

REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA
ANO 61 - NÚMERO 4 - OUTUBRO/NOVEMBRO/DEZEMBRO DE 2009

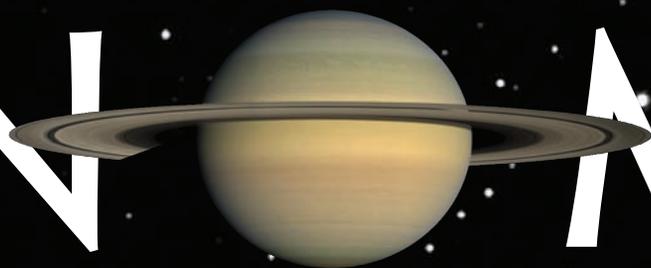
Ciência & Cultura

TEMAS E TENDÊNCIAS

A S T R



N M I A



Artigos Ensaios

<http://cienciaecultura.bvs.br>

A revista *Ciência e Cultura* criou a seção **Artigos & Ensaios**, quatro páginas destinadas a atender demandas espontâneas da comunidade científica que não se encaixem dentro do Núcleo Temático de cada número. A seção abriga textos com uma reflexão sobre temas da atualidade científica e de interesse da sociedade como um todo, nas grandes áreas do conhecimento.

A formatação dos artigos deverá seguir as **normas** publicadas abaixo. Os textos serão avaliados por pareceristas e sua publicação seguirá agenda de interesse editorial da revista. Não é recomendada a submissão de artigos e ensaios de interesse exclusivo de grupos de especialistas ou que tenham sido anteriormente publicados, em veículos da comunidade científica ou mídia em geral.

NORMAS

SEÇÃO ARTIGOS & ENSAIOS Possui 4 páginas, destinadas a um texto de 17,5 mil caracteres com espaçamento (sem imagens) ou 16 mil (com até 3 imagens).

FORMATO Cada artigo terá o máximo de 3 gráficos, tabelas ou imagens, considerados fundamentais para a ilustração e melhor entendimento do texto. Esse material deve ser enviado em arquivo separado e com antecedência, para sua confecção e checagem junto ao articulista. O envio de número superior a esse deverá oferecer a opção de escolha para a edição, se houver necessidade de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS As citações e referências serão indexadas numericamente no texto, em ordem crescente, e aparecerão no final do artigo, sob o título **Notas e Referências**, se ambas ocorrerem; ou **Notas**, ou **Referências**, se apenas uma das duas ocorrer. Existe, ainda, a opção **Bibliografia consultada**, sem citações referenciadas e numeradas ao longo do texto.

RODAPÉ Notas de rodapé não são utilizadas.

CRÉDITO A assinatura do articulista virá logo abaixo do título e suas qualificações – que devem ser encaminhadas **sempre** no corpo do texto e não exceder cinco linhas – serão editadas ao final. Modelo: *José da Silva é biólogo, professor titular do Instituto de Bioquímica da Universidade de São Paulo (USP) e presidente do Centro de Pesquisa em Biologia Molecular do Instituto XYZ.*

PRAZOS Os textos serão avaliados por membros do conselho editorial da revista. A qualidade de texto, informação e pertinência dos artigos e ensaios são essenciais para a sua aprovação. Uma vez aprovados, os textos serão publicados de acordo com a relevância e urgência dos temas

abordados. Depois de aprovados, os textos passarão por um processo de revisão editorial e reenviados para checagem dos autores, que deverão devolvê-los, com devidos ajustes e/ou aprovação em, no máximo, 48 horas.

DESTAQUES Os destaques dentro do texto – como palavras ou expressões que se queira salientar, devem vir em **negrito** – citações de frases, capítulos deverão receber **aspas**; palavras estrangeiras e títulos de obras aparecerão em **itálico**. Deve-se evitar o excesso de destaques por página.

REFERÊNCIAS O padrão de referências adotado segue exemplificado abaixo:

1. Hershko, A.; Ciehanover, M. L. *Nature*, Vol.6, n.1073. 2002.
2. Elias, N. *O processo civilizador- uma história de costumes*. Vol.I Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 1990.
3. Tavares, J.V. “A violência como dispositivo de excesso de poder. *In Revista Crítica de Ciências Sociais*. Centro de Estudos de Coimbra, Vol.37, p.132. Junho de 1993.
4. Diaz, M., *op cit.* pp.345-347. 1987.

ENVIO DE MATERIAL Os textos devem ser produzidos em arquivo Word. Ilustrações e gráficos devem ser enviados em arquivo separado, com os detalhes necessários para sua identificação, como: crédito, legenda, fonte, etc.

SIGLAS As siglas constantes no texto devem **sempre** aparecer por extenso na primeira vez em que forem utilizadas.

CONTATO É recomendável que cada articulista coloque seus dados para eventual contato (e-mail ou tel) quando alguma dúvida surgir no processo de edição.

3 EDITORIAL

4 TENDÊNCIAS

SUSTENTABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL NA
AQUICULTURA

Juliana S. Gonçalves Lima
Manoel Mendonça Filho

BRASIL



Juan Carlos Tomasi/MSF

Barbeiro causador de Chagas

6 DOENÇA CENTENÁRIA É AINDA NEGLIGENCIADA

8 DECRETO DEIXA LACUNAS NA REGULAMENTAÇÃO DO USO DE ANIMAIS EM PESQUISAS

10 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL É DESTAQUE EM NOVO MINISTÉRIO

11 PESQUISA E TECNOLOGIA IMPULSIONAM A VANGUARDA DA INDÚSTRIA

MUNDO

14 EUA POSSUEM GRANDE NÚMERO E VARIEDADE DE PUBLICAÇÕES DE DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA

16 1984: O FUTURO CHEGOU E AMEAÇA DIREITO DO USUÁRIO

**NÚCLEO TEMÁTICO:
ASTRONOMIA**

ARTIGOS



20

APRESENTAÇÃO

Os maiores desafios da astronomia moderna

Claudia Mendes de Oliveira
Dúflia de Mello

23

O estranho universo em que vivemos

Raul Abramo

28

Procuram-se planetas

Adriana Válio

33

Nem toda estrela é jovem

Denise R. Gonçalves

38

Buracos negros supermassivos: os monstros que se escondem no centro das galáxias

Thaísa Storchi Bergmann

42

1609: da astronomia tradicional ao nascimento da astrofísica

Anastasia Guidi Itokazu

45

Astronomia no Brasil

João E. Steiner

NOTÍCIAS 50

PESQUISAS 53

A & E

56 POR QUE É NECESSÁRIO REGULAMENTAR A PUBLICIDADE DE ALIMENTOS

Carlos Augusto Monteiro e
Inês Rugani Ribeiro de Castro

CULTURA

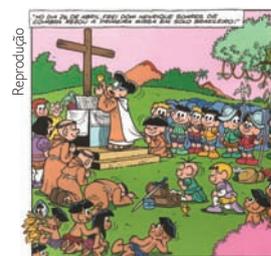


Reprodução

Público esbanjou criatividade e liberdade

60 WOODSTOCK 40 ANOS DO FESTIVAL QUE MARCOU A MÚSICA E AS GERAÇÕES

62 HQS QUADRINHOS ENTRARAM NA ESCOLA



Reprodução

Uso no ensino de história

64 PATRIMÔNIO CULTURAL GUIAS HISTÓRICO-TURÍSTICOS BUSCAM IDENTIDADE E ATRATIVOS NACIONAIS

66 PROSA ANA PELUSO

68 POESIA EDNER MORELLI

E X P E D I E N T E

Ciência&Cultura
<http://cienciaecultura.bvs.br>

CONSELHO EDITORIAL

Ana Maria Fernandes, André Tosi Furtado, Carlos Vogt, Celso Pinto de Melo, Dora Fix Ventura, Francisco Cesar de Sá Barreto, Gilberto Cardoso Alves Velho, Hernan Chaimovich Guralnik, Ima Célia Guimarães Vieira, Isaac Roitman, João Lucas Marques Barbosa, Luiz Eugênio de Mello, Marcelo Marcos Morales, Phillippe Navaux, Regina Pekelman Markus

EDITOR CHEFE
Marcelo Knobel

EDITORA EXECUTIVA
Wanda Jorge

EDITORA ASSISTENTE
Germana Barata

EQUIPE DE REPORTAGEM
Bruno Buys, Bruno L' Astorina, Cristina Caldas,
Enio R. Barbosa Silva, Fabio Reynol,
Leonor Assad, Patrícia Mariuzzo,
Rodrigo Cunha, Victoria Flório

CAPA
João Baptista da Costa Aguiar

DIAGRAMAÇÃO
Carla Castilho | Estúdio
Márcia Gervastock (assistente de arte)
Luis Paulo Silva (tratamento de imagens)

REVISÃO
Daisy Silva de Lara

CONSULTORES
Literatura
Alcir Pécora, Carlos Vogt, Paulo Franchetti

DIRETORIA DA SBPC

PRESIDENTE
Marco Antônio Raupp

VICE-PRESIDENTES
Helena Bonciani Nader
Otávio G. Cardoso Alves Velho

SECRETÁRIO-GERAL
Aldo Malvasi

SECRETÁRIOS
Vera Maria Fonseca Val
Dante Augusto Couto Barone
Rute Maria Gonçalves Andrade

TESOUREIROS
José Raimundo Braga Coelho
Lisbeth Kaiserlian Cordani

CONTATOS
Redação
cienciaecultura@sbpcnet.org.br

Revista *Ciência e Cultura*
ISSN 0009-6725

Não basta ter o universo nos circundando; é preciso observá-lo, desvendá-lo, estabelecer conexões com a nossa história e nossa sociedade. Esse é o grande desafio da astronomia, tema a que se dedica esta edição de *Ciência & Cultura*, sob coordenação de Claudia Mendes de Oliveira e Duília de Mello, para mostrar tanto a história e o acúmulo de conhecimento que a observação dos astros e estrelas tem permitido à ciência, quanto permitir uma reflexão aprofundada das novas fronteiras da pesquisa na área. Vale destacar que este é o Ano Internacional da Astronomia, que celebra 400 anos das primeiras observações do céu feitas com telescópio por Galileu Galilei.

