número de estrelas que existem numa galáxia e a quantidade de estrelas sendo formadas na galáxia. Tal correlação é conhecida como a *sequência principal de galáxias com formação estelar*, ou seja, é a formação estelar normal de uma galáxia. Esse mesmo comportamento é observado em galáxias em diversos intervalos de distância e, portanto, de idade do Universo, sendo consistente nos últimos 10 bilhões de anos. Há um entendimento de que essa correlação de-

Na página anterior

A magnífica galáxia Messier 82. Estrelas jovens nascem nessa galáxia a uma taxa 10 vezes maior que na Via Láctea (Crédito: NASA, ESA e Hubble Heritage Team STScI/AURA).

Abaixo

IC 2006 é uma galáxia elíptica gigante. Essa galáxia já parou de formar estrelas num passado longínquo. Pela sua alta massa, nos primeiros estágios ela teve uma formação estelar muito intensa (Crédito: ESA/Hubble & NASA).



Acima

A sequência principal de formação estelar é a região onde as estrelas têm uma taxa de formação estelar normal se comparada com a sua massa. Caso ela capture muito gás ela pode passar para um regime de alta formação estelar ou se seu gás é todo consumido ela passará para uma fase sem formação estelar (Crédito: Rogério Riffel).

ve-se a que cada uma das galáxias tem sua formação estelar regulada por processos semelhantes e que o espalhamento ao redor da tendência média corresponde a pequenas flutuações no fluxo de gás que está sendo capturado ou migrando da periferia para regiões mais centrais das galáxias. O movimento para uma galáxia de dada massa ao longo da sequência principal, ou seja, o espalhamento, é entendido de acordo com esse fluxo de gás. Quando o gás é compactado no centro da galáxia, a formação estelar é ativada e a galáxia passa a ter uma maior taxa de formação estelar; por outro lado, quando o gás no centro é esgotado, a taxa de formação estelar cai e a galáxia se move para a parte de baixo da sequência principal. Ao longo deste processo, a galáxia pode capturar mais gás externo e o processo segue se repetindo. Entretanto, se a galáxia capturar uma grande quantidade de gás (ou mesmo se fundir com outra galáxia rica em gás) ela pas-

sará a ter uma formação estelar muito alta, se comparada com a sua massa, e estará no ramo de alta formação estelar. Essas galáxias são conhecidas como galáxias *starburst*. No outro extremo, se o tempo de reposição do gás for muito longo a galáxia para de formar estrelas, ou seja, se torna quiescente e sua cor será vermelha. Essa sequência de galáxias sem formação estelar é conhecida como a região de galáxias vermelhas e mortas.

Uma maneira de compreendermos como as galáxias evoluem é confrontar os resultados observacionais com os modelos de formação e evolução de galáxias. Ou seja, se pegarmos uma receita, colocando todo o conhecimento que já acumulamos sobre a formação e evolução de galáxias e utilizarmos computadores superpoderosos podemos prever qual a quantidade de galáxias que devemos ter em cada intervalo de luminosidade, ou equivalentemente em cada intervalo de massa. A maneira que utilizamos para fazer isso é construindo a denominada função de luminosidade, que é o número de galáxias por intervalo de luminosidade. Os resultados mais modernos indicam, contudo, que simulações cosmológicas que consideram a matéria escura fria não são capazes de prever corretamente os extremos de luminosidades. No caso das galáxias de baixa luminosidade e, portanto, baixa massa, é relativamente bem

estabelecido que o gás é aquecido por explosões de supernovas (estrelas massivas são formadas, essas evoluem muito rapidamente e explodem como supernovas) evitando assim a formação estelar e fazendo com que as galáxias tenham baixa massa.

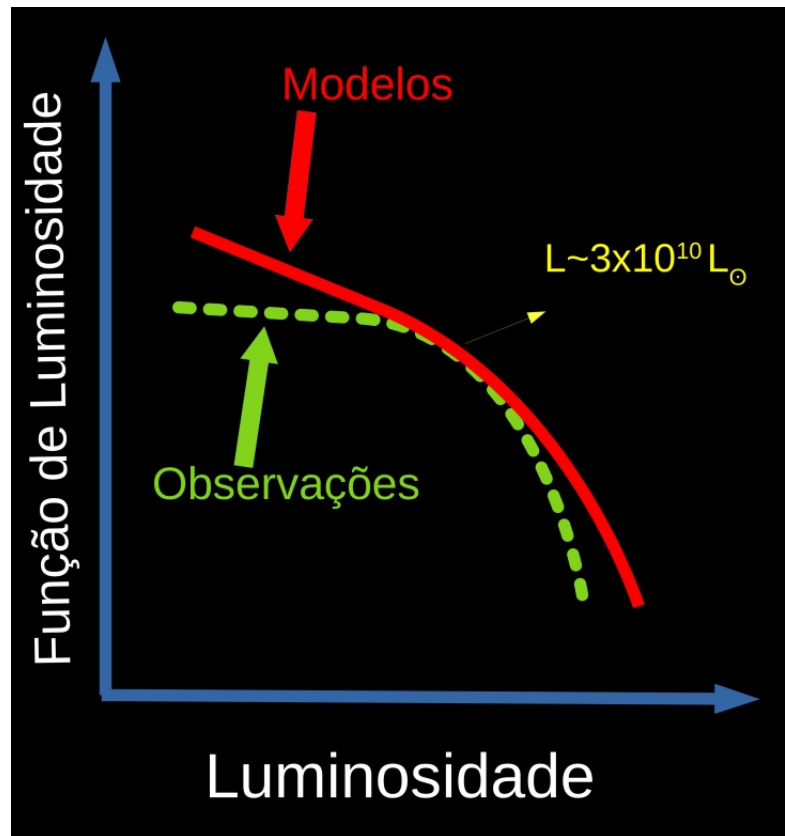
Um grande desafio da astrofísica moderna é determinar a natureza dos processos físicos capazes de fazer com que uma galáxia massiva interrompa a sua formação estelar. Um mecanismo que é invocado corriqueiramente como eficaz em cessar a formação estelar em galáxias massivas é o efeito de um núcleo ativo de galáxia.

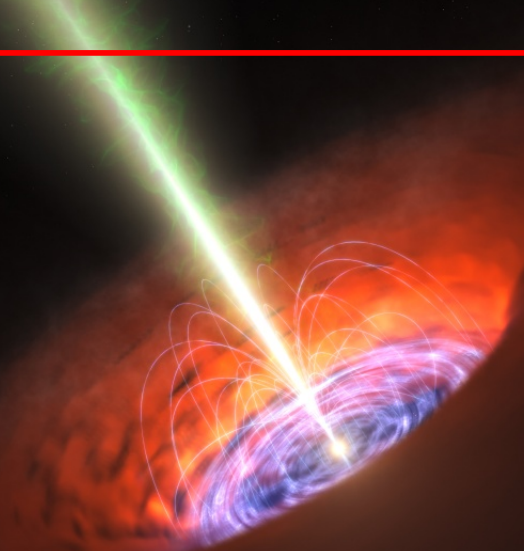
Entendendo o que é um núcleo ativo de galáxia

Galáxias de núcleo ativo, ou AGN (do inglês *Active Galactic Nuclei*) são galáxias que emitem uma grande quantidade de energia a partir de seus núcleos, se comparadas às galáxias normais. A quantidade de radiação emitida no núcleo dessas fontes, que são não resolvidas na vasta maioria delas, pode superar em cerca de 100 vezes a luminosidade da galáxia hospedeira nos casos mais extremos. A radiação emitida por estes objetos não pode ser explicada exclusivamente por processos de fusão termonuclear, como acontece no interior estelar, e o excesso de radiação é observado em várias regiões do espectro eletromagnético, desde raios gama até emissão em bandas de rádio.

A produção dessa energia deve-se ao fato de que as galáxias ativas hospedam um buraco negro supermassivo de milhões a bilhões de vezes a massa do Sol e esse é circundado por um disco de acreção muito brilhante e quente. Em uma escala mais externa, mas ainda muito pequena comparada à galáxia, se encontra um toróide de poeira. Também se observam jatos de partículas relativísticas ejetadas a partir da região mais interna do disco de acreção e que atingem enormes distâncias no espaço, podendo ser muito maiores que as galáxias hospedeiras. Esse disco de acreção é formado pelo gás frio que cai em direção ao buraco negro supermassivo. O gás

Abaixo
Diagrama que representa a função de luminosidade de galáxias observada e predita por modelos teóricos que levam em conta matéria escura fria. Esses modelos descrevem bem as galáxias de luminosidade média e falham na região de baixa e alta luminosidade (Crédito: Rogério Riffel).





Acima

Concepção artística das cercanias um buraco negro supermassivo, que são típicos dos centros de galáxias (Crédito: ESO/L. Calçada).

disponível na galáxia pode ser transportado para a região próxima ao buraco negro supermassivo por uma série de processos, tais como interação com outras galáxias, captura de galáxias satélites, escoamentos ao longo de barras e braços espirais nucleares. Uma vez estando suficientemente próximo ao buraco negro, forma-se o disco de acreção. Processos dissipativos no disco de acreção transportam a matéria para dentro e momento angular para fora, fazendo com que o disco se aqueça e passe a emitir radiação, ventos e jatos de partículas relativísticas. Esse processo é conheci-

do como o *feedback* (ou retroalimentação) do AGN, o qual pode afetar o destino da galáxia. O disco de acreção no entorno do buraco negro, além de emitir radiação, também produz ventos de gás molecular e ionizado. Esses ventos são conhecidos como *outflows* e podem afetar a formação das estrelas na galáxia hospedeira de um AGN, uma vez que em alguns casos podem expulsar o gás da galáxia e em outros redistribuí-lo dentro da galáxia. Os *outflows* possuem velocidades de centenas a milhares de quilômetros por segundo e podem expulsar até algumas centenas de massas solares por ano da região central das galáxias.

A formação estelar é um processo que requer o colapso de gás molecular frio. Os efeitos de *feedback* do AGN sobre o gás na galáxia hospedeira modificam as condições físicas do gás, aquecendo-o, comprimindo-o e/ou removendo-o da galáxia, assim afetando a formação estelar na galáxia. Como a vasta maioria das galáxias hospeda um buraco negro supermassivo e as evidências científicas apontam

Para saber mais

The current status of galaxy formation

Joseph Silk & Gary Mamon

Research in Astronomy and Astrophysics, v. 12, p. 917–946 (2012).

