

Revista
Brasileira de

ASTRO NOMIA

Produzida pela Sociedade
Astronômica Brasileira

Ano 3 | Número 12

Astronomia nas Culturas

Estreia: Notícias do Universo

Buracos negros são realmente negros?

Uso da Astronomia no Ensino das Ciências

Carlos Alberto de Oliveira Torres: in Memoriam

Editorial

A relação da humanidade com o céu é tão antiga quanto a própria civilização. Sobreviver e prosperar exigiu de nossa espécie a capacidade de interpretar corretamente o ambiente, identificar os padrões de sazonalidade que afetavam a abundância de caça, favorabilidade ao plantio e colheita, facilidade de navegação, entre outras. Esses sinais vinham do céu, e por isso a observação meticulosa ganhou tamanha importância nas antigas civilizações, o que se refletirá na construção de monumentos ou registros de eventos, ainda hoje preservados e passíveis de serem estudados com o conhecimento da Astronomia clássica. Essa é uma das propostas da Arqueoastronomia, que aliada ao estudo do conhecimento astronômicos de povos atuais, compõe a Astronomia nas Culturas, tema principal desta edição.

Nas páginas que se seguem, o leitor também encontrará informações sobre outro uso cotidiano da Astronomia: como instrumento para instigar o interesse científico em crianças, uma tarefa muito importante em nossa década de alienação e negacionismo crescentes, pois a alfabetização científica deve ser um direito a todo cidadão.

Ainda, temos: a estreia de uma coluna, Notícias do Universo, que esperamos passar a oferecer nas próximas edições da revista; uma didática explicação sobre a Radiação de Hawking; e uma coletânea de textos dedicados à memória do colega Carlos Alberto de Oliveira Torres, sócio fundador da SAB, cuja contribuição para a Astronomia brasileira merece ser conhecida e louvada.

Um agradecimento especial a todos os autores brasileiros das fotografias gentilmente cedidas para compor essa edição: Rodrigo Guerra, Guilherme Warpechowski, Anderson Trogello, Daniel Mello, Renata Torres, Rundsthen Vasques de Nader e colegas do LNA.

*Helio Jaques Rocha Pinto
Presidente da Sociedade Astronômica Brasileira*

Esquerda

A estrela amarelada no centro é T Tauri, protótipo de uma classe de protoestrelas. Ela está parcialmente envolvida pela nebulosa NGC 1555. A estrela brilhante, mais azulada, é HD 27560 (Crédito: Adam Block/Mount Lemmon SkyCenter/University of Arizona).

Capa e contra-capas

Céu de Nova Petrópolis (RS) em outubro de 2020 (Crédito: Guilherme Drumm Warpechowski).

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,
David Dias Kappler de Souza

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 Notícias do Universo

David Kappler faz um compilado das principais notícias da Astronomia neste trimestre.

6 Astronomia nas Culturas

Flávia Lima conta como o conceito de Astroarqueologia se uniu à etnoastronomia na área de pesquisa chamada de Astronomia nas Culturas.

16 Buracos negros são mesmo negros?

João Paulo Morais explica com detalhes como surgiu o conceito de Radiação de Hawking.

25 A Astronomia no Ensino de Ciências

Usemos a Astronomia para instigar os alunos a se interessarem por Ciências, como propõe Adolfo S. de Campos.

32 Carlos A. O. Torres, in Memoriam

Coletânea de textos sobre o papel de Carlos A. de Oliveira Torres na Astronomia brasileira.

Ventos na Grande Mancha Vermelha estão acelerando

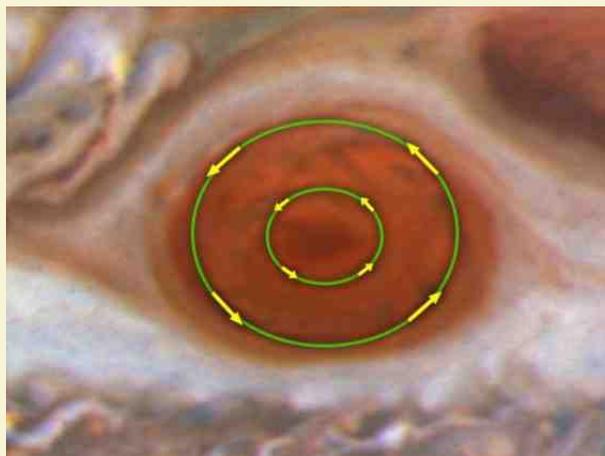
SISTEMA SOLAR A Grande Mancha Vermelha de Júpiter é a maior tempestade do Sistema Solar. Os astrônomos a têm estudado com mais detalhe desde a década de 1870 e, pelas observações ao longo de mais de um século, é possível notar que ela está encolhendo e se tornando mais circular do que oval. Seu diâmetro atual vale 16 mil km, que ainda é maior do que a Terra.

Buscando entender a dinâmica desse sistema, alguns cientistas vêm usando o Telescópio Espacial Hubble para produzir “relatórios de tempestades” periódicos em Júpiter. Foi assim que eles acabaram descobrindo que a velocidade média dos ventos na borda da Grande Mancha Vermelha aumentou em até 8% entre 2009 e 2020, atingindo a velocidade de até 640 km/h. Já os ventos nas regiões mais internas estão se movendo muito mais lentamente. E, apesar desse aumento, ele está longe de ser extremo, chegando a menos de 2,6 km/h por ano terrestre. É uma mudança tão pequena que sem os 11 anos de dados obtidos pelo Hubble, não seria possível detectá-la. Michael Wong,

Cratera marciana Jezero já abrigou um lago

SISTEMA SOLAR Em fevereiro deste ano, a Nasa pousou seu quinto rover em Marte, o Perseverance. Desde então, vem explorando a cratera Jezero. As imagens da cratera Jezero previamente conhecidas mostraram a presença de estruturas que pareciam corresponder ao antigo delta de um rio. Por isso, ela foi escolhida como local de pouso do Perseverance pois, assim, poderiam estudar o que restou de água em Marte, ou até encontrar sinais de vida microbiana, caso realmente tenha existido.

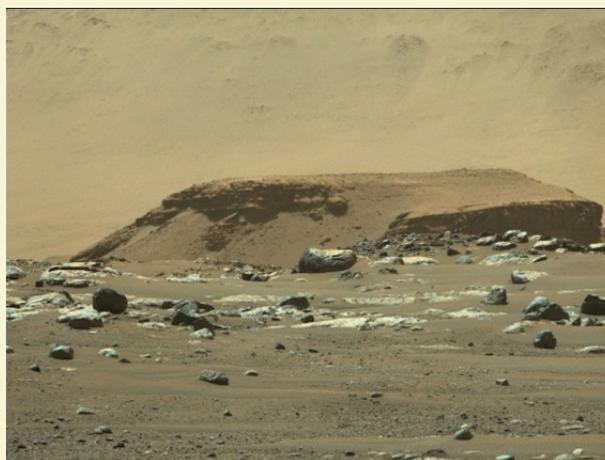
Recentemente, em um novo artigo, a equipe científica da missão analisou como o ciclo hidrológico do lago que existiu na cratera é ainda mais intrigante e complicado do que se imaginava. Com os dados recebidos do rover, foi possível confirmar que houve um leito de um rio por lá e que também ocorreu inundações intensas, que levaram



NASA, ESA, Michael H. Wong (UC Berkeley)

da Universidade da Califórnia, principal autor de um relatório na *Geophysical Research Letters*, aponta que ainda não se sabe o que pode estar impulsionando os ventos mais fortes nas extremidades da tempestade, mas “é um dado interessante”.

Pesquisas como essa podem ajudar a entender sobre os processos físicos subjacentes que impulsionam as tempestades dos planetas •



NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS

grandes rochas e detritos de colinas para o interior da cratera. Os resultados obtidos foram importantes para a escolha das rochas que serão coletadas e futuramente trazidas à Terra. Sanjeev Gupta, co-autor do estudo, considera que o material que contém grãos mais finos provavelmente tem maior probabilidade de abrigar evidências de compostos orgânicos e bioassinaturas •

Possível primeiro exoplaneta fora da Via Láctea



Galáxia M 51 (NASA, R. DiStefano)

EXOPLANETAS Um grupo de cientistas detectou sinais de um planeta ao redor de uma estrela fora da Via Láctea. Ele foi observado pelo Observatório de Raios X Chandra e está localizado na galáxia M 51, a cerca de 8 milhões de anos-luz, milhares de vezes mais distante que exoplanetas descobertos anteriormente.

Para detectar exoplanetas, os astrônomos observam alterações de brilho em suas estrelas. Eles analisaram três galáxias diferentes (M 51, M 101 e M 104), procurando por mudanças de luminosidade em raios-x vindos de sistemas específicos que, na maioria das vezes, são compostos por estrelas de nêutrons ou um buraco negro a sugar o gás de uma estrela companheira. Nisso, o material perto da estrela de nêutrons ou buraco

negro fica superaquecido e brilha em raios X.

A região onde esses raios são produzidos é pequena; deste modo, se um outro planeta passar à frente, os raios serão parcial ou totalmente bloqueados. Isso pode ajudar a detectar exoplanetas muito mais distantes do que era possível antes. Rosanne Di Stefano, líder desse estudo, considera que sua estratégia de buscar planetas em raios X permite descobri-los em várias outras galáxias.

O trânsito de raios X observado pela equipe durou cerca de 3 horas, durante as quais as emissões diminuíram

bruscamente para zero, algo que não aconteceria no caso de uma intervenção por simples nuvem de gás e poeira ao longo da linha de visada. Com base na alteração dos raios X e outras informações, estima-se que o astro teria quase o mesmo tamanho de Saturno. Para confirmar se as informações obtidas tratam realmente de um exoplaneta fora da Via Láctea, os astrônomos terão que esperar cerca de 70 anos, quando o corpo celeste for passar novamente naquela região. Mas até lá, eles poderão buscar novos exoplanetas utilizando os dados do Chandra •

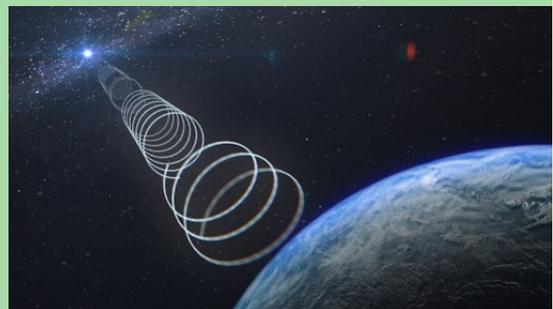
Ondas de rádio do centro da Galáxia

A GALÁXIA Ondas de rádio incomuns vindas da direção do centro da Via Láctea foram avistadas recentemente. Tais ondas possuem um padrão desconhecido de fonte de rádio variável, e podem sugerir uma nova classe de objeto estelar. Em nota à Imprensa, o autor do novo estudo, Ziteng Wang, declarou que “a propriedade mais estranha desse novo sinal é que ele tem uma polarização muito alta. Isso significa que sua luz oscila em apenas uma direção, mas essa direção gira com o tempo”. Ele também apontou que “o brilho do objeto varia dramaticamente, por um fator de 100, e o sinal se liga e desliga aparentemente de forma aleatória. Nunca vimos nada assim.”

Há muitos tipos de estrelas que emitem luz variável por todo seu es-

pectro eletromagnético. A princípio os investigadores pensaram que poderia ser um pulsar — um tipo de estrela morta muito densa que gira em rápida velocidade — ou então um classe de estrelas eruptivas, que experimentam enormes explosões cromosféricas. Mas os sinais desta nova fonte não correspondem ao que esperamos desses tipos de objetos celestes, de acordo com Wang.

O objeto detectado recebeu como nome uma designação que inclui suas coordenadas no céu noturno: ASKAP J173608.2-321635 •



ASKAP J173608.2-321635 (Sebastian Zentilomo).



Da Astroarqueologia à Astronomia nas Culturas

Um breve histórico do campo acadêmico que vem se consolidando desde os anos 1970 e investiga construções arquitetônicas, artefatos, paisagens culturais, relatos históricos e práticas indígenas que testemunham a enorme diversidade de modos com as quais os povos percebem e interpretam os céus.

A experiência simples, porém profunda, da contemplação de um céu colhido de estrelas é uma das experiências humanas mais poderosas, que nos proporciona perspectiva, inspiração e reflexão sobre o nosso lugar no Universo. Há milênios nos maravilhamos com a visão do céu noturno e tentamos desvendar a natureza e os movimentos dos astros. O céu inspira cientistas, pintores, filósofos, religiosos e poetas, que por sua vez nos brindam com ideias fascinantes e obras primas ao longo da história. Com boa parte da população mundial vivendo em áreas urbanas, onde os prédios altos e a poluição luminosa limita a nossa visão da esfera celeste, cada vez mais perdemos acesso a

este patrimônio da humanidade e ao prazer e senso de pertencimento ao Universo que a visão do céu noturno nos proporciona.