Olhar para as questões com os sentidos apurados e abertos a mudanças também é o objetivo do texto da seção “Artigos & Ensaios” que trata da situação alimentar do planeta e, mais especificamente, do Brasil. Maior produção de alimentos não tem implicado, necessariamente, em melhor saúde e menos fome para a população. Ao contrário, questões como obesidade, diabetes e outras doenças decorrentes da má alimentação preocupam organismos públicos dedicados a promover a saúde. Os autores Carlos Augusto Monteiro e Inês Rugani de Castro miram sua reflexão na publicidade e seu papel na formação de hábitos alimentares incorretos.

Em “Tendências”, Juliana Schober Lima e Manoel Mendonça Filho, ambos da Universidade Federal de Sergipe, preocupam-se com a sustentabilidade socioambiental da aquicultura no Nordeste, focando a análise no cultivo de camarões.

Esta edição traz ainda reportagens que tratam de grandes questões, como a que lembra os cem anos da identificação, pelo cientista Carlos Chagas, do *Trypanosoma cruzi*, causador da doença que levou o nome do cientista. Após um século, a doença de Chagas ainda provoca a morte silenciosa de tantas vítimas do barbeiro.

Boa leitura!

MARCELO KNOBEL

Outubro de 2009

SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA AQUICULTURA

*Juliana Schober Gonçalves Lima
Manoel Mendonça Filho*

Em diferentes lugares e de modos variados tem-se o registro histórico cultural da prática de captura de espécies aquáticas para que estas se desenvolvessem em confinamento. Foram mudanças no modo de vida das pessoas que permitiram reconhecer a criação e armazenamento do pescado vivo como estratégia de subsistência. Isso ocorreu com povos geograficamente espalhados pelo globo, marcados por diferentes processos socioculturais e operacionalizados através de diferentes estratégias. Somente no século XX a aquicultura passou a integrar o conjunto de atividades de produção industrial mais controladas. Além da compreensão dos hábitos naturais dos organismos aquáticos, importantes mudanças econômicas e geopolíticas permitiram a expansão da atividade e o refinamento da tecnologia de produção disponível. Atualmente, a aquicultura tornou-se uma atividade industrial de grande importância para diversos países, como é o caso da China (1). Em 2006, o total de pescado produzido no mundo foi em torno de 110 milhões de toneladas. A aquicultura participou com 47% desse montante, com perspectiva de aumento da produção em resposta a crescente demanda mundial (1). O crescimento da produção da aquicultura mundial

tem sido acompanhado por críticas e incertezas sobre a sustentabilidade da atividade. Esse fato é especialmente verdadeiro para as espécies de elevado valor econômico, como é o caso dos camarões marinhos. A crise de sustentabilidade não se restringe à dimensão biofísica. Há uma dimensão geopolítica que tematiza a questão do impacto ambiental e aponta tanto para uma reestruturação tecnológica quanto para mudanças socioculturais relacionadas ao cultivo e modo de vida dos produtores (2).

No Brasil, o desenvolvimento da aquicultura está fortemente relacionado ao cultivo do camarão da espécie *Penaeus vannamei* com uma produção estimada em 76 mil toneladas. Atualmente, o camarão representa o principal produto da pauta de exportação da aquicultura nacional (3).

CULTIVO DE CAMARÕES EM SERGIPE

A carcinicultura no estado de Sergipe é atividade recente e representa apenas 3,4% do total da produção da aquicultura nacional, com cerca de 2.540 toneladas (3). Esse estudo é focado no estuário Vaza-Barris (SE), onde a comunidade rural local demonstra forte integração sociocultural com a atividade.

Sintomaticamente, as circunstâncias que ocasionaram o estudo foram marcadas por questões jurídicas, contrapondo ní-

veis de competência institucional sobre a regulamentação e fiscalização da atividade que envolve o Ibama e o Ministério Público, além de outros órgãos governamentais. Tendo como pivô a delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APP), a pesquisa se deparou com um complexo cenário envolvendo legislação ambiental, interesses comerciais e condições de vida de grupos socioculturais locais. A multiplicidade de dimensões concretas do campo força uma reflexão sobre método de pesquisa e natureza do objeto.

De acordo com observações diretas e registros de campo, alguns viveiros de Vaza-Barris são bastante antigos, com idades acima de 200 anos. Tal realidade mostra que apesar da carcinicultura ser atividade recente, a comunidade local já fazia uso dos viveiros através da criação de peixes de forma extensiva, evidenciando uma afinidade histórica com a prática da aquicultura estuarina.

Essa prática histórica apresenta duas consequências importantes para a utilização do espaço no estuário Vaza-Barris. A primeira é uma tendência previsível dos espaços que já haviam sendo utilizados pela aquicultura extensiva através do cultivo de peixes se transformarem em outras atividades relacionadas a essa prática, porém, utilizando espécies de maior valor econômico, como foi o caso da adoção do cultivo de camarão.

Outra consequência importante está relacionada aos conflitos gerados pela conversão do cultivo de peixes em cultivo de camarão, sobretudo após a delimitação no estado de Sergipe das APPs. Parcela expressiva da produção de camarões do estado é oriunda de propriedades localizadas em APPs, que atuam de forma irregular e sem licenciamento.

Neste contexto, considerando a importância da atividade e seus impactos ambientais, socioculturais e econômicos é que se colocam urgentes questões de mudanças de manejo durante o ciclo produtivo que sejam socioambientalmente adequadas e político-economicamente viáveis. Apesar de muitos dos problemas ambientais poderem ser solucionados através da adoção de práticas de manejo específicas (4), esse estudo demonstra que tal mudança é um processo complexo que não depende apenas de soluções técnicas.

Os resultados preliminares observados mostram que os viveiros de camarão são distribuídos no estuário em áreas sob diferentes pressões antrópicas, fator determinante para o papel das carciniculturas como emissoras ou absorventes de matéria orgânica e nutrientes dos ecossistemas adjacentes. Os níveis econômico-culturais e de qualidade de vida dos segmentos de população envolvidas na produção é preponderantemente médio baixo. Os manejos empregados pelos carcinicultores do Vaza-Barris evidenciam, em geral, o uso de práticas de baixo impacto ambiental.

Os policultivos com peixes estuarinos foram observados e identificou-se que tal prática pode aumentar a sustentabilidade dos sistemas apresentando van-

tagens econômicas e ambientais como o aumento da renda do produtor e uma melhor utilização dos recursos naturais disponíveis dentro dos viveiros através da utilização de vários nichos tróficos. As despescas se sustentam com base em mão-de-obra local informal. Além da geração de empregos temporários, observou-se que determinados produtos resultantes da despesca, incluindo crustáceos e peixes, são compartilhados com a população local. Notando-se um número significativo de famílias tradicionalmente vinculadas a atividades extrativistas no mangue coletando itens alimentares nos viveiros após a despesca.

CONCLUSÕES E TENDÊNCIAS Os resultados obtidos até o momento apontam práticas sustentáveis desenvolvidas pela população local que devem ser estimuladas e aprimoradas na adoção de novos manejos. Enfoques ecossistêmicos (5) apresentam muitas vantagens nesse cenário, por considerarem uma ampla gama de esferas, influências e atores envolvidos no processo produtivo. Índices de sustentabilidade têm sido apontados como de grande relevância para a determinação da sustentabilidade dos sistemas de aquicultura. Tais índices apresentam aplicação prática no contexto dessa pesquisa para a comparação da sustentabilidade dos manejos adotados. Mecanismos para a medição de uma sustentabilidade entendida como necessariamente socioambiental devem ser oferecidos como subsídio para as discussões sobre adequação e viabilidade jurídica, cultural e econômica dos modos de produção a serem implementados. Efeito dos resultados produzidos pelas

análises multidisciplinares, viabilizadas por uma associação de pesquisadores em aquicultura com pesquisadores em processos socioculturais, aponta para um método de pesquisa que amplia a construção do objeto de estudo integrando as dimensões biofísicas com as dimensões político, culturais e econômicas. Neste contexto, é uma avaliação de efetividade do modelo desenvolvido, e não apenas a sua eficácia técnica, que passa a orientar a pesquisa e a invenção de novas tecnologias de manejo e produção em carcinicultura.

Juliana Schober Gonçalves Lima é professora adjunta do Núcleo de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Manoel Mendonça Filho é professor associado do Departamento de Psicologia da UFS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sofia. "The state of fisheries and aquaculture". FAO. Roma. 196p. 2009.
2. Castoriades, Cornelius. *Da ecologia à autonomia*. Trad. Luiz Fortes, São Paulo: Ed. Brasiliense. 1982.
3. Ibama. Estatística da Pesca 2004. Ibama/MMA. 136p. 2005.
4. Boyd, Claude E.; Tucker, Craig; McNevin, Aaron; Bostick, Katherine & Clay, Jason. "Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture". *Reviews in Fisheries Science*, Vol.15, pp.327-360. 2007.
5. Costa-Pierce. "An ecosystem approach to marine aquaculture: a global review". In: D. Soto, J. Aguilar-Manjarrez & N. Hishamunda (Eds.). *Building an ecosystem approach to aquaculture*. FAO/Universitat de les Illes Balears Experts Workshop. 7-11 May 2007, Palma de Mallorca, Spain. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, Rome, FAO, n.14, pp.81-115. 2008.