The first 62 AGN observed with SDSS-IV MaNGA – II. Resolved stellar populations

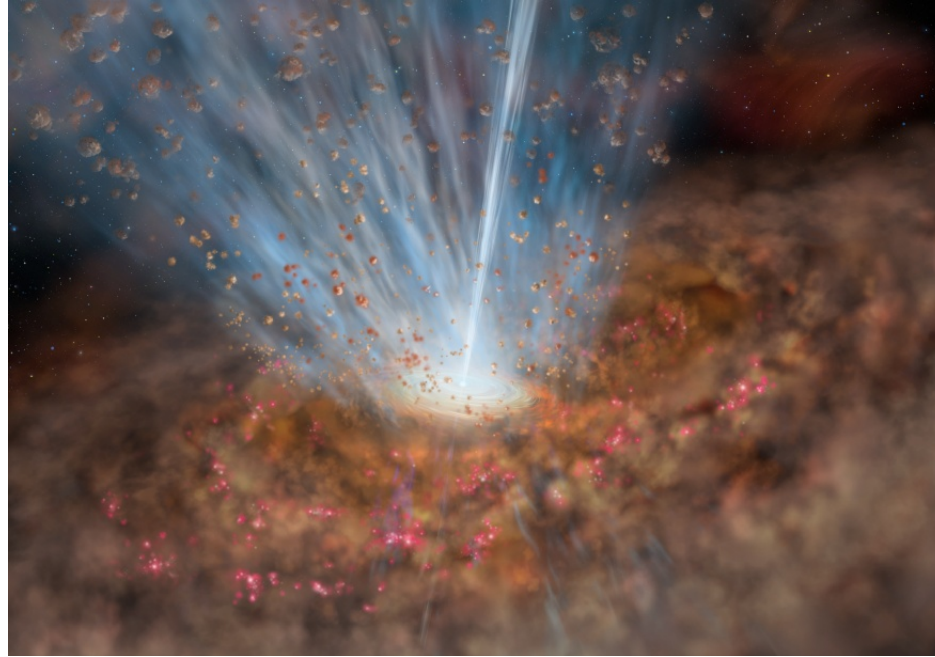
Nicolas Mallmann, Rogério Riffel et al.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, v. 478, p.5491–5504 (2018).

para o fato de que pelo menos uma vez em sua existência as galáxias massivas passaram por um período de AGN, os astrônomos utilizam os efeitos do *feedback* do AGN em modelos e simulações de formação e evolução de galáxias como um regulador da massa das galáxias massivas, pois seria um mecanismo de cessação da formação estelar nestes objetos. Ou seja, os núcleos ativos de galáxias parecem atuar como uma espécie de controle de natalidade estelar. Vale ressaltar também que, em escalas menores, como a região central das galáxias, o *feedback*, ao compactar o gás, pode agir como um catalisador, aumentando a formação estelar, como observado em alguns trabalhos recentes, onde a formação estelar está associada a *outflows* de gás.

Em galáxias ativas de baixa e moderada luminosidade, estudadas com o levantamento de dados MaNGA (*Mapping Nearby Galaxies at APO*) do SDSS (*Sloan Digital Sky Survey*) encontra-se um rejuvenescimento das populações estelares na região central das galáxias ativas com maior luminosidade. Estes resultados foram interpretados como o fato de que no caso de AGNs de baixa luminosidade e do Universo Local o mesmo gás que alimenta o AGN é parcialmente utilizado na formação estelar.

Observações com o novo Telescópio Espacial James Webb e com a nova geração de telescópios terrestres extremamente grandes, com



espelhos de 30 a 40 metros de diâmetro e com tecnologia de última geração, abrem uma nova era no estudo de galáxias e do efeito dos núcleos ativos na evolução delas. Será possível observar as primeiras galáxias formadas no Universo e estudar em detalhes sem precedentes a distribuição e cinemática do gás na região central de galáxias próximas, essencial para entender em detalhes os efeitos de *feedback* de AGN. Peças importantes serão acrescentadas ao quebra-cabeça da evolução de galáxias nos próximos anos. Fique ligado! •

Rogério Riffel
Univ. Fed. do Rio Grande do Sul
riffel@ufrgs.br

Rogemar André Riffel
Univ. Fed. de Santa Maria
rogemar@ufsm.br

Acima
Concepção artística de ventos emanados do núcleo ativo da galáxia Markarian 231 (Crédito: Gemini Observatory/AURA, Lynette Cook).



Entrevista

Eduardo Janot-

Nesta edição, entrevistamos o Prof. Eduardo Janot-Pacheco.

Nascido em 13 de fevereiro de 1945, no Rio de Janeiro, Janot formou-se em Engenharia Elétrica e Engenharia Nuclear, ambas pela UFMG, em 1967 e 1968, respectivamente. Em seguida, mestrou-se em Astronomia pelo ITA, em 1974, e doutorou-se em Astrofísica e Técnicas Espaciais pela Université de Paris VII, em 1987. Fez numerosos estágios na Open University do Reino Unido, onde foi professor visitante entre 2009 a 2010, bem como nos principais observatórios franceses. Foi responsável por vários auxílios do CNPq, CAPES, FAPESP e CNRS e é o Pesquisador Responsável de projeto temático da FAPESP em vigência. Tem experiência na área de Astronomia e Ciências Espaciais, atuando principalmente nos seguintes temas: estrelas Be, astrossismologia, astrofísica estelar, binárias de raios X, astrofísica de altas energias, astrobiologia e exoplanetas. Preside o Comitê CoRoT Brazil, que representa o país junto à missão espacial CoRoT, cuja finalidade é a descoberta de exoplanetas e estudos astrossismológicos. Foi membro da Comissão Brasileira de Astronomia perante a União Astronômica Internacional, entre 2009 e 2011. Foi o relator da Comissão Especial de Astronomia, do MCTI, encarregada de elaborar o *Plano Nacional de Astronomia*, para os anos 2010-2016; membro da Comissão de Negociação do MCTI com a European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere (ESO), para tratar da adesão do Brasil à organização, membro do Comitê Gestor do INCT Espacial/INESpaço (CNPq), presidente do Comitê PLATO Brasil e é, desde 2014, o representante brasileiro no PLATO 2.0 Mission Consortium Board. Foi presidente da Sociedade Astronomica Brasileira de 2008 a 2012, presidente da Associação Brasileira de Astrobiologia entre 2017 e 2021, professor Sênior do IAG-USP desde 2015 e pesquisador bolsista do CNPq. Atuou em diversas frentes em prol do desenvolvimento da Astronomia brasileira, a começar pela participação na escolha de sítio do futuro Observatório do Pico dos Dias.

Pacheco

RBA: Você sempre pensou em ser cientista, ou foi algo que aconteceu ao longo da vida?

Meu avô paterno era um engenheiro e cientista, e me influenciou desde cedo. Eu me interessei rapidamente pelas ciências físicas e pela Astronomia. Aos 16 anos, com meia dúzia de colegas estudantes do 2.º grau, fundamos a Sociedade de Estudos Astronômicos em Belo Horizonte. Logo, começamos a importar livros profissionais americanos de Astrofísica e a fazer seminários semanais sobre eles. A SEA promoveu durante uns 7 anos conferências de divulgação para o grande público na cidade. No final dessa fase, eu e alguns outros do grupo começamos a trabalhar sob a direção de Luiz Muniz Barreto (então Diretor do ON), no programa de Escolha de Sítio para escolher um local de instalação do futuro Observatório Astrofísico Brasileiro. Vários locais foram selecionados, e a procura (posteriormente dirigida por Sylvio Ferraz Mello) recaiu sobre o Pico dos Dias (Brasópolis, MG). Apesar de eu ter feito engenharia elétrica e nuclear, fiz uma IC no reator nuclear da CNEM/UFMG (IPR) no 5.º ano, e comecei logo depois de formado a trabalhar com pesquisa em física de nêutrons no Instituto de Pesquisas Radioativas da UFMG. No ano seguinte, Sylvio Ferraz Mello voltou da França com doutorado e assumiu o novo Departamento de Astronomia do ITA, criando aí um curso de Pós-Graduação em Astronomia. Abandonei o emprego e, com uma bolsa de metade do valor de meu salário como engenheiro, optei por seguir carreira em Astrofísica, iniciando-a com um mestrado no ITA, o qual defendi em 1974.

RBA: Teve algum(a) grande cientista que tenha sido seu “ídolo” científico na juventude, que tenha influenciado na tua decisão de ser cientista?

Na verdade, como já disse, meu avô me influenciou inicialmente, e depois as influências e exemplos vieram de astrônomos que eu já conhecia através de livros, como Geoffrey Burbidge, Jan Oort, Harlow Shapley, Edwin Hubble, Evry Schatzman, Jean Delhaye, Hubert Reeves...

RBA: Conte-nos brevemente sobre como foi sua formação e o que vc faria diferente se tivesse que começar de novo.

Por ignorância, achando que fazer Física me tornaria um mero professor secundário (e eu queria fazer pesquisa), e tendo nascido numa família de engenheiros (avô, pai e irmão mais velho), fiz Engenharia, tendo escolhido a mais física delas (eletricidade), e, a partir do 3.º ano, e por mais três anos, cursei simultaneamente Engenharia Nuclear, onde aprendi muito mais física. Hoje eu teria cursado, naturalmente, um curso de Física ou de Astronomia.

RBA: Como você vê a formação atual de físicos e astrônomos? Na tua opinião faz sentido ter dois cursos separados, de física e de astronomia?

Acho cabível existirem os dois cursos. Acho que os físicos tem uma visão de certa forma mais limitada e teórica do que os astrônomos, que necessitam de praticamente toda a física para trabalharem (excluindo o estado sólido). Assim sendo, o curso de Astronomia dá uma formação mais eclética e completa para o futuro astrofísico do que o de Física.

RBA: Qual foi o trabalho que deu mais prazer em fazer e qual o mais significativo?