Talvez pela perda dessa conexão profunda com o céu, nós que vivemos nas grandes cidades tenhamos dificuldade para entender o seu papel fundamental para os vários povos ao redor do mundo e ao longo da História da Humanidade. Todas as culturas humanas, antigas e atuais, têm o seu próprio céu e sua própria forma de perceber e interpretar os ciclos e fenômenos celestes, relacionando-os com suas atividades sociais. O campo de estudos que investiga essas percepções que as pessoas de diversas culturas foram elaborando sobre o céu, em sua maioria muito diferentes daquela oferecida pela ciência moderna Ocidental, chama-se Astronomia nas Culturas, também sendo referido por vezes como Astronomia Cultural.

O céu como uma fonte de estudos culturais pode ser apreciado, por exemplo, nas centenas de constelações e diversas percepções sobre a Via Láctea, documentadas por relatos históricos, pesquisadores e, mais recentemente, pelos povos tradicionais de todo o planeta. Em lugares distantes das luzes das grandes cidades, um outro espetáculo no céu, além da miríade de estrelas, desvela-se: a visão da Via Láctea. Esta faixa prateada que corta o céu de um lado a outro, popularizada nos últimos

anos pelas belas astrofotografias que circulam pelas redes sociais, fornece-nos um bom exemplo de como diferentes povos visualizam o céu das formas mais diversas e fascinantes, através da arte, literatura, tradições orais, mitologia, religião, etc. A Via Láctea pode ser uma dobra ou bainha, que divide o céu em duas partes. Pode ser um rio no céu, uma grande serpente, um arco, um caminho por onde marcham animais celestes... So-

Na página anterior
Stonehenge (Crédito: NASA, ESA e Hubble Heritage Team STScI/AURA).

Abaixo
Via Láctea observada Parque Estadual dos Três Picos no RJ. O autor da foto agradece à administração do parque pela autorização ao acesso noturno e apoio às atividades de astrofotografia (Crédito: Daniel Mello).



mos seres intelectuais e, portanto, intérpretes.

Outro elemento importante tem-se revelado através de diversas pesquisas: como essa busca por conhecimento e entendimento do Cosmos foi utilizada para manter os ciclos de subsistência sazonal, mas em alguns casos também ajudaram a manter ideologias dominantes e hierarquias sociais complexas. A visão da esfera celeste por uma sociedade está intimamente ligada aos domínios da política, economia e religião. Neste sentido, a astronomia cultural é uma parte de um empreendimento maior de investigar e interpretar as culturas humanas.

Por ser uma área de pesquisas interdisciplinar, envolve diversos profissionais como astrônomos, antropólogos, arqueólogos, linguistas, historiadores (da ciência, da arte, da religião), etc. Cada pesquisador, por sua vez, precisa transitar pelos meandros das várias disciplinas acadêmicas, uma vez que o seu trabalho perpassa diferentes aspectos da relação entre uma sociedade e seu meio ambiente e se situa no debate dos limites epistêmicos.

Diversos termos e definições vêm sendo utilizados desde a década de 1970 para se referir ao que hoje a maioria dos investigadores concorda em chamar de *Astronomia nas Culturas*. Em uma definição mais recente, encontrada no prefácio do *Handbook of Ar-*

chaeoastronomy and Ethnoastronomy, publicado em 2015 pela Editora Springer, a *Astronomia nas Culturas* procura entender as percepções e conhecimentos sobre os fenômenos astronômicos, através da história da humanidade e entre as várias culturas. Outros termos, como astroarqueologia, arqueoastronomia e etnoastronomia também são encontrados na literatura, merecendo um breve histórico de seu desenvolvimento e constituição.

“O que as pessoas vêem quando olham para o céu? A resposta é tão cultural quanto astronômica.”

Assim começa o artigo de Clive Ruggles e Nicholas Saunders de 1993, intitulado *O Estudo da Astronomia Cultural*. Neste artigo, os autores definem a astronomia cultural como o campo de estudos que investiga “a diversidade de maneiras em que culturas, tanto antigas como modernas, percebem objetos celestes e os integram em suas visões de mundo”. Dois anos antes, em seu artigo intitulado *Astronomia como um Sistema Cultural*, Stanislaw Iwaniszewski definira pioneiramente a *Astronomia Cultural* como o estudo das “relações humano-astronômicas conduzidas em um contexto cultural”.

As primeiras investigações quantitativas sobre a *Astronomia Cultural* apareceram nas últimas dé-



Ao lado
Arte rupestre de cunho astronômico ao longo da Trilha do Peñasco Blanco, em Chaco Canyon, Novo México (Crédito: Peter Faris).

cadadas do século XIX, com o estudo dos alinhamentos astronômicos em sítios arqueológicos, no trabalho pioneiro do arqueólogo Sir Flinders Petrie sobre o Stonehenge (1880). As investigações do astrofísico Sir Norman Lockyer sobre as Pirâmides do Egito e o Stonehenge, aliadas ao seu livro *Surveying for Archaeologists* (1909), lançaram as bases para uma metodologia de investigação de alinhamentos em sítios arqueológicos para pontos de nascer e ocaso de astros no horizonte.

O astrônomo Gerald Hawkins publicou, em 1965, o livro *Stonehenge decoded* (Stonehenge decodificado), cuja popularidade iniciou o intenso interesse público pela “Astroarqueologia”, termo cunhado por Hawkins em 1963 para o estudo dos princípios astronômicos empregados nas obras arquitetônicas antigas. Alexander Thom, que através de análise es-

tatística de um grande número de círculos de pedras na Grã-Bretanha mostrou consistências bá-

Nem tudo é o que parece

A Arqueoastronomia tem gerado bastante controvérsia e é um imã para especulações e sensacionalismo. Um exemplo emblemático é a interpretação de arte rupestre. A arte rupestre é encontrada em sítios arqueológicos no mundo inteiro e é prolífica no sudoeste da América do Norte. Combinações de figuras que lembram estrelas e a Lua crescente, encontradas em sítios arqueológicos no Arizona (EUA), foram interpretadas em 1955 pelo fotógrafo do Observatório Palomar William C. Miller como registros de testemunhos oculares da Supernova do Caranguejo, no ano 1054. Esta supernova, registrada por astrônomos chineses e japoneses, tornou-se o objeto mais brilhante do céu depois do Sol e da Lua, e foi vista durante o dia por 23 dias, de acordo com os registros chineses. Nas últimas cinco décadas, dezenas destas combinações estrela/Lua crescente foram encontradas, sempre associadas à interpretação de Miller. Uma delas é a pintura de Peñasco Blanco (acima), que se tornou tão associada à interpretação da Supernova do Caranguejo que ganhou uma placa da administração do Parque Nacional escrita “Super-nova Pictograph”. Trabalhos de revisão mais recentes, porém, indicam que boa parte dos trabalhos de interpretação astronômica de arte rupestre são problemáticos e que estes sítios dificilmente retratam a Supernova de 1054.

sicas em suas construções e orientações, utilizava o termo “astronomia megalítica” (1967). Por sua vez, Euan W. Mackie, que testava as teorias astronômicas de Thom através de métodos arqueológicos tradicionais, adotou o termo “arqueoastronomia” (1968).

O termo “Astroarqueologia” foi gradualmente sendo substituído pelo termo mais geral “Arqueoastronomia”, e foi o escolhido por Elisabeth Chesley Baity em 1973, em seu importante artigo intitulado *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy So Far*. Este artigo introduziu também o termo “Etnoastronomia”, definida por Baity como o campo de pesquisas que funde astronomia, etnologia, fon-

tes históricas e interpretação da iconografia antiga, com o propósito de reconstruir os modos de vida, técnicas astronômicas e rituais. Este artigo suscitou a publicação de comentários de outros dezenove autores que, por sua vez, geraram uma réplica de Baity. Foi o início de um debate mais profundo sobre os aportes teóricos e metodológicos dessas disciplinas emergentes, trazendo para o debate conjunto profissionais da antropologia e da arqueologia.

Na década de 1970, surgem as primeiras publicações específicas sobre arqueo- e etnoastronomia, já com um caráter interdisciplinar, nas quais se destacam os trabalhos de Anthony F. Aveni, H. Hartung,

Abaixo

“Stonehenge” brasileiro: uma série de rochas cuja disposição lembra a de megálitos europeus, em Calçoene, no Amapá.



Johanna Broda, entre outros. Os primeiros trabalhos sobre etnoastronomia de culturas sul-americanas surgem nesta época, nos textos de Gerardo Reichel-Dolmatoff e do casal Christine e Stephan Hugh-Jones.

Uma das consequências do sucesso do livro do Hawkins foi tornar o Stonehenge repentinamente famoso, um símbolo popular da arqueoastronomia, a ponto de ouvirmos referências a outros sítios arqueológicos como o “Stonehenge americano (alemão, russo...)” ou até mesmo ao “Stonehenge brasileiro”. Não foi à toa que o primeiro Simpósio Internacional Oxford de Arqueoastronomia ocorreu na Inglaterra, em 1981, com vários trabalhos apresentados sobre megálitos ingleses, sendo encerrado com chave de ouro com uma excursão ao Stonehenge.

O Oxford I juntou duas escolas de pensamento. No “Velho Mundo”, onde praticamente não existem registros históricos ou etnográficos sobre as práticas astronômicas das populações antigas, os arqueoastrônomos se detinham às análises estatísticas, focando no desenvolvimento de critérios rigorosos para seleção de dados e metodologia de campo. No “Novo Mundo”, os pesquisadores tinham acesso às crônicas e registros históricos dos colonizadores europeus que tiveram contato com os povos indígenas, além das evidências materiais/arqueológicas. Esta abordagem tentava integrar várias ci-

ências sociais e humanas, como história, antropologia cultural, história da arte, etnografia, estudos de folclore e história das religiões. Esta abordagem multidisciplinar emergiu na Mesoamérica na década de 1970.

As abordagens do “Velho Mundo” e do “Novo Mundo” ficaram conhecidas, respectivamente, por arqueoastronomias “verde” e “marrom”, respectivamente, em referências às cores das capas dos anais em que foram publicadas.

Esta divisão entre arqueoastronomia verde e marrom, que se propagou na literatura durante muitos anos, e é agora obsoleta, era percebida como uma dicotomia entre “rigor estatístico” e “abordagens multidisciplinares”. Esta visão deturpou a questão real, que era como interpretar da melhor maneira (teórica e metodológica) dados puramente arqueológicos e, por outro lado, como integrar os diversos tipos de dados de modo a identificar as in-

Abaixo
Anais do Primeiro Simpósio Oxford de Arqueoastronomia. As diferentes abordagens aplicadas ao Velho e Novo Mundo foram compiladas em volumes de capas distintas, cujas cores foram referenciadas como paradigmas de metodologia, durante os primeiros anos dessa ciência.



Pedras de Callanish, Escócia



Torre do Caracol, Chichen Itza



Acima

Embora sejam ruínas de locais usados com propósito ritualístico motivado por fenômenos astronômicos, os monumentos arquitetônicos do Velho e do Novo Mundo vieram a ser explorados por metodologias diferentes, seguindo os paradigmas da arqueoastronomia verde e marrom.

interpretações mais plausíveis.

Na década de 1980, o caráter interdisciplinar da Arqueoastronomia floresce, com pesquisadores mais preocupados em entender como a Astronomia afeta a sociedade e a cultura estudadas do que em identificar alinhamentos astronômicos (embora estes ainda sejam um importante objeto de pesquisa). Fontes históricas, etnográficas, linguísticas e artísticas foram incorporadas na análise dos dados sobre os sítios, além das técnicas puramente arqueológicas.

A comparação entre sistemas astronômicos desenvolvidos por culturas tropicais e não-tropicais virou tema de um congresso realizado em março/abril de 1981: *Ethnoastronomy and Archaeoastronomy in the American Tropics*, na New York Academy of Sciences. Este congresso gerou uma publicação com contribuições importantes, especialmente para os estudos em Astronomia Cultural sul-americana. Este livro traz alguns artigos sobre etnoastronomia envolvendo grupos indígenas brasileiros, escritos por pesquisadores estrangeiros, como Stephen Fabian, Stephen Hugh-Jones e Gerardo Reichel-Dolmatoff, além de uma discussão sobre a constituição do campo epistemológico da etnoastronomia por Stephen McCluskey.