Juan Carlos Tomasi/MSF



Há cerca de 1,6 milhão de portadores da doença de Chagas no país. O Ministério da Saúde registrou 131 novos casos em 2008

DOENÇA DE CHAGAS

Vivendo esquecidos e morrendo como passarinhos

“Quero morrer como um passarinho, sem fazer barulho”. Maria dizia isso sempre que o assunto era morte. Às vezes acrescentava “minha mãe morreu assim, quando eu tinha seis anos. A gente tava andando na roça. De repente ela caiu e morreu”. A roça era mineira, num canto perdido de Buenópolis, distante uns 300 km de Belo Horizonte. Hoje faz parte do município de Joaquim Felício. Maria e dois de seus irmãos eram portadores

da doença de Chagas e viveram muitos anos sem saber por que sentiam palpitações, insuficiência cardíaca, engasgo, constipação e outros sintomas relacionados à doença.

Não muito distante de lá, em 1908, no povoado de São Gonçalo das Taboas, hoje município de Lassance, o médico Carlos Chagas, trabalhava no combate a uma epidemia de malária que afetava as obras do prolongamento da Estrada de Ferro Central do Brasil, na região do rio das Velhas, entre Corinto e Pirapora. Enquanto coordenava a campanha, estudava insetos da região e montou um laboratório improvisado num vagão de trem que lhe servia também de dormitório. Sabendo da im-

portância dos insetos sugadores de sangue como transmissores de doenças parasitárias, examinou vários exemplares de um percevejo hematófago comum na região.

Popularmente chamado barbeiro (*Triatoma infestans*), pelo hábito de picar o rosto de suas vítimas enquanto dormem, esse inseto era abundante nas choupanas de pau-a-pique da região. De dia escondiam-se nas frestas e buracos das paredes de barro, à noite picavam seus moradores. No intestino desses percevejos, Chagas encontrou protozoários que foram posteriormente identificados no Instituto Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro, como sendo de uma nova espécie, a qual recebeu o nome de *Trypanossoma cruzi*, em homenagem a Oswaldo Cruz. Ainda em Lassance, Chagas fez inúmeros exames de sangue nos moradores.

CENTENÁRIO DA DESCOBERTA Todo esse trabalho valeu a pena. Em 14 de abril de 1909, encontrou finalmente o parasito no sangue de uma criança, Berenice, uma menina de dois anos. Foi o primeiro caso de uma nova doença humana, batizada de doença de Chagas. De um laboratório improvisado no interior mineiro, e com o apoio de pesquisadores do Instituto Oswaldo Cruz, Chagas realizou um feito notável e inédito: identificou o parasito, seu vetor (inseto que transmite a doença) e a doença que o parasito causava.



Cem anos depois, persiste um constrangedor silêncio em torno de quem vive com a doença de Chagas. Tentando romper esse silêncio, a organização internacional humanitária Médicos Sem Fronteiras (MSF) lançou, em 9 de julho passado, a campanha “Chagas: é hora de romper o silêncio”. A data não foi escolhida por um acaso: 2009 é o ano do centenário do descobrimento da doença de Chagas e em 9 de julho de 1878 nascia, na Fazenda Bom Retiro, próximo à pequena cidade de Oliveira, Minas Gerais, Carlos Chagas. Gabriela Chaves, membro no Brasil da MSF, explica que se trata de um apelo para que “os governos dos países endêmicos não considerem os pacientes casos perdidos, e apostem no diagnóstico e no tratamento de pessoas infectadas, em vez de se concentrar somente no controle vetorial”. E acrescenta “é necessário maior esforço em pesquisa e desenvolvimento de novos medicamentos”.

A doença de Chagas é, dentre as doenças infecto-parasitárias, a quarta causa de morte no Brasil. João Carlos Pinto Dias, pesquisador do Centro de Pesquisa René Rachou (CPqRR), unidade da Fiocruz situada em Belo Horizonte, afirma que existem no Brasil “entre 2 e 2,5 milhões de portadores de doença de Chagas, e entre 4 e 5 mil óbitos são registrados por ano. Os principais estados atingidos são Minas Gerais, Goiás e Bahia, afetando principal-

mente homens entre 50 e 65 anos”. No mundo são cerca de 16 milhões de pessoas infectadas.

Muitos portadores convivem com a doença sem saber. Quando há sintoma, explica Dias, o diagnóstico é feito por sorologia convencional amplamente disponível nos laboratórios de análise e também nos laboratórios públicos. Dias é um dos principais especialistas em doença de Chagas no Brasil e estima que “pelo menos 40% das pessoas infectadas com Chagas são totalmente assintomáticas e só são descobertos em inquéritos sorológicos ou na doação de sangue”. As formas mais importantes de transmissão da doença ainda são as vetoriais, seja via lesão resultante da picada, seja por mucosa ocular ou oral, mas também apresentam importância epidemiológica a transmissão por transfusão e congênita, alerta o pesquisador.

MIGRAÇÃO RURAL No Brasil, a mudança para os centros urbanos fez surgir a transmissão da doença de Chagas por transfusão sanguínea, quando indivíduos infectados passaram a vender sangue para sobreviver. Um trabalho publicado por Dias em 2007 (*Cad. Saúde Pública*, Supl.23, 2007) aponta que cerca de 70% dos indivíduos infectados no Brasil vivem nas cidades, fazendo com que o risco de transmissão por transfusão sanguínea seja muito alto, caso não haja um rigoroso controle nos bancos de

sangue. Por isso, dentre as estratégias de combate à doença de Chagas que estão sendo adotadas pelo Ministério da Saúde está o trabalho da Coordenação da Política Nacional de Sangue e Hemoderivados supervisionando e apoiando a seleção sorológica de candidatos à doação de sangue no país. Embora seja difícil a erradicação da doença devido à intensa circulação do parasito entre reservatórios e vetores silvestres, o controle é possível, impedindo a transmissão por transfusão e com uma contínua vigilância, em todos os municípios, para que o inseto vetor não mais colonize residências humanas. “No fim dos anos setenta se estimavam 100 mil novos casos por ano no Brasil, hoje registram-se pouco mais de 100 novos casos por ano, portanto uma redução de mil vezes”, acrescenta Dias.

Em 2006, a Organização Panamericana de Saúde, vinculada à Organização Mundial de Saúde (Opas/OMS), declarou o Brasil livre da transmissão da doença de Chagas pela principal espécie vetora, o barbeiro. Gabriela Chaves, do MSF, considera que “isso gerou uma certa confusão de que não temos mais doença de Chagas pois na época a Amazônia não era considerada uma região endêmica.” Dados do Ministério da Saúde indicam que em 2005 foram notificados 10 casos de doença de Chagas nos estados da região Norte. Em 2006, foram 88 casos, passando a 157 em 2007, e 124 em

2008. O maior número de ocorrências foi registrado no Pará, passando de 83 em 2006, para 109 em 2007 e 99 em 2008.

Tentando detectar melhor o problema, a MSF e a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) estabeleceram uma parceria para a implantação do programa de Capacitação para o Diagnóstico e o Tratamento da Doença de Chagas na Região da Amazônia Brasileira. “Por meio dessa parceria, profissionais são treinados para identificar nas lâminas de malária o parasita que provoca o mal de Chagas”, diz Gabriela.

TRATAR OS DOENTES Outro grande desafio é o tratamento dos afetados. Apesar de potencialmente mortal, historicamente os programas de saúde de combate ao mal de Chagas deram ênfase à prevenção e à luta contra o vetor, deixando em segundo plano o tratamento dos já infectados. Gabriela considera que, por ser uma doença associada à pobreza e a populações de baixa escolaridade, com muitos dos infectados convivendo com a doença durante anos, ela permanece esquecida. Os medicamentos existentes atualmente – benznidazol e nifurtimox – foram desenvolvidos há mais de 35 anos. Os investimentos em pesquisa também são incipientes. O G-Finder (Global Funding of Innovation for Neglected Diseases), inquérito realizado pelo The

George Institute for International Health, que tem por objetivo traçar um panorama internacional dos investimentos em pesquisas de novos produtos e tecnologias para o tratamento de doenças negligenciadas, constatou que em 2007 foram gastos apenas US\$ 10,1 milhões em pesquisas sobre a doença de Chagas. Menos da metade foi gasto com a pesquisa de medicamentos, vacinas, diagnósticos e produtos de controle vetorial.

Dias afirma que há um esforço no Brasil para capacitar profissionais de saúde e que existem pesquisas sobre novas drogas. “Há desenvolvimento de células-tronco e existem pesquisas de novas formulações dos inseticidas convencionais; este ano deve sair uma pesquisa associando drogas e outra com posaconazol, um antifúngico que tem se revelado muito eficiente contra o *T. cruzi* em experimentos em animais”, diz o pesquisador assinalando que para enfrentar a doença de Chagas “as palavras mágicas são continuidade, determinação e vontade política”. Dias acrescenta, “como dizia o próprio Chagas, em 1934: o importante, acima das glórias acadêmicas, é acabar com esta doença e cuidar dessa pobre gente”. E romper o silêncio em torno de Marias e Josés que vivem e sofrem com a doença de Chagas.