Pergunta muito difícil! Um dos períodos mais gratificantes de minha vida profissional se

iniciou em meados dos anos 70, com minha tese de doutorado sobre fontes de raios X feita em Paris (Univ. Paris VII) e os 20 anos seguintes, quando trabalhei e orientei dissertações e teses na área. Talvez a própria tese (com 5 artigos publicados) possa ser citada como “o trabalho” mais significativo. Concorrente sério seriam os 20 anos subsequentes, quando migrei para a astrossismologia, onde consegui, com meus estudantes, obter resultados (com o “pequeno” telescópio do LNA) equiparáveis aos de meus colaboradores franceses, que dispunham de equipamentos maiores e mais sofisticados. Isso culminou, a partir dos anos 2000, e pela primeira vez na história da astrofísica brasileira, com a participação integral do Brasil num satélite científico, o CoRoT, promovida por mim. Tivemos os mesmos direitos que os países europeus co-participantes. Fui o representante brasileiro no projeto desde 2000; arregimentei dezenas de pessoas para participarem do projeto, em particular três engenheiros especializados em *software*. Consegui bolsas (CNPq, CAPES) para eles trabalharem na França, sendo que dois deles fizeram doutorado com o trabalho; organizei três grandes reuniões no Brasil (*CoRoT Brazil Weeks*) e encontros menores e mais técnicos; continuo administrando nosso uso do imenso banco de dados. Cerca de 70 brasileiros (cientistas e engenheiros), se envolveram com o satélite, o que resultou em mais de 120 artigos em revistas “Qualis A” (com pelo menos um brasileiro como co-autor), 18 teses de Doutorado e 26 dissertações de Mestrado, além de 4 capítulos de livros, e a capacitação de dezenas de brasileiros para participarem em missões espaciais complexas. Muito importante igualmente, foi a consequente instalação de equipes de engenheiros na Escola Politécnica da USP e no Instituto Mauá de Tecnologia com competência em técnicas espaciais. Essas equipes estão hoje trabalhando no satélite PLATO,

da ESA, com atividades bem mais extensas (inclusive *hardware*). Pessoalmente, instalei no IAG-USP, com verba FAPESP (de R\$ 60000, bastante vultosa no início dos anos 2000) um centro de dados nacional, destinado ao tratamento do CoRoT em análises astrossismológicas. Trabalhei com essas análises durante cerca de 10 anos, quando passei também a me interessar pelos exoplanetas (igualmente observados pelo CoRoT), assunto sobre o qual faço pesquisas e oriento hoje em dia. Esse tema despertou igualmente meu interesse pela Astrobiologia, e participei da fundação, em 2017, da Associação Brasileira de Astrobiologia, da qual fui o presidente até 2021.



Acima: Em 2010, em visita ao British Museum.

RBA: Você prefere trabalhar sozinho ou em grupo?

Nunca trabalhei sozinho! Acho que isso não faz sentido em ciência. Sempre tive colabora-

dores no Brasil e no exterior. Acho isso indispensável e multiplicador. Meus alunos sempre saíram do país para estágios e/ou doutorado, alguns tendo começado em nível de IC.



Acima: Em 1996, no Observatoire de Meudon.

RBA: Como você vê a astronomia brasileira hoje em dia e o que considera fundamental mudar para ter uma comunidade mais competitiva?

Considero que a astronomia brasileira está estagnada, essencialmente desde o início dos anos 2000, apesar do crescente número de pessoas (sobretudo jovens) que se interessa em trabalhar na área. Sendo uma ciência eminentemente observacional, o país carece de meios avançados e modernos para acompanhar, de maneira minimamente competitiva, os países do primeiro mundo. A pesquisa em astronomia no Brasil sofreu uma forte expansão a partir dos anos 1980, com a instalação do telescópio de 1,80 m do LNA. A partir daí, a formação de jovens pesquisadores (mestres e doutores) se acelerou, e essa expansão perdurou por praticamente duas décadas. Desde o início do século 21, a estratégia que dominou a política do MCTI para a astronomia foi limitativa, na medida em que se baseou essencialmente em conseguir pequenas frações de tempo em alguns

poucos telescópios internacionais, que não eram absolutamente suficientes para atender à demanda já importante da jovem comunidade. A situação perdura até hoje, mas temos a esperança de que possa existir uma mudança possível no horizonte.

RBA: Conte-nos brevemente sobre sua participação no projeto Corot. A partir desta experiência o que te fez construir a participação do Brasil no Plato?

Já falei um pouco a respeito do CoRoT acima. Acrescentaria o seguinte, sobre o PLATO. Enquanto o CoRoT ainda voava, um grupo de participantes nesse experimento e outros europeus não participantes submeteu à ESA o projeto de um grande satélite (4 vezes mais caro que o CoRoT, e com área de detecção 5 vezes maior), chamado PLATO (*PLANetary Transits and Oscillations of stars*). Sabendo disso, solicitei que o Brasil participasse, já que nossos engenheiros haviam demonstrado com sucesso reconhecido um excelente *know-how* no tratamento de imagens e correção de movimentos do CoRoT, e que muitos membros da comunidade brasileira estariam interessados, tanto em asterossismologia, quanto em pesquisas com exoplanetas. Meu pedido foi aceito, e o Brasil é hoje o único país não-europeu, de um total de 13, a participar do projeto PLATO. Essa participação, não apenas permitirá que cientistas brasileiros possam fazer ciência de ponta com os dados de alta qualidade do satélite, mas também que nossos engenheiros incrementem seu *know-how* em técnicas espaciais avançadas, desenvolvendo novas equipes, formalizando colaborações com colegas europeus, sendo tudo isso essencial para que possamos ter um dia um programa especial robusto e independente. Além de outros tipos de ciência que poderão ser feitos com os dados do PLATO, esse grande sa-

télate centrará suas observações em estrelas próximas de tipo solar, buscando localizar terras e superterras na Zona Habitável. Ele abrirá, portanto, novas perspectivas para as ciências planetárias e para a astrobiologia.



Acima: Em 2009, juntamente com Albert Bruch, então diretor do LNA, Janot-Pacheco entrega ao Ministro de C&T, Sérgio Resende, o Plano Nacional de Astronomia, elaborado pela SAB, sociedade que era por ele presidida.

RBA: O Brasil vem tentando se associar ao ESO (*European Southern Observatory*). Qual sua opinião sobre isso? Que impacto você acha que esta associação teria para a astronomia brasileira?

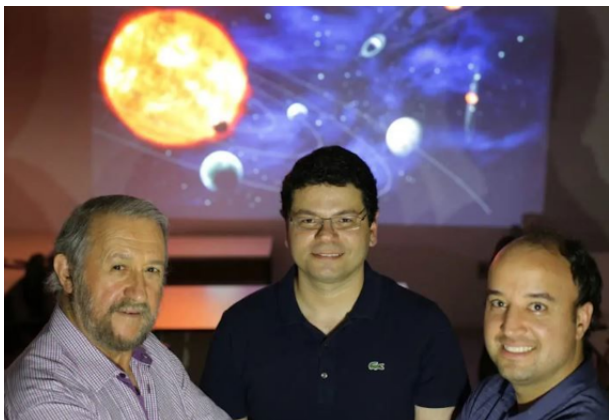
Como já disse, considero que a comunidade astronômica brasileira não tem condições de se desenvolver há pelo menos uma década, por falta de acesso suficiente a meios de observação adequados. Desde 2009, um grupo de pesquisadores iniciou um movimento para que o Brasil aderisse ao ESO. O Ministro de C&T da época, Sérgio Resende, que sempre apoiou a área, encarregou-me, na qualidade de presidente da SAB, de redigir um Plano Nacional de Astronomia (PNA), que deveria nortear os investimentos do Ministério pelos próximos 5 anos. Organizei então uma ampla discussão lidera-

da pela SAB, com grupos de trabalho por área da Astronomia, que envolveram cerca de 70 pesquisadores de todo o país. Fui então o relator do PNA, que foi entregue ao Ministro em 2010. Um dos itens importantes do plano foi a recomendação de que o Brasil aderisse ao ESO, na medida em que essa opção era — de longe — a melhor para o país, frente as demais que envolviam os outros dois grandes telescópios: o GMT e o TMT. A razão é muito simples: contrariamente a termos uma pequena participação num desses telescópios gigantes, o ESO nos oferece uma dúzia dos maiores, melhores e mais bem equipados telescópios existentes no planeta, num regime de mérito científico. Seu telescópio gigante terá 40 metros de diâmetro, muito maior que os outros dois. O ESO é o campeão em produção científica e desenvolvimento tecnológico, e tem como filosofia a de fazer com que a participação de cada Estado-Membro seja a mais forte possível, estimulando colaborações entre eles. Cada novo país que aderiu ao ESO (p. ex., Portugal, Tchêquia, Polônia) se beneficiou de um forte avanço científico e nas tecnologias de ponta ligadas à Astronomia e até mesmo na espacial. O contato da comunidade astronômica brasileira com o ESO provocaria certamente em poucos anos uma



Acima: Em 2010, no Chile, durante o congresso AstroBio.

mudança qualitativa em nosso patamar científico e de desenvolvimento tecnológico. Lamentavelmente, os sucessivos governos após 2010 não completaram o projeto de adesão do Brasil ao ESO, apesar de termos conseguido fazer aprovar o acordo internacional respectivo pelo Congresso Nacional em 2015. Esperemos que o governo atual tenha a visão de futuro suficiente larga para que isso ocorra em breve.



Acima: Janot-Pacheco e os engenheiros Fábio Fialho e Victor Marchiori compõem o principal time de brasileiros que atua no desenvolvimento do satélite PLATO.

RBA: Conte-nos um pouco sobre o que te levou a criar a Sociedade Brasileira de Astrobiologia?

O Primeiro Workshop Brasileiro de Astrobiologia foi realizado em 2006 no Rio de Janeiro, promovido por pesquisadores do INPE, UFRJ e USP. Em meados dos anos 2010, foi ficando evidente que havia no Brasil, um bom número de cientistas e estudantes interessados em Astrobiologia e seus vários aspectos, muitos deles já trabalhando na área. Na verdade, isso era o reflexo de um movimento mundial, iniciado nos EUA e na Europa desde o final da década de 1990, e com a missão Galileo e em seguida a Cassini-Huygens, que estudaram com grande detalhe os sistemas de Júpiter e Saturno, respectivamente. Hoje em dia, estima-se haver

no mundo milhares de pesquisadores trabalhando em Astrobiologia. O Brasil não poderia ficar fora desse movimento, e liderei um grupo de pesquisadores de alta qualidade para fundarmos a SBAstroBio, em 2017. Ela desempenha um papel importante de organização e estímulo da área no país.