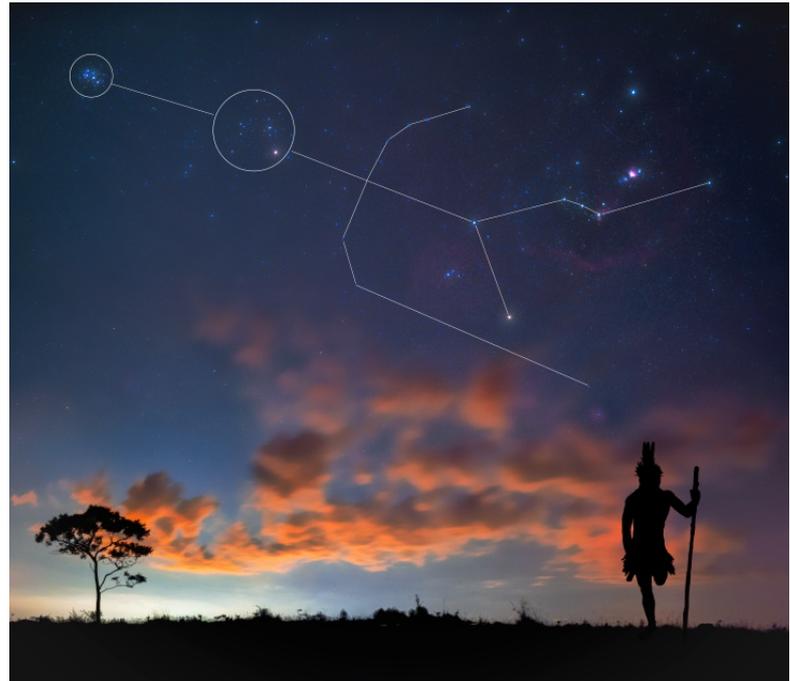
Nesse contexto, ocorre a *First International Conference on Ethnoastronomy: Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World*, em 1983, no Instituto Smithsonian, em Washington, D.C. Seus anais, intitulados *Songs from the Sky — Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World*, foram publicados vinte e um anos depois da conferência, após uma série de esforços frustrados. Somente após o envolvimento da International Society for Archaeoastronomy and Astronomy in Culture (ISAAC), na década de 1990, que editava o jornal *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in*

Culture, foi possível publicar os artigos da conferência, como os números 12 e 13 do jornal (1996) e posteriormente como um livro publicado pela Ocarina Books (2005).

Este livro traz artigos seminais para o campo da Etnoastronomia, como *Tropical Tribal Astronomy: Ethnohistorical and Ethnographic Notes*, no qual Edmundo Magaña analisa a conexão entre etnoastronomia e mitologia como uma possível abordagem para o estudo da astronomia indígena sul-americana. Traz também um dos primeiros trabalhos de um pesquisador brasileiro apresentado em um congresso internacional de Etnoastronomia: *Búzios Island: Knowledge and Belief Among a Fishing and Agricultural Community at the Coast of the State of São Paulo*, de Marcio D'Olne Campos.

A teoria de que as culturas tropicais desenvolveram um sistema astronômico diferente das culturas de zonas temperadas foi amplamente discutida na literatura. Segundo Edmundo Magaña, a ideia foi lançada pela arqueóloga e antropóloga americana Zelia Nuttall (1857-1933) em seu artigo de 1926 intitulado *Nouvelles lumières sur les civilisations américaines et le système du calendrier*, publicado nas atas do XXII Congresso Internacional de Americanistas.

Através de uma seleção de exemplos, Anthony Aveni, em seu artigo *Tropical Archaeoastronomy*, publicado na *Science* em 1981, reforça a ideia de que as culturas



tropicais utilizam um sistema de referência que consiste do zênite e do nadir como polos e do horizonte como círculo de referência fundamental. Isso em contraste com o sistema de polos e equador celeste, utilizado pelas antigas civilizações das zonas temperadas. O debate continuou ao longo da década de 1980 e causou polêmicas até meados dos anos 2000 quando, na opinião de Magaña havia uma aceitação generalizada de que a astronomia tropical nativa parece realmente diferir daquela desenvolvida por culturas de zonas temperadas.

Essa discussão acerca de tipos diferentes de astronomia, ligados às condições ambientais (embora saibamos que um determinado modelo de observação e cognição é constituído por múltiplos fatores, dentre os quais se destaca o

Acima
Constelação do Homem Velho, uma das mais tradicionais do céu entre os indígenas brasileiros de etnia tupi. A cabeça da figura é formada pelas Híades, enquanto parte do corpo corresponde à nossa constelação de Órion; as Plêiades compõem o penacho do cocar (Crédito: Rodrigo Guerra).

Abaixo

Aglomerados das Plêiades (no canto superior esquerdo) e Híades (no canto inferior direito). Facilmente reconhecível no céu e importante em todas as culturas, os tupis denominavam as Plêiades de Seixu e usavam seu nascer helíaco como início do ano (Crédito: Giuseppe Donatiello/Wikimedia Commons).



processo histórico-cultural), leva-nos a pensar sobre diferentes formas de marcar a passagem do ano e as variações sazonais observadas pelas sociedades indígenas em seus territórios através da observação do movimento anual dos astros. A observação da posição de uma estrela em relação à posição do Sol permite marcar certas épocas do ano pelo nascer ou o caso helíaco de uma estrela. Entretanto, nem sempre observar o nascer ou o ocaso helíaco é possível, devido às condições atmosféricas ou ambientais.

Um marco importante para a constituição do campo de pesquisa são os encontros científicos. No nível internacional, em 1981 aconteceu a primeira Oxford International Conference on Archaeoastronomy, a qual, desde então,

vem sendo realizada a cada três ou quatro anos com o objetivo de reunir pesquisadores de diferentes países para uma discussão interdisciplinar, no campo da arqueoastronomia e da etnoastronomia. Este encontro, realizado pela International Society for Archaeoastronomy and Astronomy in Culture (ISAAC), é o mais importante para os profissionais dessa área de pesquisa.

Como resultados destas conferências, foram publicados vários livros com artigos selecionados entre os trabalhos apresentados, que constituem rica fonte de pesquisa, inclusive de pesquisadores nacionais, como a autora deste artigo, Priscila Faulhaber e Walmir Cardoso. O congresso realizado no Peru em janeiro de 2011 foi o primeiro a ser também um simpósio da International Astronomical Union (IAU), o que representou um importante passo no reconhecimento desta área de pesquisas pela comunidade astronômica internacional.

Por meio de suas relações com a antropologia, história da ciência, arqueologia e outras áreas afins, a Astronomia Cultural começa também a ganhar espaço em congressos dessas outras áreas, como o 45º Congresso Internacional de Americanistas, realizado em Bogotá, em 1985, no qual foi organizado o simpósio Etnoastronomía y Arqueoastronomía Americana. Neste, Márcio D'Olne Campos apresentou três trabalhos,

sendo um deles sobre seu projeto *Aldebaran: Observatório a O-lho Nu* — UNICAMP, inaugurado em 1986.

Desde 2012 vêm sendo realizadas as Jornadas Interamericanas de Astronomía Cultural / Escuelas Interamericanas de Astronomía Cultural, organizadas pela Sociedad Interamericana de Astronomía en la Cultura (SIAC). Em 2020 a SIAC lançou a revista *Cosmovisiones/Cosmovisões*, que tem publicado artigos de pesquisadores da América Latina. Outros congressos brasileiros, como as Reuniões da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), os Simpósios Nacionais de Educação em Astronomia (SNEA), os Seminários Nacionais de História da Ciência e Tecnologia (SNHCT), as Reuniões da Associação Brasileira de Planetários (ABP) e as Reuniões da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) também reúnem trabalhos sobre Astronomia Cultural no Brasil.

Em outubro de 2008, a International Astronomical Union (IAU), em cooperação com a UNESCO, criou o grupo de trabalho *Astronomy and World Heritage*, que lançou uma importante revisão temática. Também foi criado o *Working Group for Astronomy in Culture* (WGAC), um grupo de trabalho intercomissões, que dialoga com as quatro comissões da Divisão C da IAU (Education, Outreach and Heritage), do qual faz parte alguns pesquisadores brasileiros.

Desde a década de 1980, vários trabalhos vem sendo conduzidos por pesquisadores brasileiros com grupos indígenas, pescadores, quilombolas e outras comunidades tradicionais, tendo crescente reconhecimento internacional. Do ponto de vista epistemológico, há muita diversidade para ser analisada e compreendida em todo o território brasileiro, apontando-nos um painel étnico e epistemológico muito complexo e rico. Estes trabalhos, por sua enorme relevância, serão abordados futuramente em um outro artigo dedicado exclusivamente ao estado da arte da Astronomia nas Culturas no Brasil •

Flávia Pedroza Lima
Planetário do Rio de Janeiro
flaviapedroza@gmail.com



Buracos negros

são realmente negros?

Buracos negros não deveriam poder emitir radiação, porém eles emitem. Como isso é possível? A resposta envolve a entropia e a física quântica, mas o mecanismo real só é imaginável e está aberto a interpretações.

Eis uma questão que pode parecer absurda, afinal, o buraco negro é qualificado exatamente por sua ausência de luz. Então vamos começar dando nome aos bois. O que é um buraco negro? Quando um astrônomo vai dar uma palestra sobre estrelas aberta ao público geral, não há como escapar de tal pergunta. Isso mostra que os buracos negros são, muito provavelmente, o objeto astrofísico mais fascinante do universo, ao menos na opinião do público geral.

Há várias formas de responder

tal pergunta, e um astrofísico provavelmente dirá algo do tipo: um buraco negro é o estágio final de uma estrela muito massiva; ou um buraco negro é uma estrela cuja atração gravitacional é tão grande que nada consegue escapar dela, nem mesmo a luz. Ambas as respostas são boas e válidas, mas um astrofísico teórico ou um matemático carece de definições mais rigorosas, e a definição rigorosa de um buraco negro é: um objeto que possui um horizonte de eventos.

Então precisamos explicar o que é um horizonte de eventos. Pode-

mos pensar nele como uma casca imaginária, localizada no espaço, onde só há um caminho: para dentro. Qualquer coisa pode entrar, mas nada pode sair. É por isso que dizemos que nada pode escapar de um buraco negro, porque nada pode sair dele, nem mesmo a luz. O buraco negro é definido então como toda a região dentro desta casca, e a casca é o seu horizonte de eventos, ou seja, é a sua fronteira.

E o que há dentro da casca? É a pergunta de um bilhão de dólares. Ninguém sabe! Afinal, nada pode sair de lá... Se algo ou alguém entrar, irá descobrir o que há dentro da casca, porém não vai poder nos informar o que há lá dentro, já que nenhum tipo de informação pode sair do buraco negro (isto é, atravessar a casca para fora). Geralmente dizemos que no centro do buraco negro há um ponto, chamada de uma singularidade, cuja densidade de matéria é infinita e o espaço e o tempo não são bem definidos ali naquele ponto.

Mas isso não é sempre verdade, e os buracos negros astrofísicos devem possuir uma elipse singular, não apenas um ponto. Há também buracos negros teóricos que nem possuem tal singularidade, chamados de buracos negros regulares. Então quero enfatizar que o que define um buraco negro não é essa singularidade, ou mesmo o que está dentro da casca; o que define um buraco ne-

gro é a existência de um horizonte de eventos. De fato, um buraco negro pode ter mais de um horizonte de eventos, mas ele só precisa ter um para ser um buraco negro.



Acima

Stephen Hawking, o astrofísico que descobriu como buracos negros podem emitir radiação (Crédito: Jude Edginton/Discovery Channel).

Na página anterior

Representação de um buraco negro envolvido por disco de acreção. A atração gravitacional é tão forte que ela curva a luz emitida de suas proximidades, fazendo com que o buraco negro pareça sempre “chapado” em relação a qualquer ponto de observação (Crédito: Alexander Antropov/Pixabay).

Então como a luz não pode atravessar o horizonte de eventos para fora, ele não emite nada; ele é negro. Ponto final, certo? Mais ou menos. Até 1975, basicamente era assim que pensávamos. Então vamos fazer uma outra pergunta: buracos negros têm temperatura? E a resposta deveria ser um grande não, porque objetos com temperatura devem emitir radiação eletromagnética, ou seja, luz. Porém como acabamos de dizer que buracos negros não emitem luz, então não podem ter temperatura. E estamos salvos de qualquer problema, certo? Não. Porque isso violaria a terceira lei da termodinâmica.

Há várias formas de explicar a terceira lei, mas em nosso contexto podemos dizer que ela proíbe

A GRAVIDADE EXTREMA DO BURACO NEGRO CURVA A LUZ EMITIDA POR DIFERENTES REGIÕES DO DISCO, PRODUZINDO UMA APARÊNCIA DISTORCIDA

FEIXE RELATIVÍSTICO DE LUZ DO GÁS INCANDESCENTE NO DISCO DE ACREÇÃO É MAIS BRILHANTE NO LADO ONDE O MATERIAL ESTÁ SE MOVENDO EM NOSSA DIREÇÃO E MAIS DÉBIL NO LADO EM QUE SE MOVE PARA LONGE DE NÓS

DOMO DO LADO DISTANTE: O CAMPO GRAVITACIONAL DO BURACO NEGRO ALTERA O CAMINHO DA LUZ DO LADO DISTANTE DO DISCO, PRODUZINDO ESTA FORMA DE DOMO.