Leonor Assad

EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL

Decreto deixa lacunas na regulamentação do uso de animais em pesquisas

A partir de 2005, deu-se início a várias tentativas legislativas de banir a experimentação científica animal em importantes municípios brasileiros. Esses movimentos preocuparam a comunidade científica e foram decisivos para a renovação da legislação federal datada de 1979. Em outubro do ano passado, um projeto de lei nacional, que tramitava desde 1995, foi sancionado na Lei 11.794, e, no último dia 15 de julho, o decreto 6.899 finalmente regulamentou a sua aplicação. Esses quase 13 anos de tramitação não impediu que o texto deixasse de fora algumas demandas da academia e de entidades de defesa dos animais. As falhas iniciam em um dos pontos considerados fortes da lei: a criação do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (Concea), uma instância superior que deve formular normas, monitorar e credenciar instituições que praticam atividades científicas com animais em todo o país. Pela lei, a presidência do Concea é destinada a um membro designado pelo Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT) ao qual o conselho



Cemib/Unicamp

Camundongos das linhagens nude (à esq. e dir.) e albino usados em experimentação

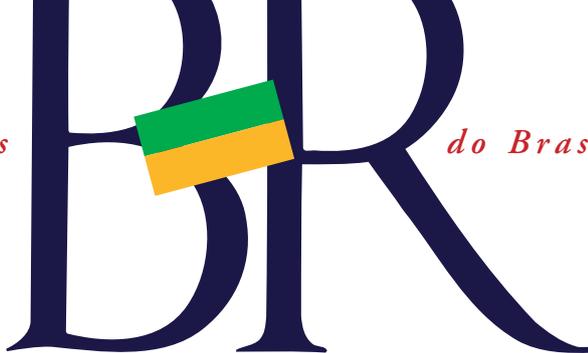
estará subordinado. Porém, as ações de fiscalização ficam a cargo de cinco ministérios: Agricultura, Saúde, Educação, Meio Ambiente além do próprio MCT. Segundo Ana Tereza Pinto Filipecki, Carlos José Saldanha Machado e Márcia de Oliveira Teixeira, pesquisadores em saúde pública da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), é fácil prever problemas de ordem administrativa com tantos órgãos responsáveis pela mesma atividade.

Esse e outros problemas encontrados na Lei 11.794/98 e no Decreto 6.899/09, foram levantados pelos cientistas da Fiocruz, que publicaram carta sobre o tema na revista *Science* (Vol.324, 2009). Um dos pontos mais polêmicos, afirmam, está no artigo 18 da lei que estipula a “interdição definitiva para o exercício da atividade”, ou seja, uma espécie de “cassação de diploma”, uma prerrogativa

dos órgãos reguladores de cada atividade profissional. “O problema é saber como isso vai se dar”, expõe Ana Filipecki, “estamos falando de várias profissões diferentes: farmacêuticos, biólogos, médicos, biomédicos, químicos, veterinários... e cada uma com órgãos próprios de registro e fiscalização. Como essa interdição poderá se dar?”, pergunta. Uma decisão do Concea, nesse sentido, poderá soar como uma ingerência nesses conselhos profissionais. Para Ana Tereza, Márcia e Saldanha, a lei também é tímida quanto à aplicação de métodos alternativos ao uso de animais. Eles acreditam que um marco regulatório seria uma forma de fortalecer iniciativas de desenvolvimento de métodos que iriam, gradualmente, substituindo a pesquisa com cobaias, como a cultura de células e a modelagem computacional. “Para que essa

substituição ocorra, é preciso trabalhar em paralelo com alternativas, mas isso exige alocação de recursos, o que não tem ocorrido muito no Brasil”, relata Saldanha.

A lei também não diferencia pesquisas com base em seus objetivos e perde a oportunidade de vetar o uso de animais em testes de cosméticos, por exemplo. Essa omissão é alvo de críticas de ambientalistas e membros da comunidade científica. “Seria bom hierarquizar as prioridades de pesquisa e restringir o uso à saúde pública”, diz Saldanha. O advogado especializado em meio ambiente, Werner Grau, tem opinião semelhante. “Sou contra o uso de animais em pesquisas para quaisquer objetivos, mas é óbvio que uma coisa é desenvolver uma droga contra o câncer, outra, bem diferente, é usar animais para testar um batom, por exemplo. A lei poderia vetar, pelo menos, essa aplicação”, lamenta. Grau também critica a disparidade das multas previstas na Lei 11.794 em comparação à legislação relacionada ao meio ambiente. Enquanto as multas por degradação ambiental atingem a casa dos milhões de reais, as transgressões que atingem os animais em laboratório não ultrapassam R\$ 20 mil, de acordo com o artigo 7º da lei.



A omissão de idade mínima para execução de experimentos com animais e a ausência dos conselhos federal e estaduais de medicina veterinária no Concea são outros pontos criticados pelos cientistas da Fiocruz. O primeiro item ficará a cargo de cada pesquisador e orientador que deverão decidir se seus alunos menores de idade farão ou não atividades de pesquisa com animais. O segundo ponto surpreende pelo fato de os veterinários serem responsáveis por procedimentos como eutanásias e anestésias em animais submetidos a estudos. Ao acompanhar o projeto de lei original, desde 1995, Carlos Saldanha prevê que as brechas devem desaparecer com o tempo, já que cada laboratório deverá adequar-se de acordo com suas práticas e costumes, um desgaste que poderia ter sido evitado. “Não é apenas o caso dessa lei, mas o processo legislativo brasileiro costuma ser assim, faz-se a lei e depois tiram-se as arestas”, comenta o cientista que criticou também a pouca abertura do debate apesar do longo tempo de tramitação do projeto. “Se houvesse mais audiências públicas e fossem ouvidas as análises no decorrer do processo, muitas dessas lacunas não existiriam”.

Fabio Reynol

PESCA E AQUICULTURA

Desenvolvimento sustentável é destaque em novo ministério

Junho foi bom para a aquicultura brasileira. Nos primeiros dias do mês foi realizado, em Brasília, o Workshop sobre Aquicultura Sustentável com o objetivo de definir e padronizar uma metodologia de avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção aquícola no Brasil. O evento foi coroado com a decisão do presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, de sancionar a lei que criou o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), em substituição à Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (Seap). Altemir Gregolin, que já tinha status de ministro à frente da Seap permanece no cargo. A criação do ministério permite maior autonomia e recursos para o desenvolvimento do setor pesqueiro nacional.

O cultivo de organismos aquáticos em cativeiro (aquicultura) como, por exemplo, camarão e peixe, tem apresentado elevado crescimento nas últimas décadas no Brasil e no mundo. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, na sigla em inglês), trata-se do setor de produção de alimentos que mais cresce e que atingiu, em 2004, 59,4 milhões de toneladas de pescados ao redor do globo.

No Brasil, a estatística da produção pesqueira do Ibama, lançada em 2005, mostra que a produção da aquicultura está estimada em quase 270 mil toneladas com previsões de expansão acentuada nos próximos anos.

Uma das preocupações relativas a essa expansão é o desenvolvimento sustentável da atividade em longo prazo. O cultivo de organismos aquáticos apresenta o desafio da falta de ferramentas capazes de avaliar a sua sustentabilidade. Nesse contexto, especialistas brasileiros que participaram do workshop fizeram proposta para a criação dessas ferramentas. Tarefa nada fácil, já que o desenvolvimento de tais índices de sustentabilidade precisa, na medida do possível, incorporar as externalidades inerentes à atividade.

O workshop representou o início de uma fase importante de ações voltadas para o desenvolvimento sustentável na aquicultura nacional. Wagner Cotroni Valenti, professor do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (Unesp), coordenou as discussões e ações dos grupos de trabalho formados durante o evento e que permaneceram focados na sustentabilidade ambiental, social, institucional e econômica da aquicultura nacional. Os índices deverão estar elaborados até o final deste ano. Em um segundo momento, serão estabelecidas metas e sistemas de avaliação contínua do progresso das ações visando tornar a aquicultura brasileira mais sustentável.

MODA

Pesquisa e tecnologia impulsionam a vanguarda da indústria

Poses, caras, bocas. Resumir a moda, para alguns, poderia ser simples assim. Essa fina superfície de contato da imagem com o público em geral, porém, não consegue, nem mesmo, sugerir o esforço gigantesco que há por trás de uma indústria de aparência tão mais volátil. Por baixo desse perfil *blasé* fervilham corredores de escritórios e tecelagens a todo vapor em vários pontos do planeta. Entre a composição da marca, da originalidade, dos produtos e do conceito de bem vestir, há uma infinidade de elementos que transcendem o corpo, e buscam romper os limites da indústria e da tecnologia.

“A indústria de insumos para vestuário e os estilistas trabalharam em conjunto desde a revolução industrial”, diz Emerson do Nascimento, pesquisador de moda na Universidade de São Paulo (USP). “A interligação entre a moda e a tecnologia se consolidou a partir do surgimento das fibras químicas. O primeiro fio artificial, que impulsionou a indústria têxtil na direção das fibras feitas pelo homem, foi o acetato de celulose,

Adam Parker



Spray-on Fabrican: resultado de inovação, tecnologia e design

criado na Alemanha em 1869”, lembra Marcia Mariano, editora da revista *Textilia*, especializada na cadeia produtiva têxtil. Desde então, indústria e moda não se separaram mais. Muitas vezes, a tecnologia precede o ato criativo, outras vezes o inverso. “Designers de moda como Hussein Chalayan ou Manel Torres, que criou uma espécie de tecido em forma de spray [o *Spray-on Fabrican*], trabalham nos laboratórios pesquisando novas tecnologias e materiais para realizar suas criações. No Brasil, o estilista Jum Nakao é outro exemplo de vanguarda na área”, diz Suzana Avelar, também da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH)

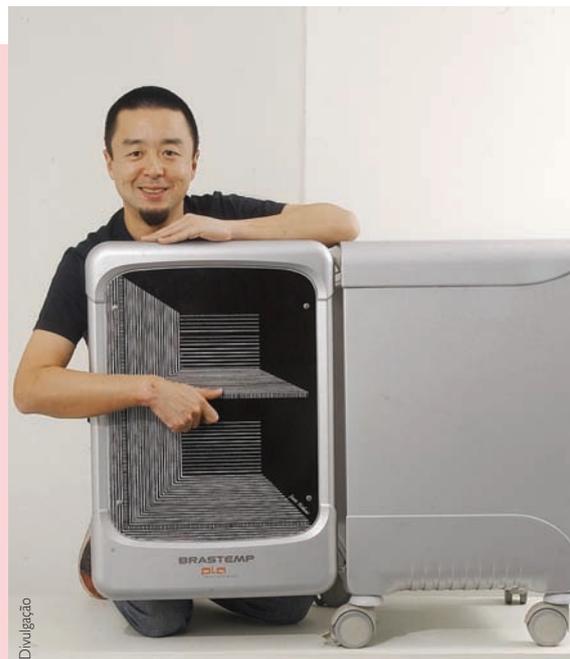
da USP. Ela usa o termo “designer tecnológico” para descrever esse profissional que atua em todas as áreas da criação, indo além da arte, subvertendo as tecnologias disponíveis, propondo mudanças na própria estrutura industrial para compor suas obras.