RBA: O que continua mantendo tua paixão pela Astronomia?

Justamente, o que mantém minha paixão pela Astronomia é que essa paixão nunca esmoreceu e até se acentuou desde os anos 60, na medida em que a disciplina nunca parou de crescer e de revelar novas descobertas e fenômenos, muitas vezes no limite da física conhecida. Juntamente com a biologia e ciências afins, a Astronomia é indubitavelmente uma das áreas de pesquisa mais produtivas em termos de resultados sobre a qual a humanidade se concentra desde meados do século 20. Isso pode ser constatado através do importante volume de investimentos e dos grandes projetos que são dedicados a ela, mesmo em tempos de crise como o atual •

Eduardo Janot-Pacheco foi entrevistado por Reinaldo Ramos de Carvalho em junho de 2021.



Lixo espacial

O grande desafio para os satélites artificiais

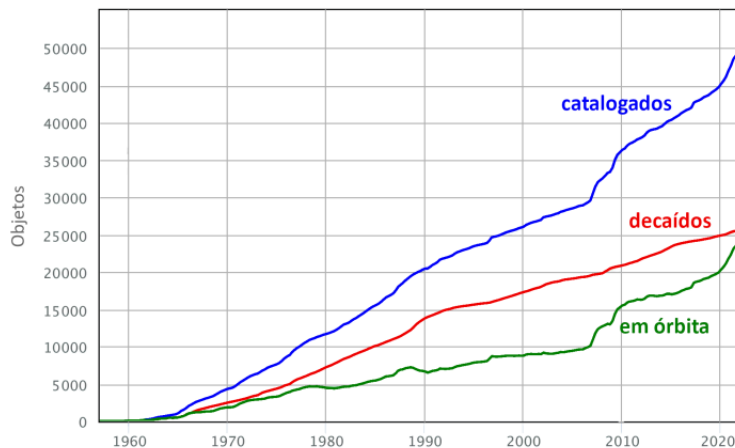
O aumento no número de satélites em órbita parece ser uma consequência inevitável do desenvolvimento tecnológico. Mas isso traz um custo em termos ambientais.

Há mais de 130 milhões de objetos girando ao redor da Terra, segundo estimativas feitas pela ESA e NASA. Entretanto, só conseguimos catalogar um pouco menos de 50 mil desses objetos, pois a maior parte desses corpos tem um diâmetro menor que 10 cm o que dificulta muito o rastreamento. Desse total catalogado, atualmente, apenas 4644 são satélites ativos e cerca de 23400

ainda estão em órbita. O restante é “lixo espacial”.

Para termos uma ideia do crescimento da população espacial, na época do lançamento do Telstar, primeiro satélite para uso comercial, em 1962, tínhamos 340 objetos catalogados sendo 116 ativos. Ou seja, não só aumentou a quantidade de corpos orbitando a Terra, mas também a proporção entre satélites ativos e inativos.

Mesmo os objetos menores po-



	Em órbita	Decaídos	Total
Carga útil	7465	3628	11093
Detritos	15638	21820	37458
Total	23101	25448	48549

Acima

Representação gráfica dos objetos catalogados e rastreados pelo *space-track* em 01/07/2021. Todos os objetos decaídos são de órbita baixa.

Na página anterior

Representação da quantidade de objetos orbitando a Terra. A escala de tamanho dos corpos está exagerada para facilitar a visualização. A maior parte dos objetos é menor do que 10 cm. A região LEO (*Low Earth Orbit*) é a mais ocupada (Crédito: Carsten Wiedemann).

dem causar danos aos satélites operacionais, pois voam a velocidades altíssimas, por isso é importante investir na expansão da capacidade de rastreamento desses objetos.

Atualmente, há várias iniciativas para tratar o problema do lixo espacial. Uma técnica que tem se tornado cada vez mais comum é a utilização de telescópios para determinar a órbita dos objetos desativados. A grande vantagem é conseguir rastrear objetos bem menores com telescópios maiores.

Lixo espacial: um problema global

Embora nem todos os países sejam fabricantes ou lançadores de satélites e missões espaciais, a utilização de satélites, especialmente para comunicações, é parte da realidade de todos. Por isso, pen-

sar em soluções para reduzir o risco de colisão no espaço é do interesse de todos. Além disso, as ações tomadas por um país afetam toda a comunidade espacial.

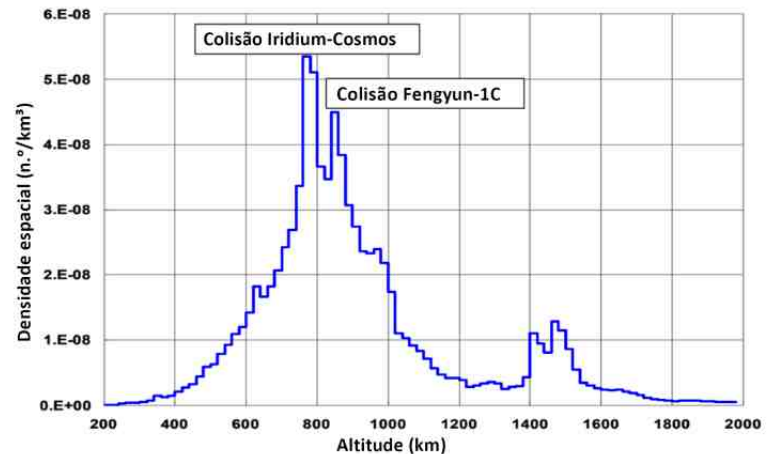
Por exemplo, em janeiro de 2007, a China lançou um míssil para realizar um teste balístico e explodiu seu satélite Fengyun-1C que estava inativo. A destruição criou uma nuvem de detritos com mais de 3000 pedaços de lixo espacial que rapidamente se espalhou por uma grande região da órbita da Terra, cobrindo entre 300 a 2000 km de altitude. Muitos desses pedaços permanecem na órbita polar original, principal localização para muitos satélites de observação, incluindo satélites meteorológicos e de clima operados por agências espaciais mundiais. Esses fragmentos também colocam em risco todas as missões que atravessam essa região orbital. Embora tenha sido uma decisão local, o efeito foi global. Não houve penalidade, pois não há legislação para isso.

Outro evento marcante ocorreu em fevereiro de 2009. Um satélite ativo de comunicação comercial da constelação americana Iridium e um inativo de comunicação militar russo colidiram acidentalmente a uma altitude de 800 km. A colisão criou mais de 2000 pedaços de lixo que se espalharam ao longo e em volta de antigas órbitas de satélites e agora ameaçam outros satélites na região LEO (*Low Earth Orbit*), a órbi-

ta baixa terrestre, que fica abaixo de 2000 km. Esse foi o evento mais marcante para a comunidade de operadores de satélite, pois marcou a primeira perda total de um satélite ativo. A empresa que controlava o Iridium recebeu uma notificação sobre o risco de colisão, mas alegou que não teve tempo de agir.

Segundo a NASA, só esses dois acidentes aumentaram o lixo na região onde orbitavam em aproximadamente 70%, representando um maior risco de colisão para veículos que estejam próximos a eles. Após esses episódios, o investimento em técnicas para mitigar o risco de colisão no espaço se intensificou.

Desde 2002, a UIT (União Internacional de Telecomunicações), pede às empresas que adotem medidas para reduzir o risco de colisão no espaço. Para os satélites na órbita geoestacionária, onde a força atração da gravitacional já não é suficiente para trazê-los de volta à Terra, as empresas devem ter reserva de combustível para, ao fim da vida útil, serem retirados da órbita e colocados na órbita-cemitério, que fica cerca de 300 km acima da órbita geo. Essa operação minimiza o risco de colisão com satélites operacionais e libera as posições orbitais para novos satélites operacionais. Porém, mesmo depois de desativados, os satélites continuam sendo monitorados por órgãos como o *Space-Track* para ga-



rantir a segurança.

Já para os objetos de órbita baixa lançados após essa data, os responsáveis devem ter um plano de reentrada segura na Terra. Porém, até essas normas entrarem em vigor já existiam muitos objetos vagando pelo espaço. Além disso, em caso de falha pode não ser possível realizar essas operações. No Brasil, a Anatel também pede que os operadores apresentem planos de mitigação do risco de acidente no espaço.

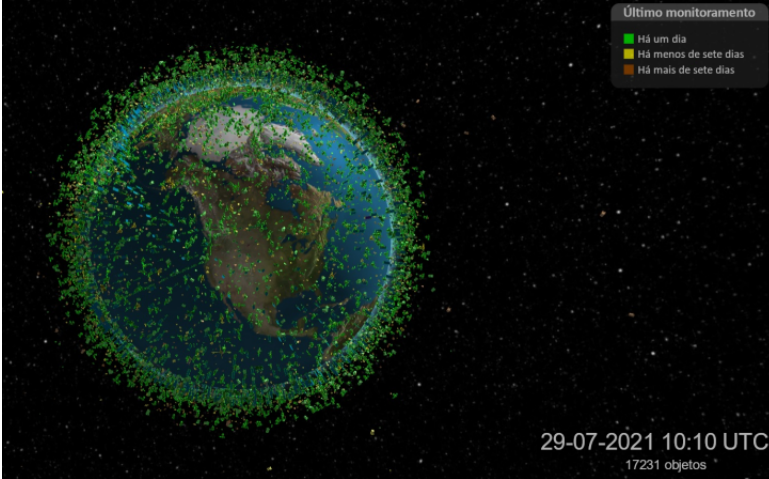
O maior desafio para a limpeza do espaço é encontrar formas economicamente viáveis.

Para reduzir o impacto e preservar o uso do espaço, as operadoras de satélite têm-se engajado e investido cada vez mais.