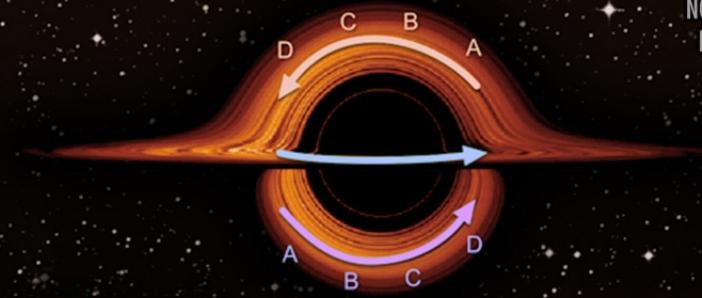


IMAGEM APARENTE E MOVIMENTO DO DISCO

PERTO DO BURACO NEGRO, O GÁS ORBITA PRÓXIMO À VELOCIDADE DA LUZ, ENQUANTO NAS REGIÕES MAIS DISTANTE ELE SE MOVE UM POUCO MAIS LENTO. ESSA DIFERENÇA ESTICA E CISALHA NÓS BRILHANTES, GERANDO FAIXAS LUMINOSAS E ESCURAS NO DISCO.

DIREÇÃO DE ROTAÇÃO

RAIOS DE LUZ DIRETOS E TORCIDOS DO TOPO DO DISCO

VISÃO LATERAL



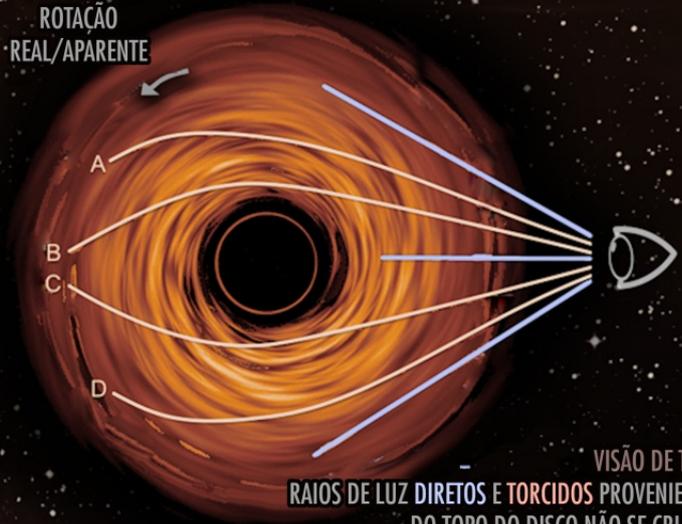
RAIOS DE LUZ TORCIDOS PROVENIENTES DA PARTE DE BAIXO DO LADO DISTANTE DO DISCO

ANEL DE FÓTONS
UM ANEL DE LUZ COMPOSTO POR IMAGENS DISTORCIDAS DO DISCO A LUZ QUE COMPÕE ESSAS IMAGENS ORBITOU 2, 3 OU MAIS VEZES AO REDOR DO BURACO NEGRO ANTES DE SEGUIR EM NOSSA DIREÇÃO

SOMBRA DO BURACO NEGRO
 UMA ÁREA APROXIMADAMENTE IGUAL A DUAS
 VEZES O **HORIZONTE DE EVENTOS** QUE É FORMADA
 POR SUA PRÓPRIA LENTE GRÁVITACIONAL E
 CAPTURA DE RAIOS LUMINOSOS



**ROTAÇÃO
 REAL/APARENTE**



VISÃO DE TOPO
**RAIOS DE LUZ DIRETOS E TORCIDOS PROVENIENTES
 DO TOPO DO DISCO NÃO SE CRUZAM**

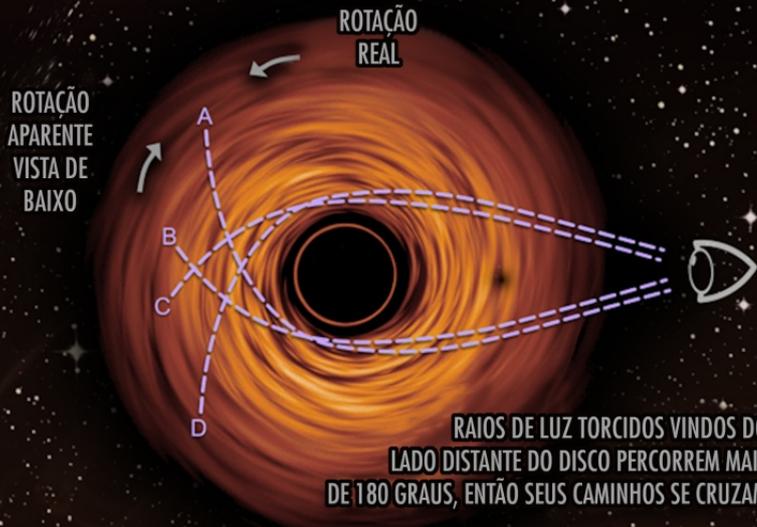
**ELES PRODUZEM UMA IMAGEM QUE NÃO
 TROCA ESQUERDA E DIREITA**

DISCO DE ACREÇÃO
 DISCO QUENTE, FINO, EM ROTAÇÃO, FORMADO PELA MATÉRIA
 QUE LENTAMENTE ESPIRALA EM DIREÇÃO AO BURACO NEGRO

Página dupla
 Efeitos ópticos produzidos
 ao redor de um buraco
 negro (Crédito: Pablo Carlos
 Budassi/Wikimedia
 Commons).

IMAGEM DA PARTE DE BAIXO DO DISCO
 RAIOS DE LUZ QUE PARTEM DE BAIXO DO LADO MAIS
 DISTANTE DO DISCO SÃO GRAVITACIONALMENTE
 LENTEADOS PRODUZINDO ESSA PARTE DA IMAGEM.

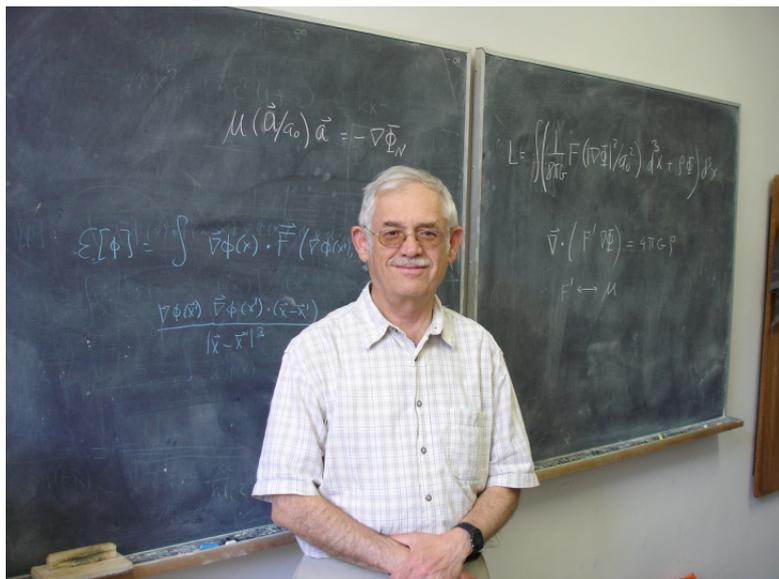
**ROTAÇÃO
 APARENTE
 VISTA DE
 BAIXO**



**RAIOS DE LUZ TORCIDOS VINDOS DO
 LADO DISTANTE DO DISCO PERCORREM MAIS
 DE 180 GRAUS, ENTÃO SEUS CAMINHOS SE CRUZAM**

ELES PRODUZEM UMA IMAGEM QUE TROCA ESQUERDA COM DIREITA

EFEITOS ÓPTICOS DE BURACOS NEGROS

**Acima**

Jakob Bekenstein, um dos pais da termodinâmica de buracos negros (Crédito: Wikimedia Commons).

que um sistema termodinâmico atinja o zero absoluto, que é a temperatura mais baixa possível. Ou seja, todo sistema tem temperatura, por menor que ela seja. Como os buracos negros astrofísicos são o estágio final da evolução de um tipo estelar, a estrela que os formou possuía temperatura, logo a temperatura nunca poderia atingir o zero absoluto. Chegamos em um grande problema, que é uma contradição. Por um lado, buracos negros, por definição, não podem possuir temperatura, por outro, se não têm temperatura, não poderiam ter sido formados. Onde está o problema?

Primeiramente, tal questão não é simples de ser resolvida. Em segundo lugar, ainda está longe de ter sido completamente resolvida. Existe um famoso problema em Física, chamado de *problema da perda de informação por um buraco negro*, que até hoje ainda é debatido e estudado, e está no cerne de

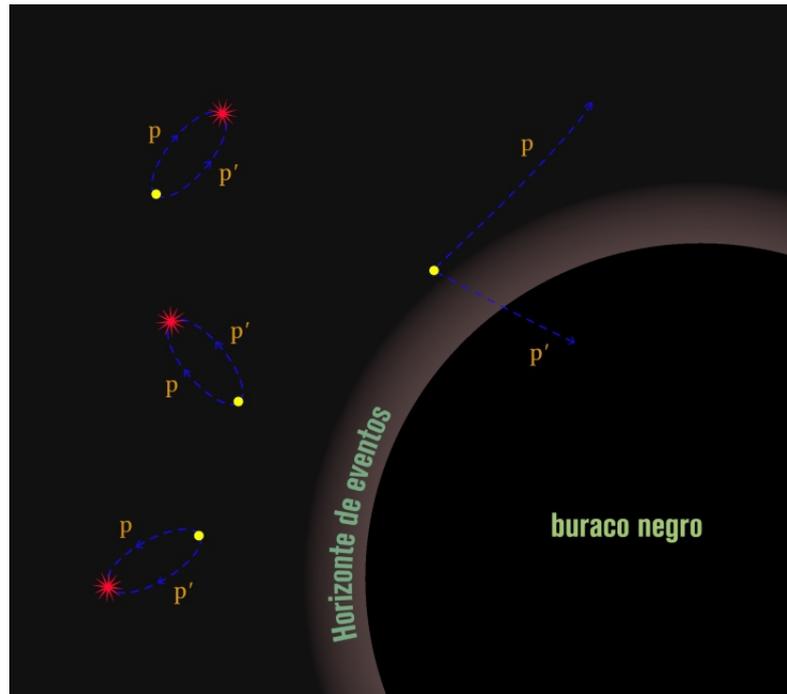
tudo o que foi dito até agora. Mas voltemos ao problema original, e vamos dar um passo em direção a sua solução. A grande dica é que a terceira lei da termodinâmica, para valer, precisa de um ingrediente a mais: a teoria quântica. E ainda não nos utilizamos de conceitos quânticos em nossa explicação sobre os buracos negros. Quem percebeu isso, e trabalhou este problema, foi um astrofísico teórico nem tão famoso assim, chamado Stephen Hawking. Já ouviu falar dele?

Em 1975, Stephen Hawking, incorporando efeitos quânticos, foi capaz de calcular a temperatura de um buraco negro. Antes de contarmos como ele fez isso, vamos voltar um pouco no tempo e dizer que a ideia de um buraco negro como um sistema termodinâmico não surgiu do nada em 1975, mas já vinha sendo especulada e trabalhada nos anos anteriores. Vale dizer isso para mostrar que raramente a Física é obra de um gênio que tem uma ideia genial e, do nada, faz uma revolução. Em geral, as grandes ideias na Física surgem aos poucos e vão sendo construídas através do diálogo entre mentes muitas vezes brilhantes, porém de forma coletiva.

No caso de uma temperatura para um buraco negro, é justo dizer que a primeira dica (ou ao menos uma das primeiras) teve a ver com a sua área. Ou melhor, com o fato de que a área de um buraco negro sempre aumenta, uma cons-

tatação que remonta do início da década de 70, sendo provada por Hawking em um artigo no ano de 1972. Acontece que em termodinâmica existe também uma certa propriedade que todo sistema termodinâmico (fechado) possui e que sempre aumenta: sua entropia. No ano seguinte, em 1973, Hawking, juntamente com outros dois físicos, Brandon Carter e James Bardeen, chegaram a formular as quatro leis da mecânica de um buraco negro, muito parecidas com as quatro leis da termodinâmica de um sistema termodinâmico, de forma que parecia claro que buracos negros, de alguma forma, comportavam-se exatamente como um sistema termodinâmico com uma temperatura definida. De onde viria a temperatura é que permanecia a questão em aberto.