“Com relação a afirmações como ‘exigências do mercado se sobrepõem à criação’ depende do foco do estilista dentro da sua profissão. Ele pode ser um excelente artesão e criar roupas conceituais para um nicho de mercado; pode criar sua própria marca e produzir peças exclusivas; ou, finalmente, trabalhar para uma grande marca e aí, claro, se submeter às regras do mercado”, explica Marcia. Na verdade, os estilistas podem contribuir para a continuidade de determinados processos dentro da indústria ou à sua rápida obsolescência devido ao custo, pontua Nascimento. Ele acrescenta que a popularização de hábitos ligados à moda podem baratear certas tecnologias. “Um exemplo disso é o nylon, uma fibra sintética desenvolvida em 1935 para substituir a seda, amplamente utilizada na confecção de paraquedas durante a guerra [Segunda Guerra Mundial] e que foi popularizado em meias e em outras peças de vestuário”, aponta o pesquisador. Essa demanda pelo produto, completa, poderia não

COSTURANDO O INVISÍVEL

Foram 15 minutos de desfile no São Paulo Fashion Week, maior evento de moda do país. Modelos caracterizadas como brinquedos deslizavam vestidas de branco. A maioria dos presentes levou um choque quando, ao final do desfile, as modelos rasgaram seus próprios vestidos. Todos feitos de papel. Jum Nakao destruiu sua própria coleção na passarela. O trabalho do estilista (realizado em 2004) é considerado um dos mais importantes desfiles deste século pelo Musée Galliera (museu de moda em Paris) e está em exposição no Museu de Arte Contemporânea de Tóquio. A seguir o estilista, que está atualmente na Holanda como "Designer Honor Guest" do governo, faz um apanhado geral sobre suas ideias e inspirações.

"A aproximação entre as áreas de moda, design, tecnologia e arte é necessária. Como escreveu Edgar Morin, a segmentação e compartimentação dos saberes se demonstrou obsoleta e sem capacidade de respostas para a complexidade que a vivência humana e sobrevivência do planeta necessitam. Trabalho incorporando o acaso, integrando diversas linguagens, aberto aos riscos e com muito prazer. O processo que mais produz ideias criativas é o experimentar e ter a chance de errar. Acredito que a experiência artística é a relação que transcende obra e observador, é o rompimento de barreiras e de pressupostos, onde se joga um jogo sem regras, limites, convenções e a transformação acontece. A obra em si é a materialização de conceitos, é palpável, e contém um sentido. A integração entre o espectador e a obra é fundamental. Sem essa integração a obra não existe. Quando se pensa em arte para o dia-a-dia perde-se o foco. Em moda acontece o mesmo. Criar se torna um risco. Precisamos fomentar espaços mercadológicos para o risco, através da educação e formação de consumidores de arte e moda mais aptos a estimular a produção de conteúdo. A 'costura do invisível' é um rasgo com o formato. Após esse desfile abduzi de minha marca própria, pelo menos por um tempo, para me dedicar a formação de uma consciência sobre moda e suas possibilidades. Esse desfile aconteceu numa época em que eu questionava, e ainda questiono muito, as referências, o conteúdo da produção 'cultural' e os fenômenos em nosso entorno. Nosso objetivo foi apresentar um vazio repleto de possibilidades e transformar o nada em algo visível, daí o nome a 'costura do invisível'".



Jum Nakao brinca com gravura de sua autoria estampada na porta de refrigerador. Abaixo, "costura do invisível" em papel

ter alcançado o sucesso comercial no pós-guerra sem o trabalho da indústria da moda.

PARCERIA PRODUTIVA Essa interdependência é benéfica para os dois lados. Para os estilistas, a exclusividade de trabalhar com métodos e materiais de ponta garante um diferencial estético frente aos concorrentes na área. E para a indústria, o termômetro emocional das plateias e formadores de opinião serve de medida para o sucesso e popularização de uma tecnologia ou produto desenvolvido. “A alta costura é como a Fórmula-1, um campo de testes com o uso extremo de uma tecnologia que depois vai ganhar as ruas com o usuário comum”, compara Nascimento. “A diferença é que na moda fica difícil detectar tecnologia numa roupa cortada a laser e sem costuras. Os exemplos são inúmeros. Vai da viscose, tecido feito a partir de fibras vegetais, passa pelos tecidos desenvolvidos pela Nasa para fins diversos e que foram parar nos vestuários esportivos até microchips que são costurados em roupas de grifes preocupadas com a pirataria. “Se você der uma olhada na última edição do Fashion Rio, segunda maior semana de moda do país, atrás apenas do São Paulo Fashion Week (SPFW), verá que Walter Rodrigues, em parceria

com a Basf, apresentou o chamado efeito butterfly na coleção primavera-verão 2009/2010”, sugere Marcia. O efeito é resultado da nova proposta conceitual da Basf, o *chemistry design*, que possibilita perceber mudanças na cor do jeans, conforme o ângulo de incidência da luz.

ALÉM DO VESTUÁRIO Até certo momento na história da moda as indústrias pesadas (química e têxtil) tinham um grande papel na definição das tendências para o grande público. Grandes feiras uniam os escritórios de estilo da alta costura e os produtores de insumo de ponta. Da alta costura, as tendências eram apropriadas pela *prêt-à-porter* (moda para a classe média, “pronto para vestir” na tradução literal) e caíam no gosto popular. Hoje, muitos estilistas da alta costura vão até as ruas para captar tendências de estilo, apropriam-se e as retrabalham para a reinserção no mercado da exclusividade. Nesse ponto fazem algo que a indústria “pesada” não faz, ou seja, colhem e processam dados em tempo real. Esse hábito também contribuiu para extrapolar as grandes marcas para outros produtos, como o design, acessórios diversos, perfumes e cosméticos. “Os estilistas e as grandes marcas se tornaram experts em produzir e

gerenciar ‘imagem’ no sentido de conseguir refletir os desejos de determinados públicos. As pessoas se olham e se reconhecem como pertencentes a um cenário imaginário criado pela moda, que transpassa a publicidade e o design”, afirma Emerson do Nascimento da USP.

Além disso, a “indústria de estilo” também está ajudando a de insumos têxteis a enfrentar um grande desafio – a China. “Os tecidos técnicos, como aqueles que possuem qualidades nanotecnológicas, e que podemos ver nos maiôs de natação, ultimamente são uma resposta ao modelo de produção chinês, que emergiu no final do último século, e que fez com que os commodities, de uma maneira em geral, tivessem seus preços esmagados”, analisa Sílgia Costa, pesquisadora em tecidos técnicos da EACH/USP. Os tecidos técnicos ampliaram sua gama de utilidades para diversas áreas: da construção civil à bandagens médicas com qualidades curativas ou bactericidas e que são depois absorvidas pela pele. Suzana aponta, entretanto, que a grande fronteira ainda é o corpo (ou as relações com ele). “Mais do que assimilar tecnologias as pessoas vão vestir tecnologia”, completa.

Enio R. Barbosa Silva

MUN



Cristina Caldas

EUA: Tradição no interesse por ciência e tecnologia mantém publicações centenárias

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Bancas norte-americanas exibem grande número e variedade de publicações

Ao descer do metrô na sempre movimentada estação Harvard Square, em Cambridge, nos Estados Unidos, logo nos deparamos com as bancas de revista Crimson Corner e Out of Town News, além da livraria The Coop. Uns dos ícones do campus da Universidade de Harvard, ali é possível ter uma boa noção do perfil das revistas de divulgação científica que circulam atualmente no país.

O grande número e a diversidade de títulos chamam atenção. Só no The Coop, uma cooperativa de

Harvard e do MIT fundada por estudantes em 1882, são cerca de 30 revistas expostas nas prateleiras dedicadas à ciência. Esse número cai, mas pouco, nas demais bancas de revistas espalhadas em regiões mais afastadas do ambiente acadêmico. Revistas que publicam periodicamente variados temas de ciência, como é o caso da *Popular Science*, *Discover Magazine* e *Scientific American*, ficam lado a lado de revistas especializadas, como *Popular Mechanics*, *Psychology Today*, *Archaeo-*

logy Magazine, *Scientific American Mind*, *Air & Space*, entre outras.

Com raras exceções, as publicações são bastante antigas. O primeiro número da *Scientific American* foi lançado em 1845 (veja tabela), quase um século antes da fundação da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). E segue firme.

Mesmo as especializadas somam décadas de publicação, como é o caso da *Sky & Telescope*. “O primeiro número foi publicado em novembro de 1941, como resultado da fusão das revistas *The Sky* e *The Telescope*, que já existiam há alguns anos”, afirma Tony Flanders, editor associado da revista. A *Popular Mechanics*, que cobre temas automotivos, ciência e tecnologia, está entre as mais populares e foi lançada em 1902.