Por exemplo, após o acidente entre o Cosmos e o Iridium, as grandes empresas do setor promoveram a criação da *Space Data Association* (SDA), associação sem fins lucrativos que realiza um trabalho colaborativo para tratar da segurança espacial. Hoje ela conta com mais de 60% dos ope-

Acima

Representação do aumento da densidade populacional nas regiões das colisões do Iridium e Fengyun.



Acima

Ilustração dos objetos ativos em órbita baixa incluindo as todas as constelações ativas em julho de 2021.

Abaixo

Rede de sensores utilizados pela defesa americana para rastrear e catalogar os objetos que orbitam a Terra. Essa é a principal de rede de rastreamento orbital que temos.

radores globais associados e trabalha para expandir a rede de cooperação e aumentar a segurança espacial com baixo custo. O SDA é um excelente exemplo de trabalho em conjunto, pois as empresas fundadoras e gerenciadoras da organização são competidoras no mercado, mas se uniram para minimizar o problema do lixo espacial.

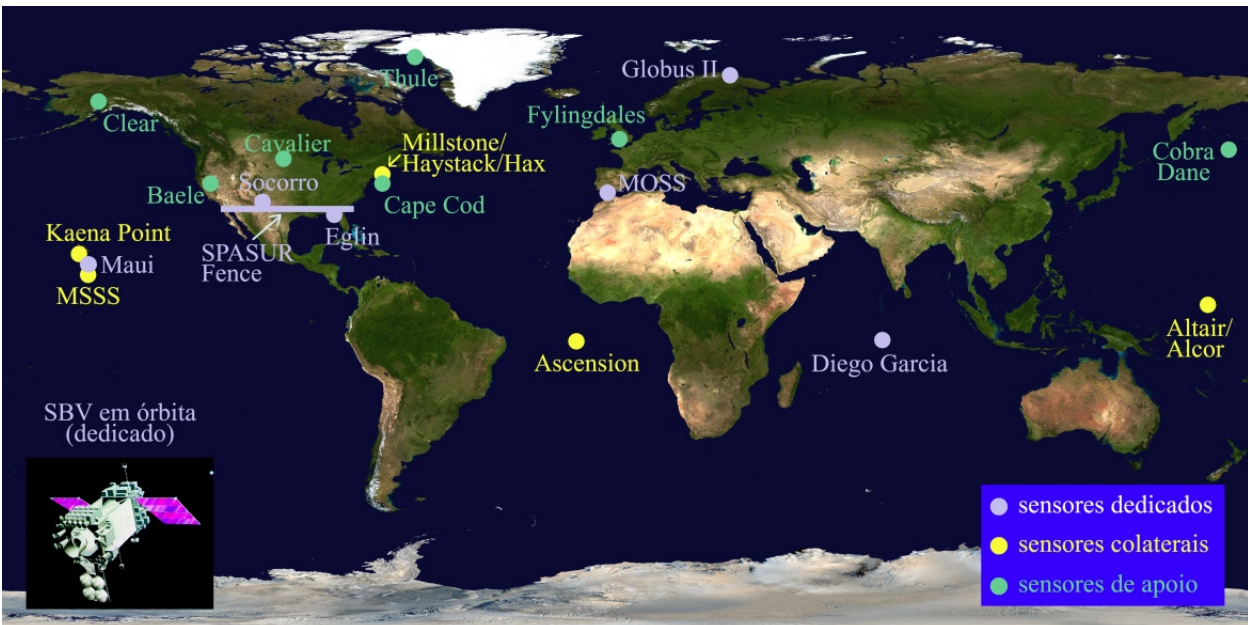
E os desafios não param de sur-

gir: a chegada de grandes constelações de satélites intensifica a preocupação com a segurança. Atualmente, há 15 constelações em órbita sendo a maior delas a *Starlink* com 1735 satélites em órbita e planos de lançar mais de 30 mil objetos. A *Oneweb*, que já conta com 218 satélites em órbita, está propondo lançar uma constelação de 48 mil satélites. A Amazon, com o projeto Kuiper, também fala em lançar mais de 30 mil satélites.

Essas propostas inovadoras e audaciosas têm agitado o setor de vigilância espacial e muitas iniciativas e estudos vêm sendo feitas para contornar esse problema que já é uma realidade.

Como contornar o problema?

Idealmente, deveríamos criar mecanismos para remoção de todo o lixo espacial que enviamos ao



espaço. Porém, para a região da órbita geo, isso continua inviável, pois seu custo, tanto operacional quanto financeiro, é altíssimo. Nesse caso, o melhor que podemos fazer é rastrear e monitorar a maior quantidade possível de objetos e manter as boas práticas operacionais para remoção dos satélites ao final da vida e desvio de qualquer ameaça de colisão.

Já para as órbitas média e baixa temos algumas iniciativas muito promissoras.

Em 2018, o projeto RemoveDEBRIS, que é um consórcio de várias instituições liderado pela Airbus, demonstrou capacidade para remover 2 grandes objetos do espaço. Essa iniciativa pretende criar mecanismos viáveis para a limpeza espacial.

Uma outra tentativa de remoção de detritos espaciais deve ocorrer daqui a cinco anos pela *startup* suíça ClearSpace. Ela ganhou no fim do ano passado a licitação da ESA (Agência Espacial Europeia) para iniciar uma missão que levará sondas coletoras para trazer de volta parte da população do lixo espacial. A empresa vê nos "caminhões de reboque" do espaço um futuro promissor.

A agência espacial Russa investiu em um projeto que utilizará uma espécie de canhão de laser para desviar a órbita de detritos espaciais e trazê-los de volta à Terra de forma segura. Iniciativa similar está em desenvolvimento no Japão. Porém, o laser será utili-

zado pela agência espacial japonesa, JAXA, diretamente no espaço.

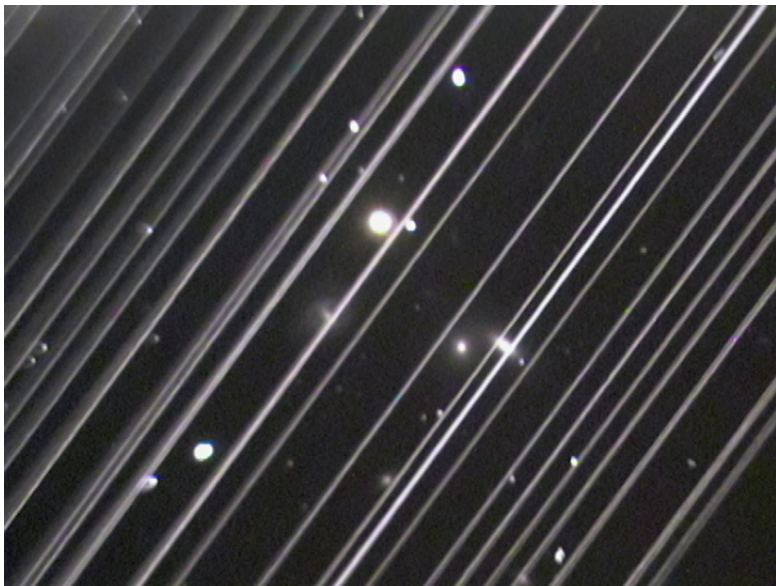
A Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC), um fórum governamental internacional de experts, para a coordenação mundial de atividades relacionadas com questões do lixo espacial, lançou em julho desse ano a terceira revisão do guia de recomendações e boas práticas para tratar o problema do lixo espacial.

É fato que começamos a explorar o espaço sem planejamento para as consequências futuras, po-

Nome	Número de satélites
SpaceX - Starlink Constellation	1735
OneWeb	218
Planet - Flock	193
Spire	128
Swarm Technologies - SpaceBEEs	93
Iridium NEXT	75
ORBCOMM	60
Satellogic	23
Planet - SkySats	21
NOAA (Active)	12
BlackSky	7
DigitalGlobe	6
ICEYE	5
Fleet Space Technologies	4
RadarSat	3



Acima
Imagem ilustrativa de um projeto da agência espacial japonesa para utilizar lasers na remoção do lixo espacial (Crédito: JAXA).



Acima

Observação feita em 2019 do grupo de galáxias NGC 5353/4 mostra a interferência dos satélites *Starlink*, lançados alguns dias antes (Crédito: Victoria Girgis/Lowell Observatory).

rém estamos investindo recursos científicos, tecnológicos e financeiros para deixar o ambiente espacial mais utilizável.

Além do lixo espacial

As mega constelações têm sido um grande desafio não só para o gerenciamento do lixo espacial, mas igualmente para a comunidade científica. Os primeiros satélites da constelação *Starlink* tinham magnitude aparente em torno de 2, similar à estrela Polaris que é facilmente visível a olho nu. Os satélites começaram a aparecer em várias imagens de observações astronômicas. A União Astronômica Internacional organizou um comitê para discutir o problema e passou a trabalhar junto com a SpaceX, fabricante da constelação *Starlink*, para encontrar formas de mitigar o efeito.

Após alguns testes, os satélites fabricados após maio de 2020 foram revestidos por um material

que escurece seu corpo principal, para reduzir seu brilho e interferir menos nas imagens astronômicas.

Embora tenha reduzido o problema, essa técnica não elimina totalmente o efeito. Primeiro porque a magnitude dos satélites continua alta para um telescópio — em torno de 6 para objetos a 500 km de altitude. Segundo que não há garantias de que outras empresas vão aderir a essa iniciativa. E, ainda, há os satélites já lançados que continuam ofuscando os astros.

Outro efeito relevante é a ocupação do espectro na faixa de rádio. A alta demanda dessas constelações utiliza quase todas as frequências de rádio, deixando pouco espaço para a radioastronomia.

A UIT (União Internacional de Telecomunicações) pediu que as empresas e comunidade científica entrassem em acordo para utilização do espectro. A SpaceX e OneWeb concordaram em não usar as frequências mais altas que são mais eficientes para radioastronomia. Porém, o desafio continua, pois as antenas de solo irradiam grande parte do sinal recebido e pode afetar os radiotelescópios •

Erika A. de Souza-Rossetto
Space Data Association
erika.rossetto@embratel.com.br



Observatório do Valongo

140 anos

Em 1881 surgiu, no Rio de Janeiro, um observatório que veio a se constituir como fundamental no ensino e pesquisa de Astronomia no Brasil.