Para continuar fazendo jus à história, por volta de 1972 um outro físico teórico, Jacob Bekenstein, utilizando argumentos da teoria de informação, mostrou que buracos negros deviam possuir sim entropia, proporcional a sua área. Juntamente com Hawking, Bekenstein foi um dos fundadores da termodinâmica dos buracos negros. Ainda assim, nada disso solucionava o problema. Como pode um buraco negro ter temperatura se ele não pode emitir nada? Vamos agora voltar para 1975 e sua solução. Como eu disse, devemos incluir um novo ingrediente na jogada: a teoria quântica.



Mais precisamente, o vácuo quântico.

É comum considerarmos o vácuo como o completo vazio, mas na física quântica as coisas não são bem assim. Podemos dizer que o vácuo quântico não apenas não é vazio, como é talvez a coisa mais maravilhosa, bela e rica do universo. Ele está sempre em transformação, nunca está quieto, porém em geral sussurra tão baixo que nós não conseguimos ouvir; mas os átomos e as partículas elementares conseguem. É ele o responsável pelo decaimento atômico, pela interação entre partículas, pela propagação dos campos, por dar massa para a matéria elementar etc. O vácuo quântico pode ser tudo, menos chato.

Quando perturbado, ele reage, e é exatamente isso o que acontece próximo ao horizonte de eventos.

Acima
Representação esquemática da Radiação de Hawking: pares de partículas virtuais — p e p' — estão em constante produção e aniquilação no Espaço, mas na vizinhança do horizonte de eventos, uma dessas partículas pode ser aprisionada pelo buraco negro, enquanto a outra escapa.

O que vou contar para vocês aqui é uma interpretação de como o próprio Hawking pensou a possibilidade de emissão de partículas por um buraco negro, no seu artigo de 1975. De lá para cá, outras interpretações surgiram, bem como outras formas de realizar o mesmo cálculo, mas a sua interpretação ainda parece ser a mais acurada possível, e muitas vezes não é apresentada da forma correta. Os dois ingredientes que precisamos são o vácuo quântico e a estranheza dos buracos negros.

Do vácuo quântico, temos que começar com as partículas virtuais. Ao contrário de partículas reais, as partículas virtuais não precisam necessariamente obedecer às relações usuais que as partículas reais devem obedecer. O vácuo quântico está sempre criando tais partículas, porém com uma condição: a cada partícula de energia positiva que o vácuo cria, ele cria outra de energia negativa, de forma que a energia se conserva. Logo após a criação deste par virtual, ele se reencontra e se cancela. É como uma dança da criação e da aniquilação. E essa dança está continuamente acontecendo, os átomos e partículas elementares percebem isso, mas nós não.

Um breve intermezzo. Tais partículas de energia negativa não são as antipartículas das quais ouvimos falar. Uma antipartícula famosa é o pósitron, que é a antipartícula do elétron. Elétron e pó-

sitron formam um par de partícula-antipartícula, porém ambos têm energia positiva. É por isso que, quando se aniquilam, energia em forma de luz pode ser gerada. O par virtual não gera energia ao se aniquilar, porque uma delas possui energia negativa, seja lá o que isso signifique. Daí o nome virtual. Voltemos para a história.

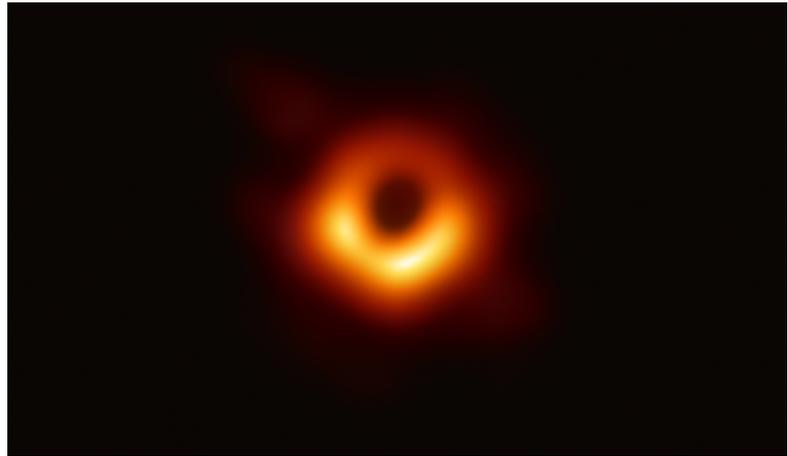
Ocorre que tal criação de par virtual acontece também próximo do horizonte de eventos, e então dá-se uma soma de estranhezas. Talvez você leia em algum lugar que o que ocorre é que uma partícula é criada fora do horizonte de eventos e uma antipartícula dentro do horizonte de eventos, de forma que uma partícula escapa do buraco negro enquanto a outra fica presa. Mas essa não foi a interpretação de Hawking, porque isso violaria o princípio de localidade na física. O par de partículas virtuais deve ser criado no mesmo ponto, fora do horizonte de eventos. Como eu disse, isso acontece o tempo todo. A grande maioria dos pares irá se reencontrar e se aniquilar, como estão acostumados a fazer, e ninguém vai notar. Mas um pequeno número deles pode ter um outro destino.

É possível imaginar que a partícula de energia negativa irá entrar no horizonte de eventos, enquanto a partícula de energia positiva irá permanecer fora. Isso não deveria acontecer, porque partí-

culas de energia negativa são repelidas pelo buraco negro e não atraídas, mas existe um efeito quântico bastante conhecido chamado de tunelamento, que permite que partículas se comportem de uma forma a realizar movimentos que seriam classicamente proibidos, como atravessar barreiras que a teoria clássica não permitiria atravessar.

O tunelamento é um tipo de efeito que um leigo pode se assustar ao descobrir sua existência, mas que para um físico quântico já se tornou bem normal. Fale sobre o tunelamento para um físico quântico e ele dará os ombros e dirá algo do tipo: acontece o tempo todo, bem normal. Já uma partícula de energia negativa, isso é bem estranho, até mesmo para um físico quântico... Mas continuemos. O que acontece se uma partícula de energia negativa cai dentro do buraco negro? É aí que ocorre um encontro de estranhezas.

Ao atravessar um horizonte de eventos, a geometria do espaço-tempo se altera de forma brusca: o que é tempo vira espaço e o que é espaço vira tempo. Sim, é estranho. Felizmente para o que cai dentro do buraco negro, é como se nada tivesse acontecido. Tal “inversão espaço-temporal” é o que é visto por um observador que está fora do buraco negro. Para tal observador, quando tempo e espaço se invertem, uma partícula de energia negativa, quando entra no buraco negro, torna-se uma



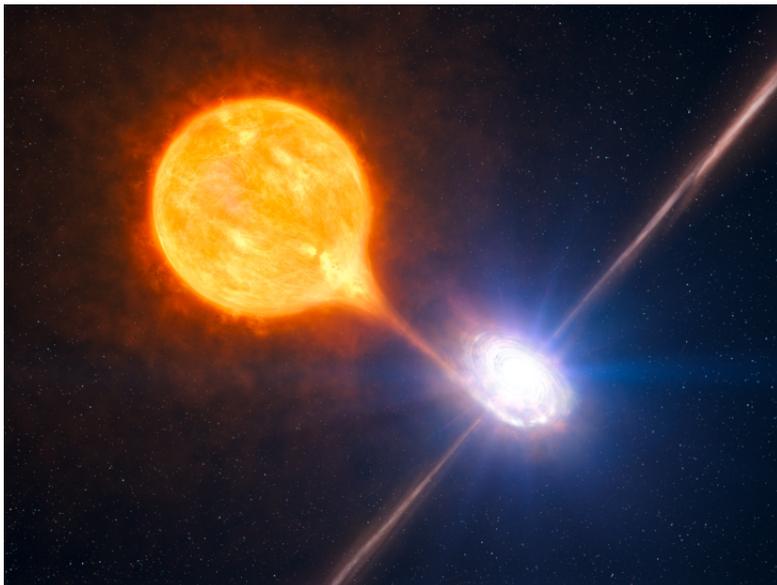
partícula de energia positiva. Ou seja, uma partícula normal, bonita, limpa, nada estranha. De forma que, no fim do dia, o que começou com duas partículas virtuais termina como duas partículas reais, de energia positiva. Uma dentro do buraco negro e a outra fora do buraco negro.

E é exatamente essa partícula fora do buraco negro, e que vai permanecer por lá (a princípio ela poderia cair também e se aniquilar com sua irmã, lá dentro, porém vamos imaginar que isso não aconteça) que é a base da *radiação Hawking*. Ela será como se o buraco negro tivesse uma temperatura bem definida. Em Física, dizemos que o buraco negro se comporta como um corpo negro (que não tem nada a ver com o termo buraco negro, é apenas uma coincidência).

Em seu artigo de 1975, o próprio Hawking atenta ao leitor que esta é apenas uma interpretação e não deve ser levada a sério demais. Ela é, no entanto, uma interpretação bastante bonita e coe-

Acima

Primeira imagem reconstruída de um buraco negro, situado no centro da galáxia M87 (Crédito: Horizon Event Telescope).

**Acima**

Representação de um sistema binário composto por um buraco negro astrofísico que “devora” sua estrela parceira, e emite poderosos jatos de radiação para mais de 1000 anos-luz de distância. (Crédito: Wikimedia Commons).

rente com os princípios físicos. O buraco negro está engolindo energia negativa e emitindo energia positiva (radiação). À medida que ele engole energia negativa, sua massa diminui. Isso quer dizer que sua entropia também diminui, porém não ocorre a violação das leis da termodinâmica, porque a radiação também possui entropia, e no fim do dia a soma das entropias nunca diminui.

E à medida que a massa diminui, a temperatura aumenta, e o buraco negro emite mais radiação, diminuindo ainda mais sua massa, em um processo que culminará em uma catástrofe: o buraco negro emitirá toda a sua massa e eventualmente irá desaparecer. E tendo desaparecido, terá perdido toda a informação sobre a estrela que gerou o buraco negro, no já citado problema da perda de informação; mas isso é história para uma outra vez.

Até o presente momento, a ra-

dição Hawking é apenas uma previsão teórica. Ela é pequena demais para ser detectada por observações atuais, e provavelmente continuará assim pelas próximas décadas (séculos, talvez). Pelo menos os físicos já possuem hoje uma boa interpretação de como buracos negros podem ter temperatura e emitir radiação. Desta forma, podemos dizer que buracos negros não são tão negros assim, e ainda preservar sua definição: nada pode atravessar seu horizonte de eventos para o lado de fora •

João Paulo Morais
jpmorais@if.ufrj.br
Univ. Fed. do Rio de Janeiro



A Astronomia no Ensino das Ciências

Um dos grandes problemas do ensino-aprendizagem é a transmissão de conhecimento de forma eficiente. Por sua característica multidisciplinar, a Astronomia pode ser um elemento motivador para despertar a curiosidade científica dos estudantes.

A pequena quantidade de pessoas que o País forma nas áreas científicas, quando comparado com as outras áreas, define o modelo de país que queremos ser. Ou aumentamos o número de cientistas e engenheiros ou continuaremos a ser um país de *usuários* ao invés de *criadores*. É imperioso, portanto, estimular o Ensino de Ciências nas escolas do Brasil.

O problema da Educação em

Ciência reflete as divisões que a nossa cultura apresenta. A divisão entre cientistas e não-cientistas, no sentido acadêmico, não é simétrica. Para os não-cientistas é muito difícil manter uma discussão sobre Ciências Físicas, enquanto os cientistas são capazes de participar de uma maneira efetiva de discussões sobre filmes, livros ou artes. Apesar disto, os cientistas são vistos pela Sociedade através de uma visão estereotipada, di-



Acima

Modelos astronômicos didáticos, como estes produzidos pelo Professor Anderson Trogello, do Paraná, podem servir como forte estímulo ao ensino da Astronomia (Crédito: Anderson Trogello).

Na página anterior

O astrônomo Rundsthen Vasques de Nader apresenta o funcionamento do Relógio de Sol a crianças de uma turma do Ensino Fundamental.

fundida pelos meios de comunicação, que os considera meio-loucos, sem sensibilidade social ou senso de humor. Esta visão, que considera a Ciência como uma área fria, insensível e aborrecida, é que leva o nosso sistema social (nossa cultura) a não valorizar aqueles que a praticam. O estereótipo nasce do medo — é necessário desvalorizar para controlar ou dominar.

Cultura significa atividades intelectuais e artísticas e, certamente a Ciência é uma atividade intelectual. Entretanto, a nível de senso comum, quando falamos em atividade cultural, estamos nos referindo ao Teatro, à Literatura, à Pintura, à Música Clássica, à Dança, e não a Museus de Ciência ou Instituições Científicas. A Ciência não

é considerada como integrante da Cultura e os cientistas não são considerados intelectuais. Na cabeça do grande público os cientistas têm mais a ver com mecânicos do que com poetas.