Em meio às diversificadas áreas, além daquelas com focos ambientalistas, duas revistas atraem, no mínimo, curiosidade: *Skeptic* e *Skeptical Inquirer*. “*Skeptical Inquirer* originou-se de um movimento nos anos 1970 de parte de cientistas que queriam contrapor-se ao interesse em astrologia e outros campos pseudocientíficos”, diz Boyce Rensberger, experiente jornalista de ciência que já trabalhou no *The Washington Post* e *The New York Times*. Ambas as revistas estão no mercado há décadas e apresentam pequena circulação, segundo Rensberger, que esteve à frente do Pro-

D



Notícias do Mundo

grama Knight de Jornalismo Científico do MIT por dez anos.

Há, ainda, as revistas de divulgação científica voltadas para os cientistas, como é o caso da *The Scientist*. De acordo com o site da revista, “nosso público alvo são pesquisadores ativos interessados em manter uma visão ampla das ciências da vida por meio da leitura de artigos recentes, concisos, precisos e prazerosos”.

DEMANDA E MERCADO Em uma enquete informal realizada com alguns jornalistas, foi unanimidade que a revista de divulgação científica mais procurada é a *Popular Science*, seguida da *Discover Magazine* e da *Scientific American*. No entanto, segundo o Audit Bureau of Circulations, a *Smithsonian* aparece na frente (veja tabela), com cerca de 2 milhões de cópias vendidas mensalmente, um número de peso quando comparado aos 3,3 milhões da *Time Magazine*, revista impressa mais vendida nos Estados Unidos. A dificuldade em classificá-la como de divulgação científica pode ser decorrente de sua característica peculiar, mesclando história, natureza, ciência e artes, muito embora ela fique exposta na sessão das revistas de ciência. A mesma dificuldade vale para a *National Geographic*.

O fato é que a *Smithsonian* é uma revista que publica reportagens e artigos longos, de peso, escritos

tanto por cientistas quanto por jornalistas. “Não temos observado nenhuma mudança significativa na demanda do nosso público nos últimos dez anos. Nossos leitores gostam particularmente de histórias sobre arqueologia, vida selvagem e ciência excêntrica e surpreendente”, diz Laura Helmuth, editora sênior de ciência. Laura conta que um tópico que aparece com frequência agora é mudanças climáticas. “Costumávamos receber muitas cartas de leitores furiosos e irritados quando publicávamos essas histórias, afirmando que era tudo ilusão. Agora os leitores parecem levar o assunto a sério. O

número de cartas com reclamações diminuiu”, conta.

No número de agosto deste ano, por exemplo, a cientista Barbara Kreiger reporta, com riqueza de detalhes, seu encontro em Israel com Ehud Netzer, arqueólogo que em 2007 relatou a descoberta da tumba de Herodes, o Grande, rei da Judeia. No mesmo número, a reportagem “Louco por conchas” do jornalista Richard Conniff traz aplicações médicas de substâncias extraídas dos moluscos. A leitura é agradável e as propagandas são poucas.

Não é o que acontece com a *Popular Science*, onde as matérias acabam diluídas no excesso de propagandas.

REVISTA	ANO LANÇAMENTO	NÚMERO CÓPIAS VENDIDAS*
Time Magazine	1923	3.360.135
Smithsonian	1970	2.029.532
Popular Science	1872	1.300.000
Popular Mechanics	1902	1.231.830
Discover Magazine	1980	691.350
Scientific American	1845	610.685
Psychology Today	1970	307.463
Archaeology Magazine	1948	263.756
Air&Space/Smithsonian	1986	212.999
Scientific American Mind	2004	160.003
Seed	2001	129.810
Astronomy	1973	122.000
Science News	1922	114.093
Sky&Telescope	1941	86.086
American Scientist	1913	74.874

*Fonte: Audit Bureau of Circulations, Relatório FAS-FAX - 31/12/2008, média de circulação dos últimos seis meses, terminando em 31/12/2008.

MUN

Pautas sensacionalistas, como “O futuro do combate aéreo”, se misturam às de prestação de serviços, como assuntos ligados ao início do ano letivo, itens necessários para estudantes, cursos “descolados” de graduação, entre outras.

Há também títulos que não aparecem nos relatórios de circulação, como é o caso do *The New Atlantis*, lançado em 2003, e que figura entre as mais vendidas no The Coop. *Science Illustrated*, *New Scientist*, *Invention and Technology*, *Free Inquiry*, *Sky News*, *BBC Knowledge*, *American History*, *Nexus*, *Invention*, *Weatherwise*, *Issues in Science and Technology* e *American Heritage* são outros exemplos.

Considerando que estamos em tempos digitais, qual é o futuro das revistas impressas de divulgação científica? “É difícil dizer com certeza, mas acredito que haverá uma migração para fornecer aos leitores mais serviços baseados na internet. Os leitores vão pagar para ter acesso às versões on line das revistas apenas se forem oferecidos conteúdos extra além do disponível atualmente”, aposta Rensberger, comparando ao exemplo das TVs por satélite e cabo. O jornalista suspeita que revistas impressas – duplicando grande parte do conteúdo pago disponível para leitura na web – continuarão por muitos anos voltadas para um nicho de leitores.

Cristina Caldas

DIREITOS AUTORAIS

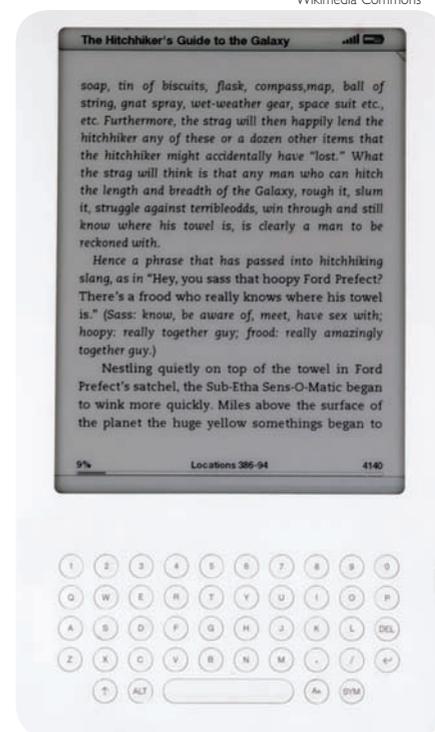
1984: o futuro chegou e ameaça direito do usuário

Este é um pedido de desculpas pelo modo que lidamos previamente com a venda de cópias ilegais de 1984 e outras obras no Kindle. Nossa "solução" ao problema foi estúpida, não pensada, e dolorosamente fora de nossos princípios. É completamente autoinfligido e merecemos a crítica que recebemos. Usaremos a cicatriz deste erro doloroso para nos ajudar a tomar decisões melhores daqui por diante; decisões estas que refletem nossa missão.

Com profundas desculpas aos nossos clientes, Jeff Bezos, Fundador & CEO, Amazon.com (texto traduzido do original em inglês)

A pesada *mea culpa* do executivo-chefe da Amazon, a gigante de vendas pela internet, reflete tanto a reação indignada de seus clientes quanto a percepção própria de haver cruzado limites éticos de maneira inédita na jovem história da privacidade digital. No dia 17 de julho de 2009, os donos de livros eletrônicos (e-book) Kindle, vendidos pela Amazon, que compraram os downloads de *1984* e *Animal farm*, de

Wikimedia Commons



Kindle, o leitor digital da Amazon

George Orwell, tiveram really cópias remotamente deletadas de seus aparelhos pela Amazon.

O modelo de negócios do e-book Kindle é baseado na compra de downloads. O aparelho é um dispositivo equipado com uma tela LCD, teclado e um *touchpad*, para interação com o usuário, e também com uma placa para acesso a rede sem fio (*wireless*). A compra do aparelho é conjugada com a assinatura de um serviço de rede para transferência de conteúdos. Usando o Kindle em conjunto com uma rede *wireless*, o cliente

D



Notícias do Mundo

pode navegar no site da Amazon e comprar conteúdos para serem lidos no equipamento. Praticidade e agilidade, unidos à conveniência de levar um acervo de livros, revistas e jornais, todos armazenados em um dispositivo só.

Mas, como sempre, no espinhoso mundo do *copyright*, o que deveria ser simples se torna complexo. Nesse modelo, a Amazon atua como um intermediário entre o detentor dos direitos autorais e o comprador da obra. Além disso, o portal Amazon.com permite que empresas parceiras, através de mecanismos de auto-publicação, ofereçam conteúdos aos clientes. Uma parceira, a MobileReference, ofereceu no Amazon.com as duas obras de George Orwell, sem possuir os direitos sobre as mesmas. A Mobile explicou que na Austrália as obras estão em domínio público e especificou a venda somente nesse país, mas a Amazon não teria seguido a determinação. Quando notificada do fato pelo real detentor, a Amazon apressou-se em corrigir os erros: os downloads foram removidos, e um comando remoto enviado aos e-books Kindle de seus usuários apagou os arquivos que haviam sido comprados. Mesmo com o reembolso provido aos clientes, o episódio causou furor em grupos de usuários, fóruns

online de discussão de privacidade digital, grupos de ativistas para liberdades civis, etc. Grupos de defesa de direitos de usuários e especialistas em privacidade digital acusaram a Amazon de haver violado um tabu do mundo digital: sem notificação prévia, muito menos consentimento, entraram nos aparelhos dos usuários e removeram arquivos. Em alguns casos, foi removido conjuntamente as anotações que os usuários haviam feito sobre as obras (o Kindle permite tal função). Segundo Corynne McSherry, advogada da organização de defesa dos direitos dos internautas Electronic Frontier Foundation, a ação destruiu arquivos que acompanhavam alguns e-books, como palestras que professores planejavam dar, sobre as obras e trabalhos universitários que estudantes preparavam com base nos livros. No mundo dos livros impressos, a ação equivaleria a um vendedor de livros entrar na casa de um comprador sem sua autorização (ou mesmo ciência), retirar um livro da sua estante e deixar um bilhete "vendido por engano" junto com um cheque de reembolso.