Falar sobre a história do Observatório do Valongo é contar não só sobre a história da Astronomia no Brasil, mas também do ensino das Ciências no país.

Quando comemoramos os 140 anos da fundação do OV, como é carinhosamente conhecido, é um grande prazer poder compartilhar com a comunidade astronômica, e com todo o público que alcança essa revista, essa história, tão in-

teressante e ainda pouco conhecida pela maioria das pessoas. Falha nossa, que espero estar corrigindo agora.

Após a chegada dos europeus no país, podemos destacar a construção do primeiro observatório astronômico em meados do século XVII, no Recife, pelos holandeses e, já no fim do século XVIII, no Rio de Janeiro, com as primeiras observações sistemáticas, feitas pelo português Bento Sanches Dor-



Acima

Planta da Cidade do Rio de Janeiro em 1820, mostrando abaixo, próximo ao centro, o Morro do Santo Antônio, e à direita deste, o Morro do Castelo. Os dois observatórios mais antigos do Brasil surgiram no topo de cada um desses morros.

Na página anterior

Vista da fachada do Pavilhão Luís Eduardo da Silva Machado, prédio principal do Observatório do Valongo.

ta, no Morro do Castelo, local onde se instalaria meio século depois o Imperial Observatório do Rio de Janeiro, precursor do atual Observatório Nacional.

Historicamente, os observatórios astronômicos na época do Brasil Colônia foram criados sobre a ótica do ensino, posto que era nas academias militares que a Astronomia tinha sua maior utilização, ligada à navegação e à Geodésia.

Com a chegada da corte portuguesa ao Brasil em 1808, veio junto a Academia Real dos Guardas-Marinha, onde era ensinada Astronomia Aplicada à Navegação e foi alocada no Mosteiro de São Bento.

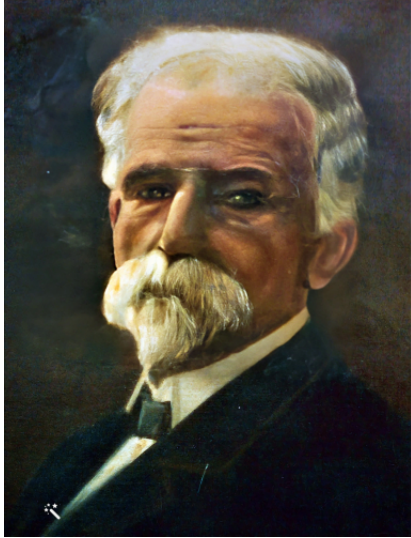
Pouco depois, em 1810, foi criada a Academia Real Militar, onde eram formados os engenheiros geógrafos e topógrafos do Exército, instalada inicialmente na Ponta do Calabouço e depois no

prédio localizado no que hoje é o Largo de São Francisco.

Apenas em 1827 foi criado, por um decreto de D. Pedro I, o Observatório Astronômico, que só foi efetivamente implantado em 1846, como Imperial Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, ligado à Escola Central, com o objetivo de formar os alunos da Escola Militar e da Academia da Marinha, treinados em determinar a latitude e a longitude, com o objetivo principal de demarcar os limites territoriais do Brasil e na prática da navegação astronômica. Em 1858, a Escola Militar passa a se chamar Escola Central e, em 1871, Emmanuel Liais, diretor do Observatório desliga-o da Escola Central, mudando o seu direcionamento para a pesquisa astronômica e o fornecimento da hora, não mais apoiando as atividades didáticas para os militares.

Em 1874 foi criada a Escola Politécnica, para separar o ensino civil da Engenharia do militar, mas o ensino da Astronomia não tinha um observatório para as práticas astronômicas, embora fosse previsto no decreto de criação da Escola. Somente em 1879 foi aprovada a adaptação de um pequeno observatório em um dos seus terraços.

Todavia, um pouco antes, Manuel Pereira Reis, professor da Escola, ex-astrônomo do Imperial Observatório e membro da Comissão de Astronomia do Ministério da Agricultura, havia solicitado ao



Ministério dos Negócios do Império a permissão para a instalação, no Morro de Santo Antônio, de instrumentos para trabalhos de Meteorologia e Astronomia. Permissão concedida, foi construído um modesto observatório, através de donativos do professor Joaquim Galdino Pimentel, e do então bacharel André Gustavo Paulo de Frontin e do próprio Pereira Reis, iniciando as suas atividades em setembro de 1880, com instrumentos provenientes de alguns órgãos públicos.

E, menos de um ano depois, os três oficializaram na sessão da Congregação de 5 de julho de 1881, a cessão à Escola Politécnica dos direitos que tinham sob o observatório que haviam construído. Funda-se assim, nessa data, o Observatório Astronômico da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, com a principal missão de ser utilizado para o ensino da Astronomia e da Geodésia.

O Observatório Astronômico da

Escola Politécnica ficava localizado no ponto mais alto do morro de Santo Antônio, no centro da Cidade do Rio de Janeiro, e ocupava uma área de cerca de 7000 m² com seus instrumentos instalados em seis pavilhões.

Lá, em 1910, foi instalado a luneta refratora Cooke & Sons comprada por Pereira Reis que, com uma distância focal de 5,5 m e uma objetiva de 30 cm foi, por mais de 10 anos, o maior instrumento em operação no país.

Assim, após a sua fundação, o Observatório Astronômico da Escola Politécnica, seguiu ministrando suas aulas práticas no Morro de Santo Antônio até 1924, quando devido ao desmonte do morro por conta das comemorações do centenário da independência, foi transferido para a Chácara do Valongo, no Morro da Conceição, a pouco mais de um quilômetro de seu sítio original.

A transferência aconteceu entre os anos de 1924 e 1926, perí-

Acima

Esquerda: Manoel Pereira Reis que nasceu em Salvador em 1837, e morreu em Barbacena, em 1922, foi o fundador do Observatório da Escola Politécnica, que posteriormente se tornou o Observatório do Valongo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Este quadro (óleo sobre tela) está em exposição no Museu da Escola Politécnica.

Direita: Portão de entrada do Observatório Astronômico da Escola Politécnica no Morro do Santo Antônio, em 1921.



Acima (topo)

Cúpula da luneta Cooke & Sons, aberta e com o instrumento visível, ainda no prédio do Morro do Santo Antônio, em 1920.

Acima (baixo)

Vista aérea do Morro do Santo Antônio, já com o desmonte iniciado, onde pode-se ver os prédios do Observatório e a cúpula da luneta Cooke & Sons no centro da imagem, em 1922.

odo em que foram realizadas as obras necessárias para as acomodações dos instrumentos e dos profissionais. As aulas continuaram regularmente até o final da década de 1930, quando o observatório foi sendo cada vez menos utilizado, até ficar sem nenhuma atividade conhecida até o final da década de 1950.

No ano de 1957 dois astrônomos do Observatório Nacional, Alércio Moreira Gomes e Mario Ferreira Dias, propuseram a criação do primeiro Curso de Graduação em Astronomia ligado a Faculdade Nacional de Filosofia (FNFfi) da então Universidade do Brasil, o que foi aprovado pela Congregação, fi-

cando a organização do Curso a cargo da Comissão composta pelos professores Eremildo Vianna, João Christovão Cardoso, Leite Lopes e José Abdelhay. Logo após junta-se aos dois outros astrônomos do Observatório Nacional Luiz Eduardo da Silva Machado. E, no ano seguinte, em acordo com a Escola Nacional de Engenharia, a Faculdade Nacional de Filosofia passa a ter acesso às instalações do então Observatório do Morro de Valongo para as aulas práticas do curso recém-criado.

No decorrer da década de 1960, melhor estruturado, o Observatório se consolidou como uma instituição dedicada tanto à pesquisa científica e aos trabalhos de rotina astronômica, quanto às aulas práticas do Curso de Astronomia. Outra inovação deste período foi a montagem de um pequeno, mas funcional, laboratório fotográfico.

Em 1967, com a reestruturação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, extingue-se a Faculdade Nacional de Filosofia; o Curso de Astronomia fica ligado ao Instituto de Geociências e o Observatório passa a ser uma unidade independente, denominando-se Observatório do Valongo. Entre 1968 e 2002, o curso de Astronomia, ainda que ligado ao Instituto de Geociências, ministrava as aulas das disciplinas teóricas e práticas nas dependências do Observatório. A partir de 2002, o Curso de Graduação em Astronomia foi definitivamente incorporado ao Observató-

rio do Valongo que ganhou status de Unidade Acadêmica da UFRJ; no ano seguinte, criou-se o Programa de Pós-graduação stricto sensu de Mestrado e Doutorado em Astronomia.

O conjunto instrumental do Observatório teve um importante acréscimo no início da década de 1970, com o recebimento de equipamentos provenientes do acordo firmado entre o Brasil e as Repúblicas Democrática Alemã e Popular da Hungria, como o telescópio Coudé, um celostato, o comparador Blink e o leitor de placas astrográficas Ascorecord. Também nessa década foi instalado um relógio atômico que fornecia a hora certa, por telefone, para a população.

Ao longo dos anos, com a finalidade de cumprir a sua missão como apoio ao ensino da Astronomia no Brasil, o observatório foi adquirindo os instrumentos cien-



tíficos necessários. Infelizmente muitos se perderam ao longo do tempo, mas, aqueles que conseguiram sobreviver formam hoje a Coleção de Instrumentos Científicos do Observatório do Valongo, coleção essa que transcende o valor material de seus objetos, contando a história do ensino da Astronomia no Brasil.

Entre esses objetos um, em especial, se sobressai: a luneta equatorial Pazos. Fabricada em 1880,

Acima

Chácara do Valongo, para onde o Observatório foi transferido entre 1924-1926 e da qual herdou o nome pelo qual passou a ser conhecido.

Abaixo, à esquerda

Leitor de placas astrográficas Ascorecord Zeiss Jena, utilizado para determinar posições de asteroides. Vários foram descobertos e alguns levam o nome de professores do observatório.





Acima

Esquerda: Luneta equatorial Pazos. Fabricada em 1880, no Rio de Janeiro, pelas Oficinas de Óptica e Instrumentos Científicos de José Hermida Pazos.