Afinal, o que esta divisão tem a ver com o problema da Educação em Ciência? Uma grande parte da população aprende sobre Ciência a partir da Cultura pop. O que eles sabem sobre Astronomia vem de seriados de TV (*p.ex.*, Jornada nas Estrelas), ou de revistas com conteúdo místico, ou através de notícias de jornal que, com raras exceções, tendem a dar notícias sensacionalistas (*p.ex.*, Discos Voadores, Aparições de Fantasmas, etc.).

O problema não está exatamente na divisão da nossa Cultura, mas sim que vivemos numa Cultura Tecnológica em que a fonte de tecnologia é evitada. O fato de a Ciência ter tão pouca relevância para a população em geral, não é um problema pessoal para os cientistas, mas sim um problema social para o País.

Portanto, é necessário incentivar o Ensino de Ciências para que os alunos possam ter uma melhor compreensão do nosso mundo tecnológico atual e também divulgar as ciências de maneira a reverter o desprestígio social a que está submetida enquanto carreira. A melhor maneira de estimular o aluno para a Ciência é através do uso da Astronomia, uma ciência de amplo apelo popular, o que facilita esse primeiro

contato com a Ciência.

Porque razão achamos que a Astronomia é a área mais adequada a ser usada como estímulo para o Ensino de Ciências? Simplesmente porque ela é mais atraente do que outras ciências. Desde a mais alta antiguidade, o público tem uma curiosidade natural sobre Astronomia e fenômenos astronômicos. No início do século V, Martianus Capella escreveu um sumário de todo o conhecimento da época. Os três temas principais, conhecidos como *Trivium*, eram a Retórica, a Gramática e o Argumento. Os quatro estudos avançados, conhecidos como *Quadrivium*, eram a Música, a Geometria, a Aritmética e a Astronomia. Juntas essas disciplinas formavam as Sete Artes Liberais, que influenciaram a estrutura das instituições científicas até os dias de hoje. A Astronomia é a única ciência incluída, devido ao interesse despertado no homem do povo. Precisamos usar este poder de atração da Astronomia como parte da solução por um melhor Ensino de Ciências.

Portanto, para melhorar o Ensino de Ciências precisamos reciclar os professores, adequando-os para tirar partido das novas tecnologias; preparar os futuros professores da área de ciências para utilização eficiente destas tecnologias, ainda na universidade; preparar currículos atraentes para os alunos, de modo a interessá-los em Ciências; e tornar acces-



sível ao grande público as conquistas científicas, simbolizadas através da Astronomia, para reverter a questão do desprestígio social dos cientistas, fato que é muito danoso ao País.

A Extensão Universitária pode promover o Ensino

Exemplificaremos nosso argumento com um estudo de caso, que aponta como a Astronomia serviu para introduzir temas científicos a um grupo escolar.

O Observatório do Valongo realiza um trabalho de extensão sistemático desde 1998, quando foi criado o “Projeto de Visitação Pública: Descobrindo a Astronomia”. O projeto contava com a participação de um astrônomo, cinco docentes e oito discentes, que recepcionavam grupos de estudantes para visitas noturnas com uma programação que incluía, além da observação do céu, palestras e simulações computa-

Acima

O projeto *Astros a Serviço das Ciências* atende crianças do Ensino Fundamental em escolas do Rio de Janeiro (Crédito: Rundsthen Vasques de Nader).



Acima

Visitas de alunos e professores à instituição de pesquisa serve como forte estímulo ao aprendizado acompanhado.

cionais de fenômenos astronômicos.

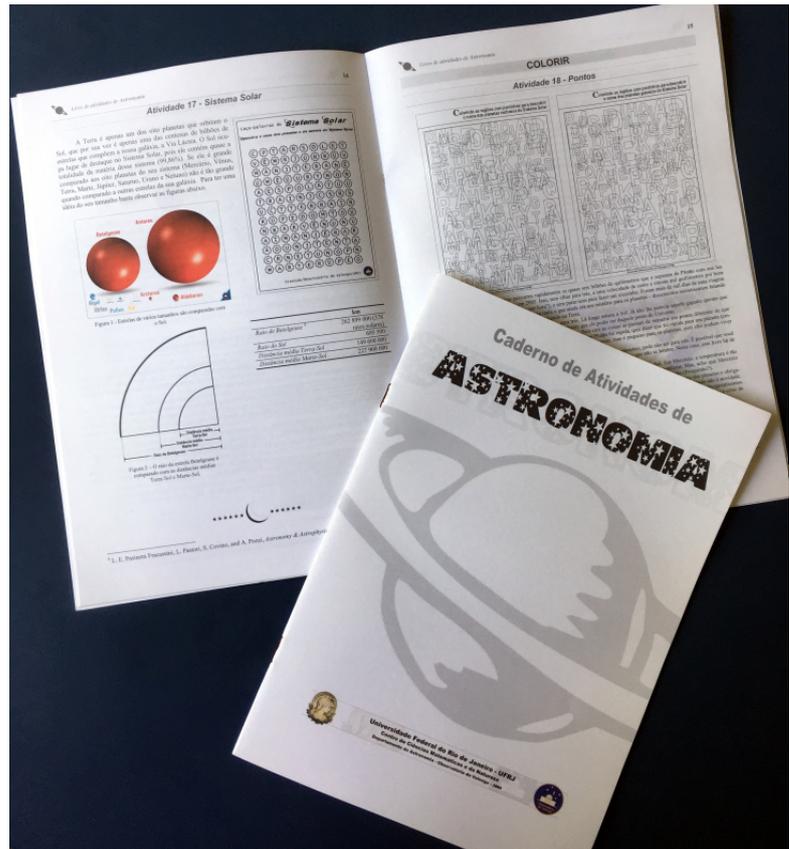
Com a experiência adquirida nesse trabalho e objetivando criar visitas diurnas, obtivemos verba da Fundação VITAE para a aquisição de um Planetário Inflável e confecção de dois relógios solares (um inclinado declinado e outro dodecaédrico), que foram incorporados ao acervo de instrumentos destinados à visitaçã

pública. Assim, passou-se a receber estudantes durante o dia com uma programação que compreende uma oficina, visita às dependências do OV (mini-museu, relógios solares e telescópio Cooke, onde é feito um breve histórico do telescópio e do OV), observação de manchas solares no telescópio Coudé (onde eles têm a oportunidade de perceber o movimento da Terra) e sessão de Planetário Inflável. O roteiro e as atividades previstas para a visita são previamente discutidos com o professor responsável pelo grupo. A equipe do OV fica à disposição da turma e do professor para uma posterior visita à escola, caso necessitem de discussões adicionais para sistematizar os conhecimentos adquiridos. A Astronomia, com sua característica multidisciplinar é uma excelente ferramenta motivadora na introdução de conceitos da Física, Matemática, Biologia etc, motivo pelo qual o projeto recebeu o nome de *Astros a Serviço das Ciências*.

A partir dessa experiência, em 2003 iniciamos o projeto *Astronomia na Vila* integrando o Programa de Revitalização da Vila Residencial da UFRJ. Durante mais de dois anos, uma vez por semana, reuniram-se na Associação de Moradores da Vila, na Ilha do Fundão, dois membros do grupo do OV com aproximadamente 12 crianças, com idades entre 8 e 14 anos. Nos encontros introduziu-se conceitos de Astronomia, Matemá-

tica e Física através de atividades lúdicas e desafiantes. Notamos que a curiosidade científica do grupo cresceu com sua frequência às reuniões. Com o objetivo de aumentar o interesse dos participantes e fazer com que continuassem comparecendo às atividades, foram criados jogos educativos que se mostraram fundamentais para a manutenção do grupo e tornaram os encontros bem mais instigantes.

Tivemos como meta estimular a criatividade e a curiosidade científica dos estudantes e oferecer aos professores subsídios que permitissem a dinamização de conteúdos curriculares. Por exemplo, na pesquisa do tamanho das planetas e da relação entre eles, o conceito de proporção pôde ser abordado; na construção de um foguete pudemos introduzir conceitos de geometria, em 2 e 3 dimensões, e abordar as conquistas espaciais provocando reflexão sobre os benefícios que estas trouxeram para a humanidade; na montagem de um espectroscópio (utilizando uma caixinha e um pedaço de CD), além do reconhecimento de que a matéria é estruturada a partir de elementos químicos e de que cada um deles possui características específicas que o identificam, criamos condições para que os alunos compreendessem um pouco da natureza da luz, que é a principal fonte de informação sobre as estrelas. Assim, criamos um estímulo para os

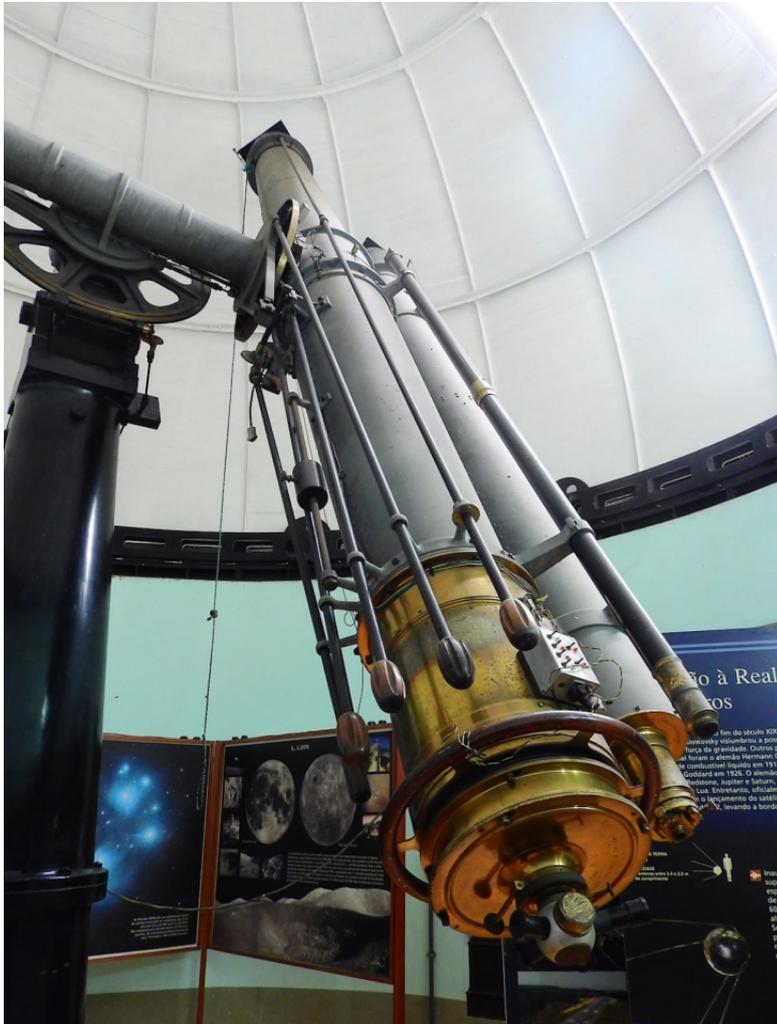


estudantes, capturando sua atenção, despertando sua imaginação e interesse, de modo a tornar o ato de estudar mais prazeroso.

O contato com esses estudantes do ensino fundamental conduziu o grupo do observatório às seguintes constatações: muitos professores introduzem conceitos de difícil assimilação sem usar nenhum artifício que estimule o interesse do estudante por aquele assunto; o estudante tem uma atitude passiva diante de assuntos que são apresentados de maneira formal, sem vínculo com a realidade; a maioria dos estudantes do ensino fundamental têm dificuldade em entender conceitos matemáticos e essa dificuldade é levada

Acima
Caderno de atividades de
Astronomia, produzido pela
Prof.^a Encarnación
Gonzalez a partir da
interação da equipe do
Valongo com alunos e
professores do Ensino
Fundamental.

para o segundo grau, prejudicando o ensino de Física e Química. Essas dificuldades posteriormente serão incorporadas à vida adulta como uma postura anticientífica ou de desconfiança acerca dos resultados da Ciência.



Acima
Telescópio Cooke do Observatório do Valongo (Crédito: Daniel Mello).

Um trabalho de base junto às classes escolares pode mudar esse cenário. Os estudantes que participaram do projeto deixaram registros escritos muito esclarecedores acerca do impacto que a atividade pode ter em suas vidas. Como exemplos, podemos citar:

- *Hoje fui ao Observatório e conheci vocês. Vocês são muito importantes. Gostaria que fossem parte da minha família* — Adílio, 10 anos, Escola Municipal Machado de Assis;
- *Hoje aprendi que a Lua é mais bonita do que imagino. Adorei a visita* — Mariana, 9 anos, Escola Municipal Vicente Licínio Cardoso;
- *A visita ao observatório foi muito legal. O telescópio foi a primeira coisa que visitamos. Ele está em reforma e só falta trocar a lente porque está com astigmatismo* — Isabel, 10 anos, Colégio Rio de Janeiro;
- *Adoro a segunda-feira depois que a tia veio para cá* — Wellen, 9 anos, Vila Residencial da UFRJ;
- *Sabemos a hora também pelo Relógio do Sol. A Terra fica girando e ele fica no mesmo lugar. E o ponteiro dá a hora* — Bruno, 10 anos, Escola Municipal General Mitre.