Embora o problema tenha ocorrido com usuários norte-americanos do Kindle, nunca se pode menosprezar a extensão da influência dos EUA no resto do mundo, mais ainda

quando se trata de tecnologia. Que precedentes o acontecido representa, justamente na "terra da liberdade"? O episódio - que a ironia fez acontecer justamente com o livro *1984*, um romance que dramatiza a interferência de governos e corporações na vida individual - disparou o gatilho de uma série de discussões acaloradas sobre o significado de privacidade digital e sobre qual o equilíbrio que deve existir entre proteção de direito autoral e direitos dos usuários. De um lado, a Amazon argumenta que as tecnologias de proteção de direitos autorais (chamadas conjuntamente de DRM, Digital Rights Management, ou, pela versão dos grupos de ativistas, Digital Restrictions Management) são necessárias para convencer os detentores de *copyrights* de que o Kindle é uma plataforma confiável para suas obras. De outro lado, grupos de ativismo como a Fundação Fronteira Eletrônica (EFF, na sigla em inglês) acusam a Amazon de práticas inaceitáveis, que violam direitos individuais fundamentais.

O mercado de conteúdo (música, vídeo, cinema, artes visuais, notícias jornalísticas, etc) relaciona-se com a internet de uma forma esquizofrênica: por um lado, a explosão de banda larga dos últimos anos representa oportunidade para



venda de conteúdo e anúncios.

Por outro, a natureza capilar, anárquica e anônima da rede é ambiente hostil às práticas de monopólio e dominação típicas dessas mega-corporações.

A indústria da música, a primeira mídia e ser extensamente pirateada na internet, mostrou às outras indústrias como elas estariam dali a alguns anos, com o avanço da tecnologia e, principalmente, da banda larga.

Novas formas de se publicar e distribuir conteúdos foram concebidas, com base na ideia de que o direito autoral tradicional era inadequado para a era digital. Novos termos de licenciamento de obras, como o Creative Commons (CC), atacam o poder do “todos os direitos reservados”. Propõe, alternativamente, “alguns direitos reservados”. Segundo Lawrence Lessig, professor de direito e autor do livro *Free culture* (Penguin Press, 2004), “o CC baseia-se na noção de que nenhuma obra criativa é isolada, sempre inspira-se em maior ou menor grau em obras anteriores”. Portanto, para o próprio bem-estar da atividade artística e intelectual criativa, é importante garantir algum grau de compartilhamento e cópia de obras.

Na era digital, a necessidade de grandes atravessadores e fornecedores de bens culturais,



Mix Leitor D, leitor digital nacional a ser comercializado em junho de 2010

como os estúdios de cinema e as gravadoras de discos pode estar diminuindo, uma vez que os meios de produção tornaram-se mais acessíveis e a própria internet pode prover a distribuição. No Brasil, artistas como o pioneiro Lobão e outros como Ed Motta, Gilberto Gil e BNegão, já fizeram experiências com distribuição de suas obras pela internet. Os roqueiros ingleses do Radiohead colocaram um CD inteiro para download em seu site, em 2007. Recentemente, o escritor Paulo Coelho disponibilizou três de seus livros mais recentes e ainda não-publicados via editoras tradicionais. Ele ainda declara em seu site não ter intenções de vender os direitos dessas obras para editoras, no futuro próximo. Por considerar a utilização de tecnologias DRM inconciliáveis com as garantias fundamentais dos usuários, a Fundação do Software Livre (FSF, sigla em inglês) incluiu o Kindle da Amazon em sua campanha “Defective by design”,

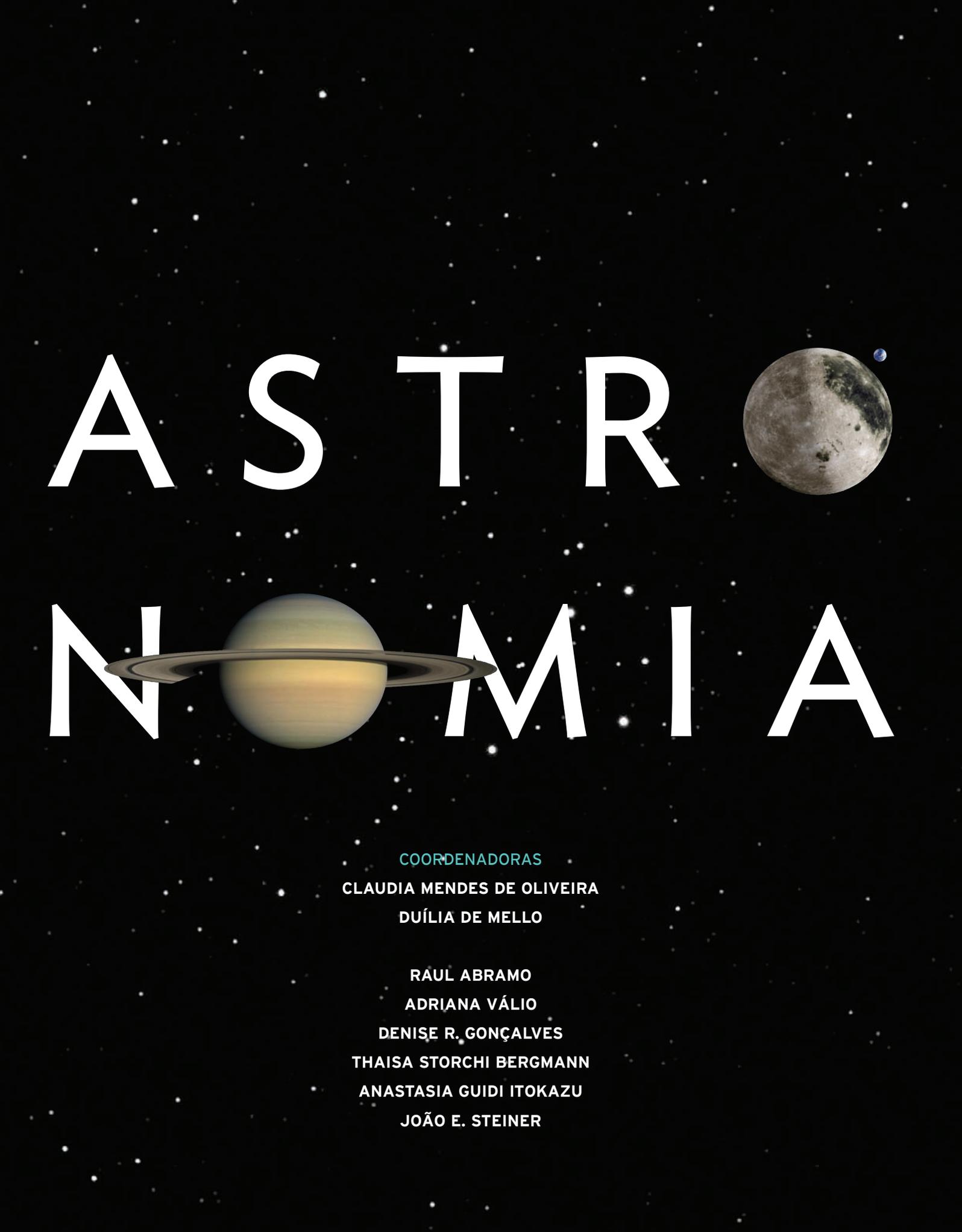
contra o DRM. A FSF procura convencer a Amazon a eliminar todo o DRM empregado no Kindle e também a tornar público o código-fonte dos programas que equipam o aparelho.

Por ora, em relação ao Kindle, a Amazon desculpa-se garantindo que

não repetirá o ato no futuro. O problema é que o ocorrido expõe a própria funcionalidade, embutida no Kindle, de obedecer a comandos remotos da empresa. E isso não está explicitado nem mesmo nos termos do contrato de serviço do aparelho. Se a tecnologia foi concebida e implementada, está lá para ser usada, quando necessário. No jogo pesado da indústria do *copyright* tradicional, isso significa livrar a empresa dos multimilionários processos por violação de direitos autorais. Se a empresa pretende respeitar usuários, como faz crer as “profundas desculpas” de Jeff Bezos, em casos semelhantes no futuro, só mesmo o futuro dirá. Por enquanto, o Kindle permanece exposto como um computador não-confiável: é capaz de obedecer a comandos remotos, alheios – e até mesmo contrários – à vontade de seus reais donos. Nos termos da FSF, é “defeituoso pelo design”.

Bruno Buys

ASTRO NOMIA

The background of the cover is a dark, starry space. The title 'ASTRONOMIA' is written in large, white, sans-serif capital letters. The letter 'O' in 'ASTRO' is replaced by a detailed image of the Moon. The letter 'O' in 'NOMIA' is replaced by a detailed image of the planet Saturn, showing its rings and the planet's surface. The overall aesthetic is clean and scientific.

COORDENADORAS

CLAUDIA MENDES DE OLIVEIRA

DÚLIA DE MELLO

RAUL ABRAMO

ADRIANA VÁLIO

DENISE R. GONÇALVES

THAISA STORCHI BERGMANN

ANASTASIA GUIDI ITOKAZU

JOÃO E. STEINER

APRESENTAÇÃO

OS MAIORES DESAFIOS DA ASTRONOMIA MODERNA

Claudia Mendes de Oliveira
Duília de Mello

Qual o tamanho do universo, como ele se formou, como chegou até aqui? Essas perguntas básicas sempre estiveram na mente do ser humano e constituem os fundamentos da astronomia. Para respondê-las tivemos que investir em tecnologia, inventar instrumentos, construir telescópios, lançar satélites. São quatro séculos de dedicação ao avanço da fronteira do conhecimento desde que Galileu Galilei apontou um telescópio para o universo, mas apenas 40 anos desde que pousamos na Lua.