Direita: *Casa da Bruxa*, pavilhão que abriga a luneta Pazos, em foto da década de 1960.

no Rio de Janeiro, pelas Oficinas Óptica e Instrumentos Científico de José Hermida Pazos, foi um dos primeiros instrumentos adquiridos para ser utilizado pelo Observatório Astronômico da Escola Politécnica e, ao que tudo indica, foi o primeiro instrumento desse tipo com acompanhamento, totalmente construído no país, exce- tuando-se a objetiva, pois não havia fábrica de vidros à época por aqui. Foi o primeiro instrumento a ser instalado na Chácara do Valongo no pavilhão que veio a ser conhecido como *Casa da Bruxa*, devido ao formato de sua cúpula.

Um outro ponto a ser destacado é a interação entre o observatório e a comunidade, que se inicia já no começo da década de 1960, sob a forma de cursos de fotografia astronômica e palestras de divulgação da Astronomia para escolas

dos níveis fundamental e médio. A Extensão Universitária sempre foi um foco importante no Observatório, que durante toda a sua existência no atual local, sempre teve sua participação na divulgação da ciência na sociedade. Essa participação se tornou mais forte quando, a partir de 1998, as atividades de extensão passam a ser tratadas como um programa institucional, com coordenadoria própria. Atendendo a colégios públicos e privados e recebendo público externo, a extensão do Valongo tem contribuído, com o

envolvimento de todo o seu corpo social, para a divulgação da ciência de uma forma lúdica e correta.

O que foi aqui apresentado é apenas um resumo de fatos que considero mais marcantes nesse longo tra-

jecto dos 140 anos de existência do Observatório do Valongo; muito





mais há para ser contado. Desde o início, como Observatório Astronômico da Escola Politécnica, a história do OV se confunde com a história das ciências no Brasil e, em particular do Ensino e Pesquisa em Astronomia.

A valorização desse patrimônio fortalece a identidade da comunidade científica, e não só do Observatório do Valongo, e nos dá uma perspectiva histórica da trajetória dessa ciência no país, ajudando na construção de uma perspectiva do futuro que podemos construir para a Astronomia dentro da Sociedade •

Rundsthen Vasques de Nader
Univ. Fed. do Rio de Janeiro
rvnader@astro.ufrj.br

Acima
Observatório do Valongo no
Morro da Conceição.



J-PAS

Uma visão tridimensional do Universo em 56 cores

Imagine que seja possível desenvolver um sistema fotométrico que amostrasse o espectro eletromagnético dos astros como se fosse um espectrógrafo de baixa resolução. O J-PAS foi criado exatamente com esse propósito!

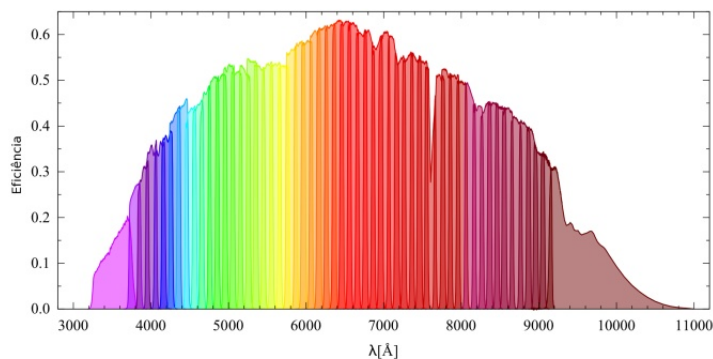
Um projeto único na astronomia mundial. Assim pode ser definido o *Javalambre Physics of the Accelerating Universe Astrophysical Survey*, ou simplesmente J-PAS. Com uma abordagem inovadora, esta iniciativa de observação sistemática do céu obteve sua primeira luz em junho de 2020 e está em fase de comissionamento para brevemente iniciar a cobertura de mais de 8000 graus quadrados do céu do hemisfério Norte de forma inédita. J-PAS é fruto de uma parceria Hispano-Brasileira constituída por quatro ins-

tituições: o Observatório Nacional (ON) e o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP) no Brasil, o Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA) e o Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) na Espanha.

J-PAS usa a câmera mosaico JP-Cam, uma das maiores câmeras astronômicas no mundo, de responsabilidade brasileira e desenhada especificamente para o projeto, acoplada ao telescópio JST/T250 de 2,5 m de diâmetro, localizado a 2 000 metros de altura, no Observatório Astronômico de Ja-

valambre, Pico do Abutre, em Teruel, Espanha, também criado especificamente para o projeto. O grande diferencial do J-PAS é sua abordagem inovadora de usar um sistema de 56 filtros contíguos de banda estreita, configurados com 100 Å de separação, além de 3 filtros de banda larga, cobrindo todo o espectro óptico e que permite observar objetos mais brilhantes que magnitude 22 em cada banda de frequência. Essa configuração de filtros combinada com um campo de visão gigante (maior que 22 Luas cheias) torna J-PAS uma poderosa máquina espectrofotométrica, que viabiliza a obtenção de espectros de baixa resolução (ou fotoespectros) para cada um dos 1,2 bilhões de pixels da câmera. A análise dos fotoespectros das fontes extragalácticas permite obter medidas de desvios para o vermelho, ou *redshifts*, com precisão de 0.3% e com a velocidade de observação do céu equivalente a um espectrógrafo de multiplexação com mais de 4000 fibras óticas.

A motivação primária do J-PAS é cosmológica, com particular interesse nas medidas da aglomeração da matéria no universo para caracterizar a chamada Energia Escura, que é responsável pela expansão acelerada do Universo. Para tal, é necessário medir as distâncias (i.e., os *redshifts*) precisas de centenas de milhões de galáxias a distâncias que vão além de 9 bilhões de anos-luz da Terra, e o J-PAS foi otimizado para isso. En-



tretanto, como consequência do seu design inovador, J-PAS deixará um imenso legado para praticamente todas as áreas da astronomia. Ele não somente permitirá um mapeamento tridimensional profundo do Universo, mas também produzirá uma quantidade gigante de dados para uma variedade de aplicações astrofísicas, incluindo evolução de galáxias, de aglomerados e grupos de galáxias, o estudo de diferentes populações estelares e transientes de vários tipos, incluindo supernovas e objetos do sistema solar. J-PAS permitirá também medições dos parâmetros cosmológicos por outras vias independentes, incluindo a estrutura em larga escala do universo e lenteamento gravitacional das estruturas intervenientes.

A câmera mosaico principal JPCam foi instalada e obteve sua primeira luz técnica em 29 de junho de 2020. Anteriormente à sua instalação, uma câmera interina chamada *Pathfinder*, com um único CCD idêntico aos 14 instalados na JPCam, realizou diferentes “provas de conceito” para o J-PAS em á-

Na página anterior
Cúpula dos telescópios JST/T250 e do JAST/T80 no Observatório Astronômico de Javalambre, em Teruel, Espanha.

Acima
A eficiência na transmissão de cada filtro do J-PAS, cobrindo o espectro óptico. Cada um dos filtros de banda estreita tem largura de 145 Å, enquanto as larguras dos filtros de banda larga variam em torno de 500 Å ou mais.



Acima
Parque de telescópios do Observatório Astronômico de Javalambre.

reas limitadas do céu e, em particular, no campo celeste AEGIS (do inglês *All Wavelength Extended Groth Strip International Survey*) para testar a capacidade do J-PAS e fazer pré-comissionamento do Telescópio principal JST-T250. Esse levantamento celeste preliminar foi chamado de miniJPAS.

estimar os erros em *redshift* fotométrico com o miniJPAS. Os resultados atingiram os níveis previstos para o J-PAS confirmando 0,3% de precisão em *redshift* fotométrico para uma fração significativa das galáxias. Essa precisão também permitiu de maneira inigualável a detecção de várias dezenas de pequenos sistemas de galáxias (grupos) distantes no pequeno campo da miniJPAS, com massas tão pequenas quanto 10 vezes a massa da Via Láctea. Um dos aglomerados de galáxias mais interessantes encontrado no campo do miniJPAS é o mJPC 2470-1771. Com a massa equivalente a 300 bilhões de sóis e situado a 3 bilhões de anos-luz de nós, esse aglomerado apresenta uma estrutura morfológica peculiar, estendida na direção Leste-Oeste por aproximadamente meio milhão de anos-luz. Isso, juntamente com as propriedades do gás intergaláctico medidas por observações em raios X, sugere que o aglomerado pode ser uma colisão de dois aglomerados e o eixo de colisão é perpendicular à nossa linha de visada. Isso o torna um candidato interessante para elucidar as propriedades da cha-



Acima
Campo do aglomerado de galáxias mJPC 2470-1771 situado a 3 bilhões de anos-luz de distância, o que equivale a *redshift* de 0.289.

Apesar do campo do miniJPAS ser somente de 1 grau quadrado, os resultados do miniJPAS foram melhores do que o esperado, confirmando a qualidade prevista para os fotosspectros de algumas fontes estelares e extragalácticas que também têm espectros conhecidos. Várias linhas clássicas de absorção e emissão podem ser identificadas nos fotosspectros. Cerca de 3400 galáxias com *redshift* espectroscópicos foram usadas para

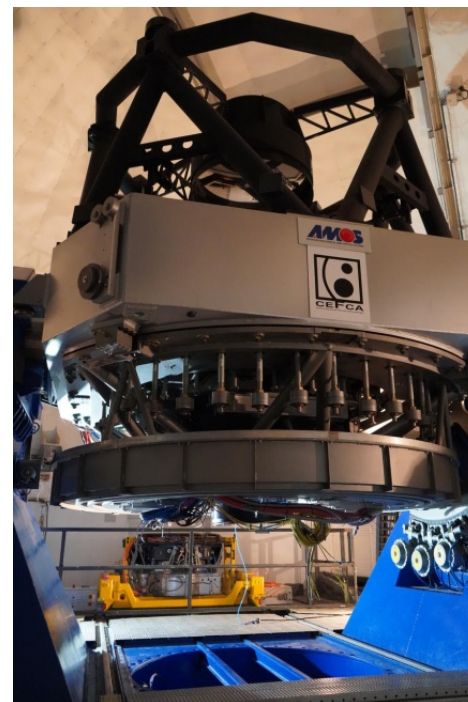
mada matéria escura, a qual pode ser responsável por mais de 80% da massa desses sistemas mas até hoje de natureza desconhecida. Cobrindo mais de 8000 graus quadrados, J-PAS observará mais de 400 milhões de galáxias e mais de meio milhão de aglomerados e grupos de galáxias com alta precisão, deixando o maior legado de fotoespectros extragalácticos conhecido, os quais, combinados com a recente inserção de técnicas de redes neurais artificiais permitirá também a detecção confiável de vários marcadores de formação estelar permitindo um estudo detalhado da formação estelar em galáxias em ambientes distintos e da evolução da produção de elementos pesados na história das diferentes galáxias.