Entre as atividades propostas, os alunos eram estimulados a desenhar o que viam e aprendiam. A análise desses desenhos demonstrou um grande interesse dos visitantes pelo Telescópio Cooke (o principal telescópio do observatório). Muitos estudantes registram, em seus desenhos, detalhes só perceptíveis a um observador bem atento e frases associadas à apresentação que o astrônomo disse no início da programação. Uma amostra de aproximadamente 400 desenhos conduziu à implementação de melhorias e mudan-

ças na prática pedagógica. Ao comparar registros feitos antes da visita com os feitos depois, verifica-se uma nítida melhora na qualidade das ilustrações (ao serem consideradas apenas a proporcionalidade dos objetos do Sistema Solar). Nos desenhos pós-visita, ficam claras algumas características dos planetas como, por exemplo, o fato dos planetas rochosos não terem anéis, ao contrário dos gasosos. A participação do professor visitante também é muito importante uma vez que o grupo reflete seu estado de animação e interesse. Verificamos que quando a visita é imposta pelo coordenador pedagógico ou pelo diretor da escola, a interação no dia é, em geral, pobre e sem continuidade. Quando a visita era marcada pelo próprio professor com o objetivo de complementar e enriquecer um tema abordado em sala de aula, o encontro tornava-se extremamente produtivo. Visitas do grupo do observatório às escolas também se mostraram muito importantes por criar vínculos com os estudantes e professores.

Verificamos, na prática, que para conseguir produzir uma aula/exposição atraente para esse público ainda em formação é preciso criatividade e o auxílio de alguns parceiros. O método escolhido para a troca de conhecimentos, o tema a ser abordado, o material disponível para executar experimentos, são alguns dos aliados. Mas os melhores parcei-

ros são os próprios estudantes. Com eles aprende-se que não se deve atuar como apresentador e sim como mediador e provocador, criando um ambiente de construção e exploração. No caso das visitas ao observatório, tem-se também como forte aliado o professor. Ele deve sempre participar da criação do programa de visita dos seus alunos e solicitar, quando necessário, acompanhamento para dar continuidade ao tema.

A necessidade do uso de uma linguagem acessível ao público leigo ficou mais evidente no contato com as crianças da Vila Residencial da UFRJ, onde surgiu também a necessidade da criação de jogos e propostas alternativas, que desafiem a imaginação, a habilidade de ler, escrever e contar, para que possam aprender enquanto se divertem. Afinal, brincar é uma forma de conhecer o mundo.

Acreditamos que essa experiência pode e deveria ser reproduzida pelas principais instituições de Astronomia do país. Afinal, a construção da nação é uma tarefa coletiva e nós, astrônomos, também temos um importante papel nessa história •

José Adolfo S. de Campos
adolfo@astro.ufrj.br
Univ. Fed. do Rio de Janeiro



Carlos A. O. Torres

* Belo Horizonte, 24/04/1946

† Itajubá, 02/11/2021

Carlos Alberto Pinto Coelho de Oliveira Torres, ou Beto, entre os colegas, era pesquisador do Laboratório Nacional de Astrofísica e um dos sócios fundadores da SAB.

Carlos Alberto graduou-se em Física pela UFMG: licenciatura em 1969 e bacharelado em 1970. Obteve o título de mestre pelo ITA em 1972. Foi auxiliar de ensino na UFMG entre 1968 e 1971, e no ITA, de 1971 a 1973. Já no Observatório Nacional, mudou-se para Itajubá em 1979 a fim de integrar a equipe do ainda em construção Observatório Astrofísico Brasileiro. Chefiou o OAB desde 1984 e depois foi diretor do LNA até o início de 1994. No LNA, liderou dois importantes levantamentos de estrelas jovens, em parceria com seu amigo e colaborador desde os tempos do ITA, Germano Quast. Um deles é o Pico dos Dias Survey, (PDS) que lhe rendeu o doutorado em 1998, e o outro é o SACY (*Search for Associations Containing Young Stars*). Deles também foi a identificação de estrelas T Tau fora das nuvens interestelares que poderiam tê-las originado, bem como a descoberta, em parceria também com Roger Coziol, Francisco Jablonski, Ramiro de la Reza, Jacques Lépine e Jane Gregório-Hetem, do quasar mais brilhante no universo vizinho, em 1997, dentro do PDS. (*Texto de Mariângela de Oliveira-Abans*).



“ Carlos Alberto Pinto Coelho de Oliveira Torres. Beto para os amigos e familiares. Beto Cabeleira para a cidade de Itajubá. CAPCOT para podermos lembrar do seu longo nome nos documentos. Tio Beto para meus filhos... Carlos Alberto foi um pesquisador incansável e produtivo, com importantes contribuições na área de estrelas jovens. Homem sagaz, de visão estratégica, vislumbrou há tempos o LNA de hoje, as colaborações e os consórcios internacionais. Também transitava amiúde e com facilidade entre as letras e a literatura. Sua paixão por viajar só fez crescer seus já vastos conhecimentos sobre história, geografia e enologia – seu outro grande prazer além da astronomia. E quando viajava conosco, deixava fluir livremente seu repertório culto, intelectual e erudito, sempre entremeado com humor inteligente – por horas a fio (agora sentimos a falta...). Beto deixou um legado científico de peso, que certamente vai levar jovens pesquisadores pelo mesmo caminho. Deixou também um vazio na vida de várias gerações de pesquisadoras e pesquisadores que se formaram durante os 41 anos do OPD. Seus amigos, colegas e familiares seguem em frente, inspirados por sua grande vontade de viver. Obrigada por tudo, Beto! ” — Mariângela de Oliveira-Abans, LNA.

“ Meu relacionamento com o Beto foi bem próximo, tanto como amigo, como orientador informal no meu mestrado. Ocorreu numa época específica da vida dele, começando em 1973, quando ele já tinha terminado o mestrado, no ITA, até a época em que eu saí do LNA em 1985. Depois mantivemos contato mais esporádico, inclusive divergindo em nossas linhas de trabalho. O que eu acho mais importante da contribuição dele ao estabelecimento e viabilização do LNA foi, primeiro, sua participação, junto com o Germano Quast, Sylvio Ferraz Mello, Jair Barroso Júnior, e outros, no trabalho de escolha do sítio, e, segundo, na montagem e operação inicial do equipamento no Pico dos Dias. Ele foi muito ativo, fundamental mesmo, tanto nos aspectos técnicos, quanto políticos dessa empreitada. Acho que não erro quando afirmo que, sem ele, teria sido muito mais difícil e demorado. Sei que ele esteve ligado à descoberta de um quasar, embora o assunto principal dele fosse as estrelas anãs vermelhas e a abundância de lítio. Como pessoa, ele era bem positivo nas suas opiniões. Ele tinha uma formação rica na área de humanidades e relacionadas, acho que por causa de seus tempos como seminarista quando jovem. Tornava nossas discussões astronômicas mais ricas com seus insights históricos. ” — Ivo Busko, NASA/AURA/Space Telescope Science Institute.

À parte de sua estreita e longa amizade com Carlos Alberto, Germano Quast desejou evidenciar dois aspectos que considera muito importantes sobre a contribuição do amigo e colaborador como pesquisador e diretor do LNA. O primeiro é de que ideia original de o Brasil participar tanto do Observatório Gemini como do Telescópio SOAR foi do “Beto”. Ele sabia da importância dos então projetos para o futuro da astronomia brasileira. O segundo aspecto, e que ele fez questão de exaltar, é a dedicação e o grande esforço do “Beto” na criação do LNA. Ele foi incansável nas diligências desde a independência financeira e de gestão do Observatório Nacional até a separação de fato, concomitante à criação do LNA. — Germano Quast, LNA, por telefone a Mariângela de Oliveira-Abans.

O início no ITA, 1973-1975

A criação de um centro de formação de astrônomos no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e a conseqüente formalização de um curso de mestrado em Astronomia, o primeiro do Brasil, atraiu para aquela instituição alguns muito bons estudantes. Um deles foi Carlos Alberto de Oliveira Torres.

Carlos começou seu mestrado em Astronomia no ITA em 1971. Ele já havia feito uma visita preliminar em 1970. Entre aquela primeira visita e o início do mestrado, eu viajei à Europa para congressos e aproveitei para colher sugestões com colegas astrofísicos. A melhor sugestão recebida foi aproveitar a vinda programada de um jovem pesquisador francês para uma estada de um ano no ITA, e escolher um assunto na área em que ele poderia orientar o trabalho. Decidimo-nos pois pelo estudo das estrelas variáveis do tipo Delta Scuti. E para tanto nos preparamos. Carlos começou a estudar esse assunto ao mesmo tempo que fazia cursos para obter os créditos necessários para o mestrado. Porém, o plano não se concretizou. O pesquisador francês não obteve o necessário apoio do governo francês e teve que cancelar sua visita. Enquanto buscávamos uma solução para o problema, chegou-me às mãos um boletim da comissão de estrelas variáveis da União Astronômica Internacional, de fevereiro daquele ano, com uma nota escrita por um astrônomo russo do Observatório Astrofísico da Criméia, Pavel Chugainov, que relatava a descoberta de estrelas variáveis de um novo tipo, BY Draconis, cuja variação ainda que periódica não se enquadrava nas categorias conhecidas e que não tinha explicação plausível, exceto pela possibilidade de que se tratassem de estrelas com grandes manchas na sua superfície levando, pela sua rotação, à variação do brilho. Em uma nota, o editor do boletim chamava a atenção

para a importância de que outras estrelas de mesmo tipo fossem descobertas. Algumas discussões no grupo e em pouco tempo a decisão estava tomada. Esse seria o tema do mestrado de Carlos Alberto.



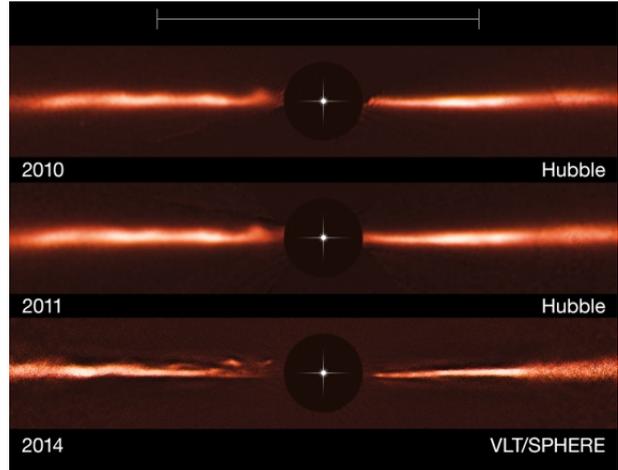
Em pouco tempo Carlos selecionou uma centena de estrelas anãs vermelhas brilhantes do hemisfério Sul. As observações começaram com o telescópio de 50 cm do Observatório Astrofísico do ITA então sob os cuidados de Germano Quast. Nos dois anos que se seguiram, a maior parte delas foi observada. A regra no ITA era de que todas as noites aproveitáveis deveriam ser aproveitadas e os participantes do grupo se revezavam no telescópio noite após noite. Carlos Alberto e Germano organizaram o programa de modo eficiente e várias estrelas variáveis semelhantes a BY Dra foram descobertas. A mais importante delas foi AU Microscopii, atualmente em evidência pela descoberta de um disco de poeira ao seu redor e

de dois planetas no buraco central do disco. Dentre as várias estrelas do tipo BY Dra descobertas, AU Mic foi selecionada para um estudo mais detalhado. O sistema de filtros instalados por Germano no telescópio do ITA permitia medidas em 5 cores (*UBVGR*). As medidas em *V* e *R* foram selecionadas e analisadas com um modelo de manchas. As análises indicaram a presença de duas manchas cobrindo mais de 10% da superfície da estrela e 500 graus mais frias do que o resto da superfície da estrela. Esse e outros resultados de sua tese de mestrado, de 1972, deram origem a dois artigos que foram os primeiros com resultados observacionais em astrofísica ótica obtidos no Brasil a serem publicados em revistas internacionais. O principal deles, publicado em *Astronomy and Astrophysics*, em 1973, teve um bom impacto e manteve-se durante muito tempo como o mais citado entre todos os artigos em *Astronomia* produzidos no Brasil.