As observações do J-PAS vão cobrir detalhadamente o halo da Galáxia, o que nos permitirá estudar a formação e evolução desta estrutura que é a mais velha da Galáxia. No halo galáctico encontramos os aglomerados globulares, correntes de maré (fragmentos resultantes da interação entre a Via Láctea e outras galáxias satélites menores), e a população de estrelas mais velhas da nossa Galáxia, formadas em um ambiente com composição química completamente diferente do que conhecemos hoje. O processo de evolução química da Galáxia, resultado da sucessão de gerações estelares e suas contribuições nucleossintéticas, fica registrado na distribuição de

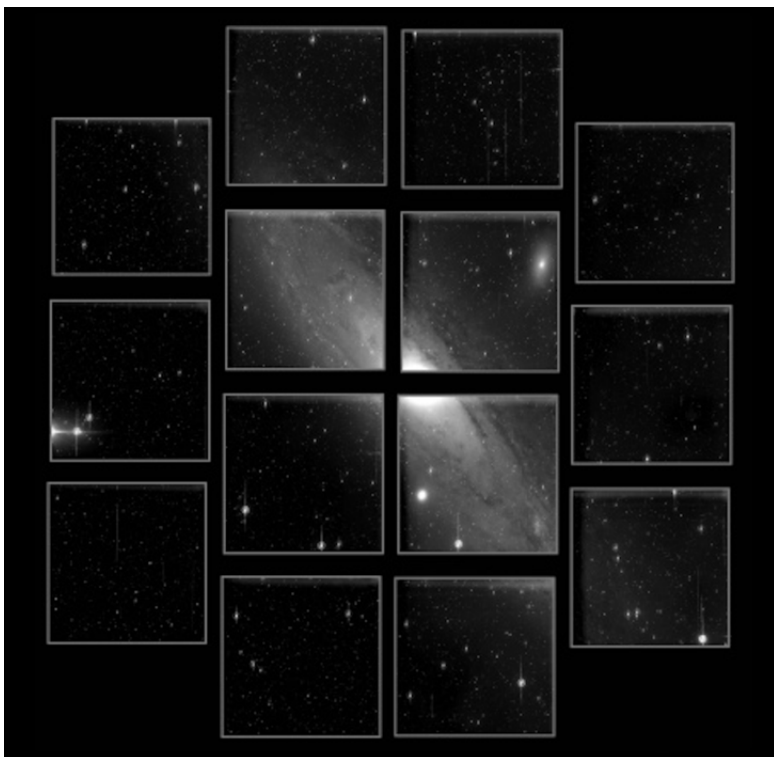
metalicidade das estrelas. Outros objetos da nossa Galáxia que podem ser estudados com os dados do J-PAS incluem anãs brancas, estrelas variáveis tais como RR Lyrae ou sistemas simbióticos, e pequenos corpos do Sistema Solar.

A imensa e homogênea base de dados do J-PAS oferece a oportunidade perfeita para realizar estudos de evolução e morfologia de galáxias através de suas populações estelares. O seu sistema fotométrico único baseado em filtros de banda estreita já demonstrou sua capacidade de identificar linhas de emissão presentes em espectros de quasares e núcleos ativos de galáxias (AGN). O mapa tridimensional do céu produzido com *redshifts* fotométricos de alta precisão permite identificar não somente aglomerados e grupos de galáxias, mas também a estrutura em larga escala do Universo, como filamentos e vazios (*voids*) cósmicos.

J-PAS gerou dois outros levantamentos celestes importantes com técnicas semelhantes porém voltados para o universo local: o J-PLUS (*Javalambre Photometric Local Universe Survey*), também realizado no OAJ, e o S-PLUS (*Southern Photometric Local Universe Survey*), realizado no Complexo As-



Acima
Telescópio JST/T250
de 2,55 m do OAJ.



Acima
 “Primeira-Luz” técnica da câmera principal JPCam com todos os 14 detetores mostrando o campo da galáxia de Andrômeda M31, a 2.5 milhões de anos-luz da Terra.

tronômico CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory), Chile, cobrindo o hemisfério sul. Esses dois levantamentos estão sendo realizados com telescópios de 80 cm de diâmetro e usando um sistema de 12 filtros, sendo 3 filtros em comum com J-PAS, 4 filtros amplamente usados em outros telescópios (bandas *g*, *r*, *i* e *z*) e 5 filtros estreitos que coincidem com as posições de algumas características espectrais importantes para diferentes casos científicos, tais como as linhas H e K do Ca II e o tripleto de Mg.

Para saber mais

J-PAS: www.j-pas.org

J-PLUS: www.j-plus.es

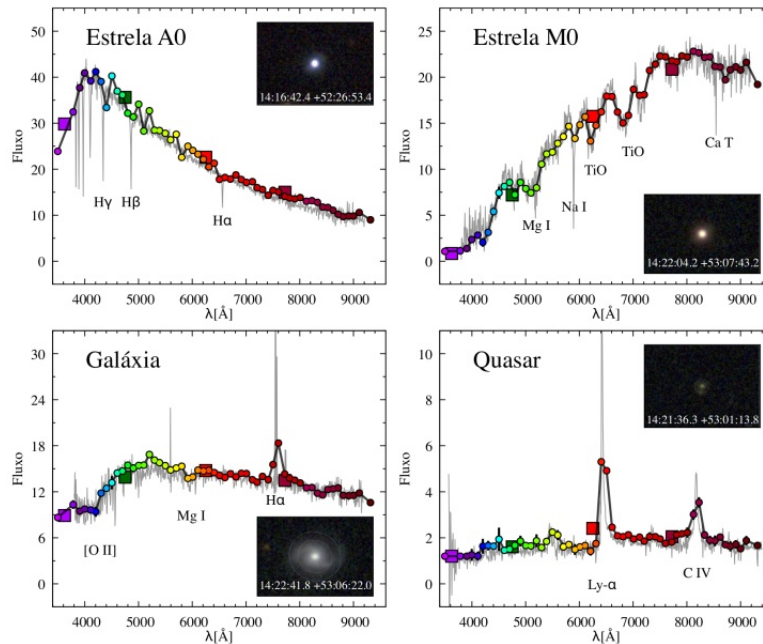
S-PLUS: www.splus.iag.usp.br

As observações do J-PLUS começaram em 2017, com um cronograma que prevê a liberação parcial a cada 1000 graus quadrados observados. Em julho de 2020, a segunda liberação de dados (*Data Release 2* ou DR2) disponibilizou dados fotométricos para 31 milhões de alvos distribuídos em 2176 graus quadrados de céu. A pandemia de Covid-19, que impactou o mundo inteiro, também teve reflexos no cronograma de observações do J-PLUS, que felizmente já foram retomadas. A próxima liberação de dados do J-PLUS está prevista para o início de 2023. As observações do S-PLUS correspondentes a 950 graus quadrados de céu foram disponibilizadas ao público em março de 2020, na ocasião do DR2 do S-PLUS.

Além das técnicas tradicionais de análise baseadas em calibrações fotométricas e ajustes da distribuição de energia espectral, a análise do impressionante volume de dados gerados pelo J-PAS claramente se beneficia do uso e aprimoramento das novas metodologias apoiadas em aprendizado de máquina e redes neurais artificiais, conforme mencionado acima. Para exemplificar: mesmo usando somente os 12 filtros do J-PLUS, estrelas com baixa metalicidade foram detectadas recentemente com o uso de redes neurais com uma taxa de sucesso de 85%. Se espera que o resultado seja ainda muito mais poderoso com os 56 filtros do J-PAS.

Dado o caráter único do J-PAS, é natural que ele tenha sinergia com outros programas astronômicos de solo ou espaciais. J-PAS tem acordos formais de trabalhos conjuntos com o projeto espacial eROSITA-DE de observação do céu completo em raios X, com o projeto espectroscópico WEAVE para observação de quasares a *redshifts* muito altos, e com o projeto JWST-NEP-TDF (Campo de Domínio Temporal do Pólo Eclíptico Norte pelo telescópio espacial James Webb), o qual envolve não somente os dados futuros do JWST, mas uma quantidade grande de dados atuais em uma grande variedade de frequências, focado em fontes variáveis extragalácticas.

J-PAS atualmente tem mais de 200 membros de vários países incluindo, além da Espanha e Brasil, Estados Unidos, México, Venezuela, Chile, Argentina, Portugal, Itália, Finlândia, França, Alemanha, Inglaterra, Suíça, Grécia, Estônia, Índia, China, Japão, República Checa, Israel e Taiwan. No Brasil, J-PAS tem membros de várias instituições, incluindo o Observatório Nacional, Universidade de São Paulo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal de Sergipe, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Universidade de Brasília, Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Fe-



deral do Rio Grande.

O financiamento para o J-PAS no Brasil, majoritariamente para o desenvolvimento da JPCam, veio através da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Observatório Nacional (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) •

Renato Dupke
Observatório Nacional
rdupke@on.br

Simone Daflon
Observatório Nacional
daflon@on.br

Acima

Fotospectros de 4 fontes observadas no miniJPAS: duas estrelas de tipos espectrais A0 e M0, uma galáxia e um quasar. Cada círculo colorido corresponde ao fluxo observado em cada filtro do J-PAS. As linhas cinzas representam espectros de baixa resolução já conhecidos.

Contra-cap

Detalhe do céu do hemisfério sul em Urubici (SC). A seção da Via Láctea nessa foto apresenta α e β Centauri, o Cruzeiro do Sul e as Nebulosas do Saco de Carvão e Eta Carinae, entre outros (Crédito: Luiz Ricardo Silveira).



S.A.B.