Foi um início de carreira brilhante. E o pro-

PDS: Pico dos Dias Survey

O Pico dos Dias Survey (PDS) foi um projeto idealizado em agosto de 1987 com o objetivo de identificar estrelas T Tauri, com base em espectroscopia ótica, de candidatas selecionadas a partir das cores IRAS (*InfraRed Astronomical Satellite*) medidas no infravermelho (em 12, 25, 60 e 100 μm). O excesso no infravermelho é uma das características típicas das T Tauri, devido à poeira presente em seu material circunelar, ainda em fase de acreção nos primeiros estágios evolutivos dessas estrelas de baixa massa (0,5 a 2 M_{\odot}). Para confirmar a juventude das candidatas, foi realizada no Observatório do Pico dos Dias (OPD), em Brazópolis (MG), a obtenção de espectros que pudessem revelar a presença de linhas de emissão, como o H α (656,2 nm), que indicam o processo de a-



Acima: Disco de poeira ao redor de AU Microscopii (Crédito: Hubble/NASA, ESO & ESA).

jeto continuava, estendido que foi ao estudo dos *flares* nas mesmas estrelas, quando um infausto acidente levou a um longo hiato em sua vida. Sua carreira só seria retomada muito tempo depois, mas sempre com a mesma dedicação, a mesma facilidade de trabalhar em equipe, e a mesma criatividade. — Sylvio Ferraz-Mello, IAG/USP.

creção. Além disso, a linha de lítio (em 670,8 nm) foi usada para confirmar a natureza jovem das candidatas.

Dada a longa lista de alvos, o trabalho de coleta de dados foi muito extenso, pois o objetivo era obter pelo menos três espectros por alvo. A lista original impressa, com mais de mil



Acima: Carlos Alberto O. Torres em meio a colaboradores e alunos no simpósio *Issues in Local Star Formation and Early Stellar Evolution*, em Ouro Preto, em 2003.



Acima: Carlos Alberto O. Torres em festa rosé (Crédito: Bruno Vaz Castilho/LNA).

objetos, foi mantida durante todo o projeto, contendo anotações preciosas que foram implementadas a cada noite de observações. De tanto que foi utilizada, Carlos Alberto criou um apelido carinhoso para a lista de candidatas: a *nojenta*.

A dedicação de Carlos Alberto, juntamente com Germano, na obtenção desses dados foi crucial para que em pouco tempo tivéssemos a revelação de um grande número de estrelas T Tauri sendo descobertas, bem como as estrelas Ae/Be de Herbig, que também são jovens, mas têm massa intermediária (2 a 8 M_{\odot}), além de outros objetos interessantes e inesperados. Carlos Alberto foi um dos idealizadores do projeto, e seu depoimento sobre o início do PDS pode ser acompanhado em um vídeo que ele gravou para um evento que recentemente organizamos:

“O PDS teve seu início numa Escola de Inverno, no Parque de Itatiaia, quando Jacques Lépine fez uma palestra mostrando os resultados do mestrado da sua aluna Jane. Isso interessou imediatamente Ramiro e eu, e nos reunimos com Jacques porque estávamos querendo um método para procurar estrelas jo-

vens isoladas. Parecia que o trabalho da Jane ia nos dar o mecanismo. Jane, em algum tempo, preparou uma lista que de tanto ser folheada ganhou o apelido de “a nojenta”. Nesse projeto, que só envolveu brasileiros, descobrimos muitas coisas, como as gigantes ricas em lítio, e o mais interessante: um quasar que era o mais luminoso do Universo local. Descobrimos também, muitas estrelas que tinham linhas de emissão, mas não tinham linhas do lítio. Eu argumentava que isso era porque as linhas estariam veladas. E Jacques dizia que não, que eram estrelas quentes. Discutimos uma noite sobre isso e um convenceu ao outro. Para minha sorte quem estava com a razão era o Jacques, pois eram realmente estrelas Ae/Be de Herbig, que resultou em uma tese na UFMG. O PDS gerou muitos interesses. Por exemplo, quem ficou muito interessado foi o Projeto SETI. E nós, por causa dele, começamos a pertencer ao CoRot e visitamos muitas cidades pela Europa. Numa delas, eu e o Ramiro fomos a Paris, sentamos em frente à Notre Dame, e Ramiro falou que a gente via “tout Paris” passar, e eu falei, não só “tout Paris” mas também brasileiros. E de fato: “Oh Jacques!” eu gritei, porque Jacques virava a esquina naquele exato instante.”



Acima: Carlos Alberto O. Torres com o saudoso Luiz Muniz Barreto, durante a inauguração da sede do LNA em 1993 (Crédito: Acervo do LNA)

Realmente, os resultados do PDS foram impactantes desde as primeiras publicações. No primeiro semestre de 1992, a extinta TV Manchete se interessou em realizar uma matéria no OPD, contando com toda a equipe do PDS, mas com foco principal na figura de Carlos Alberto. Na época, ele chamou as T Tauri isoladas, que estava procurando, como sendo estrelas “pivetes” pois se encontravam distantes dos sítios de formação estelar, suas nuvens-mães. O tema chamou a atenção do jornalista que organizou a matéria, a qual se tornou uma interessante e divertida divulgação ao grande público do dia-a-dia (ou melhor, noite-a-noite) na vida de um astrônomo profissional e também da metodologia científica empregada no estudo de estrelas jovens.

Em 2000, o PDS foi premiado pelo ISI – *Publisher of Web of Science*, na categoria “*Highly Cited Brazilian Articles of the 1990s*”, sendo como um artigo Clássico em Citações. Isso certamente nos trouxe muito orgulho, principalmente considerando as dificuldades que se tinha na época, em que as facilidades observacionais e computacionais eram extremamente limitadas quando comparadas ao que se tem hoje em dia.

A comunidade astronômica brasileira trabalhando na área de estrelas jovens se uniu fortemente a partir da nucleação motivada pela equipe do PDS e com forte colaboração de colegas da UFMG e do ON. Dentre os esforços conjuntos, participamos ativamente dos preparativos para a missão CoRoT, e também organizamos uma reunião científica internacional *Open Issues in Local Star Formation and Early Stellar Evolution*, que ocorreu em Ouro Preto (MG) em 2003, contando com 115 participantes de 15 países. Como reflexo das prolongadas e proveitosas discussões científicas que havíamos tido no desenrolar do projeto PDS, a organização do evento em Ouro Preto foi me-

ticolosa e abrangente, com foco nos processos físicos em objetos estelares jovens, que estavam sendo observados com crescente resolução angular oferecida pela nova geração de telescópios.



Acima: Homenagem aos pioneiros do LNA, em 04/05/2017: Germano Quast, Gustavo Porto de Mello, Cláudio Melo e Carlos Alberto O. Torres (Crédito: Bruno Vaz Castilho/LNA).

O PDS ainda continua a fazer sucesso, graças ao catálogo de estrelas jovens produzido a partir de um critério básico relacionado à matéria circunstelar, ou seja os indícios da presença de discos protoplanetários. Um exemplo é PDS 70, que ficou famosa por ter seu disco confirmado em 2006, 14 anos depois de ter sido lançada como candidata a possuir esse tipo de disco, em 1992 na primeira publicação do PDS. Mais recentemente, em 2019, foi confirmada a presença de pelo menos três planetas associados à estrutura circunstelar de PDS 70.

Esses são apenas alguns exemplos da importante contribuição da pesquisa que Carlos Alberto realizou pela ciência brasileira. O desdobramento natural do PDS foi a busca pelas associações jovens, utilizando a emissão de raios X como forma de selecionar candidatas, conforme descrito a seguir. — Jane Gregório-Hetem, IAG/USP.

O Survey do Sacy e uns causos

Um dia nosso exitoso *survey* do Pico dos Dias estava praticamente finalizado. Tinham sido exploradas todas as possíveis fontes IRAS no infravermelho no chamado *Box das T Tauri* que eram a base de nossa pesquisa como explicado na seção precedente.

Que fazer? Como continuar nosso levantamento com fontes IRAS? Foi então sugerido continuar nossa pesquisa usando estas mesmas fontes IRAS, sempre com excessos no infravermelho, mas desta vez, fora do citado Box. De fato, isto foi feito usando, para esta nova etapa, o telescópio de 1.5 m do ESO no Chile, dentro do acordo ON-ESO. Devo admitir que essa nova tentativa não foi nada boa. Quase nada de interessante foi descoberto.

Nesse momento, frente a esse insucesso, Beto teve uma excelente ideia que revolucionou nossos levantamento e deu origem a um novo tipo de *survey*, não mais baseado em fontes do

IRAS, mas sim em fontes de raios X moles do satélite ROSAT.

Sabemos que a alta rotação das estrelas jovens as torna emissores de raios X moles. Daí veio uma outra excelente ideia (provavelmente também do Beto) de não mais fazer um *survey* baseado em uma zona limitada de fontes como era o caso do *Box das T Tauri*, mas usar fontes distribuídas livremente em todo o céu observável do Hemisfério Sul a partir de La Silla no Chile. Esse tipo de *survey* é chamado de “*survey cego*”.

Foi assim que começou, o que se chamaria o SACY (Search of Associations Containing Young objects) — nome escolhido para homenagear o célebre personagem do folclore brasileiro, o Sacy Pererê. A principal motivação científica do SACY era de descobrir novas associações estelares jovens, hoje conhecidas também como “Grupos Cinemáticos” devido a que seus membros estelares apresentam velocidades espaciais em comum.

Vinhos

Uma vez foi realizada na cidade de Patras, na Grécia, um congresso da IAU. Foi toda uma aventura! Partimos num *Ferry Boat* de Brindisi na Itália rumo a Patras. Beto era um conhecido amoroso de vinhos e eu o tinha prevenido que os gregos tinham um costume, que eu acho estranho e bárbaro, de misturar os vinhos com uma resina! Uma loucura! Beto me diz “*então vamos fazer um mega transporte de vinhos da Itália para Grécia para nosso próprio consumo*”. Foi assim que levamos várias garrafas de vinhos tintos e brancos. Não me lembro o número mas eram muitas, mais de uma dúzia. Chegando à Grécia, recebemos a infame notícia de que existia uma limitação de duas garrafas por pessoa! Que fazer? Aí apareceu uma outra brilhante ideia do Beto: “*Vamos distribuir as garrafas entre os vários astrônomos que viajam no mesmo Ferry*”. Beto, com seu inglês mineiro misturado com francês, e eu chegamos descaradamente a convencer uns oito astrônomos, que sabiamente escolhemos de preferência entre velhos anglo-saxões, evitando latinos. Foi divertidíssimo uma vez passada a fronteira, recuperar toda a muamba e dizer: *thank you, thank you, merci beaucoup, merci beaucoup!*

Sabão em pó

Em Patras precisávamos de sabão de roupa em pó para lavar nossas roupas. Só que na Grécia vendiam grandes pacotes de sabão. Ideal para uma família, mas não no nosso caso. Foi assim que partimos em busca de um “pequeno” pacote de sabão. Ninguém nos entendia. Falávamos de *small, petit, pequeno*, etc., até que o vendedor falou, em bom grego e nos disse MICRO! Deveria ter sido óbvio, não? Até hoje me lembro como rimos desta grande palavra!



Acima: Carlos A. O. Torres na passarela do telescópio de 1,6m do OPD (Crédito: Dilzemeire da Silva/LNA).

Deve-se notar que pouco tempo antes do início do *Pico dos Dias Survey*, nosso grupo tinha descoberto a primeira concentração conhecida de estrelas de tipo pós T Tauri em volta da estrela TW Hya. Hoje este grupo é denominado de Associação TW Hya e é a associação estelar mais jovem conhecida. Nossa descoberta pioneira foi baseada em fontes IRAS e deu origem à metodologia que seria usada no *Pico dos Dias Survey*.

Esta descoberta motivou alguns outros grupos internacionais a começarem a procurar novas associações, usando diversos métodos. Carlos Alberto se transformou na verdadeira locomotiva do projeto SACY. Foram descobertas outras associações jovens de diferentes idades e completadas outras descobertas por outros autores. Tudo isso graças a sua feliz iniciativa.

Como anedota de nossa pesquisa, conto uma história peculiar que eu acho divertida. Tínha-

mos acabado de descobrir uma grande associação (hoje muito citada) com objetos localizados principalmente na constelação do Relógio (Horologium). Esta tem ao seu lado a constelação do Tucano. Devido a esta aproximação com Tucana, ele me propõe chamá-la de Tucana, para homenagear um partido político com o qual se afinava. Logicamente, eu me opus terminantemente baseado no rigor científico, já que a maioria dos objetos estavam em Horologium. Claro, Beto concordou comigo!, e esta foi nomeada da Associação de Horologium. Mas não deu outra, dois meses depois, um americano, nosso principal concorrente na época, publicou a descoberta da Associação de Tucana, na constelação vizinha! Hoje, na literatura esta enorme associação é conhecida como a Associação de Tucana-Horologium.

Carlos Alberto tinha o costume, bem natural de muitos cientistas, de seguir o número de suas citações. Por isso fui consultar o número de citações da principal fonte do SACY em 2006 e deu um número importante de 588 citações — Ramiro de la Reza, ON/MCTI.



Acima: Carlos Alberto com sua esposa Renata (Crédito: Acervo pessoal da família).



S.A.B.