Neste Núcleo Temático apresentamos alguns dos projetos de instrumentação que estão sendo construídos para desvendar os maiores enigmas e desafios da astronomia moderna: energia e matéria escuras, planetas extra-solares, explosões estelares e buracos negros. Convidamos membros da comunidade científica brasileira que são especialistas nesses temas para nos contar um pouco sobre cada um desses assuntos que são alvo da ciência atual. Apresentamos também um artigo sobre a história da astronomia, que fornece um panorama da astronomia planetária desde a Antiguidade, ressaltando as continuidades e rupturas da revolução astronômica. E, para concluir, damos um panorama da astronomia no Brasil, incluindo a situação dos programas da pós-graduação no país.

Uma das revelações mais dramáticas e de maior impacto dos últimos tempos da cosmologia foi a descoberta da matéria escura e da energia escura. As evidências astronômicas apontam que o universo visível, ou seja, tudo que é feito de átomos (ou matéria bariônica), representa apenas 4% da densidade total do universo. O restante é feito de algo que nunca conseguimos medir diretamente: matéria escura (26%) e energia escura (70%). Temos apenas evidências cinemáticas de que elas existem e tudo indica que as matérias luminosa e escura interajam apenas através de forças gravitacionais. A conexão entre essas duas quantidades continua sem explicação.

Descobrir e entender os constituintes do universo é de grande interesse dos astrônomos e dos físicos de partículas, e tema central de estudos das duas comunidades na próxima década. A Agência Espacial Americana (Nasa), por exemplo, já anunciou o JDEM (Joint Dark Energy Mission) projeto ainda em fase de estudos e que acreditamos que se tornará o maior projeto espacial do futuro. A missão terá como papel principal medir, com altíssima precisão, a expansão do universo e tentar revelar se realmente o cosmo é composto na sua maioria por energia escura. Ainda não há uma data certa para o JDEM ser lançado, mas ele será contemporâneo dos telescópios gigantes terrestres que deverão ultrapassar os 20 metros de diâmetro.

Três desses telescópios óticos e infravermelhos gigantes já estão em fase de estudos: o Telescópio Gigante Magalhães (Giant Magellan Telescope, GMT), o Telescópio de Trinta Metros (Thirty Meter Telescope, TMT) e o Telescópio Europeu Extremamente Grande (European Extremely Large Telescope, E-ELT). O GMT será construído no Chile, no observatório do Instituto Carnegie, chamado Las Campanas. Ele terá sete espelhos de 8,4m que formarão uma superfície comum. Além do Instituto Carnegie, o GMT é patrocinado por um consórcio formado pelas Universidades de Harvard, do Texas, do Arizona, Nacional da Austrália e o Instituto Espacial da Coreia. Já o projeto TMT será construído no Havaí e será financiado pela associação de universidades canadenses, pelo Caltech, Universidade da Califórnia e várias fundações, como a Gordon and Betty Moore, a Fundação Nacional de Ciências norte-americana (NSF) e a Associação de Universidades e Pesquisas Americanas (Aura). O E-ELT, que ainda não tem sítio definido, terá uma área efetiva de 42 metros (mil espelhos hexagonais de 1,4m de lado e 5 mm de espessura) e será construído por um consórcio de 14 países que formam o Observatório Europeu Austral (ESO).

Esses três telescópios, se construídos, têm previsões de entrarem em operação até 2020.

Um dos maiores desafios para os telescópios terrestres gigantes será a medida direta da aceleração da expansão do universo e produção de um inventário detalhado do conteúdo das várias componentes do universo, luminosa e escuras. Convidamos o leitor a se aprofundar nos enigmas sobre matéria e energia escuras através da leitura do primeiro artigo desta coletânea, escrito por Raul Abramo do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP).

E por falar em tema de alto impacto, Adriana Válio, professora da Universidade Presbiteriana Mackenzie, nos conta em seu artigo como anda a busca por planetas em outros sistemas estelares. Os planetas do sistema solar sempre foram alvo da curiosidade humana, mas apenas na última década conseguimos provas de que outras estrelas também possuem planetas. Desde então, mais de 350 planetas extra-solares foram descobertos, mas são eles, em geral, de maior massa do que o nosso planeta Terra (os novos planetas têm tipicamente o tamanho e massas parecidos com os de Júpiter, Saturno e Netuno). O maior desafio para os astrônomos que estudam essa área é, sem dúvida, encontrar um planeta que tenha um tamanho e massa similares aos da Terra. Espera-se que tal descoberta seja feita nos próximos anos, com os novos instrumentos construídos especialmente para esse fim.

Os astrônomos acreditam que os planetas extra-solares, tipo terrestre, devam ser bastante comuns, o problema é a dificuldade de encontrá-los, por serem relativamente pequenos e próximos de estrelas brilhantes. As observações dos planetas extra-solares feitas da Terra são, muitas vezes, de precisão limitada, devido principalmente à influência da atmosfera terrestre. Por isso, dois projetos espaciais, CoRot (Convection, Rotation, and planetary Transits) e Kepler, ganharam especial importância na área. Corot, da Agência Espacial Europeia (com participação brasileira) está fazendo observações do brilho de dezenas de milhares de estrelas, com uma precisão de uma parte em um milhão. CoRot detectou sinais de um planeta extra-solar com o tamanho de cerca de 1,7 vez o da Terra e cerca de seis vezes a sua massa, mas a maioria dos outros candidatos a planetas extra-solares descobertos pelo CoRot são bem mais massivos. Uma outra missão para busca de planetas é chamada Kepler, construída pela Nasa e lançada recentemente, que passará três anos e meio observando 100 mil estrelas, na busca por planetas ao redor dessas.

Na Terra, o projeto mais ambicioso, ainda em construção e que revolucionará a área de busca de planetas, é o Alma (Atacama Large Millimeter Array). O Alma observará nos comprimentos de onda milimétricos (de 0,3 a 9,6 mm — a faixa visível da luz equivale a ~0,5 microns). O Alma conta com a cooperação de vários países europeus, Estados Unidos, Chile e Japão, e está sendo construído em um sítio a 5 mil metros de altitude em um planalto dos Andes Chilenos, o Cerro Chajnantor. O local reúne duas das condições fundamentais para a astronomia milimétrica: altitude elevada e baixíssima umidade. O Alma tentará detectar as moléculas que compõem as

atmosferas dos planetas extra-solares, buscando assim por sinais de que as atmosferas daqueles planetas são do tipo terrestre. Espera-se que o projeto entre em operação em 2011.

O terceiro artigo desta coletânea foi escrito por Denise Rocha Gonçalves, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e descreve os estágios finais da evolução estelar. O caminho que leva do nascimento à morte das estrelas é definido pela massa estelar. Estrelas de alta massa tipicamente explodem, num fenômeno conhecido como supernovas (chamadas de tipo II), e poluem o meio interestelar com todos os elementos químicos formados através da fusão nuclear que ocorre nos seus interiores. Após a explosão resta apenas uma concha de gás e, em seus centros, uma estrela constituída principalmente de nêutrons com uma massa maior que 1,4 massa solar e um raio entre 10 e 80 km.

Essas estrelas de nêutrons giram a altíssimas velocidades de rotação e possuem intensos campos magnéticos. Os campos intensos e a rotação geram um campo elétrico enorme na superfície da estrela, retirando elétrons e prótons que, então, se movem rapidamente ao longo das linhas do campo magnético, formando um jato de radiação. Muitas dessas estrelas são conhecidas como pulsares, pois o eixo do campo magnético não é alinhado com o eixo de rotação do pulsar, o que faz com que o jato cruze nossa linha de visada uma vez em cada período de rotação (se parecendo a um farol que guia os barcos à noite).

Porém, se a estrela resultante da explosão da supernova tiver massa superior a três massas solares, então ela não se transformará em uma estrela de nêutrons ou em um pulsar. Nesse caso, seu peso será grande demais e ela se tornará instável, colapsando até um raio que é praticamente zero. O corpo resultante é conhecido como buraco negro.

Já estrelas como o nosso Sol não passam por processos explosivos e vivem mais de 10 bilhões de anos. Mas elas também contribuem para o enriquecimento químico do meio interestelar durante a fase de nebulosa planetária, quando elas ejetam as camadas externas. O caroço central da nebulosa é uma estrela relativamente fraca, uma anã branca, que ilumina o gás ejetado produzindo imagens de beleza indescritível, como aquelas produzidas pelo telescópio espacial Hubble, com alta resolução, que podem ser apreciadas no artigo de Denise Gonçalves.

O fato do Hubble ser um satélite faz com que ele produza imagens com resolução superior ao que conseguimos produzir da Terra devido à interferência atmosférica. O Hubble observa a luz ultravioleta (115 a 200 nanômetros — nm), óptica e uma pequena parte da luz infravermelha (0,1 a 2,5 microns). Ele acaba de passar por uma manutenção e deverá continuar em operação por mais cinco anos. O caminho evolutivo das estrelas será também alvo da próxima missão espacial, o James Webb Space Telescope (JWST). O JWST irá, de uma certa forma, substituir o telescópio Hubble, que será desativado quando o JWST for lançado. Uma diferença entre os dois é que o JWST ficará a 1,5 milhão de quilômetros da Terra, enquanto o Hubble fica a apenas 570 km de altitude. O JWST precisa ficar

**(...) PLANETAS
EXTRA-SOLARES,
TIPO TERRESTRE,
DEVEM SER
BASTANTE
COMUNS**

a essa distância porque os instrumentos infravermelhos (que detectam comprimentos de onda entre 0,6 e 28 microns) funcionam a baixas temperaturas. O JWST não terá visitas de astronautas como o Hubble e ficará em operação por cinco anos, enquanto o Hubble deverá ultrapassar os 23 anos. A grande vantagem do JWST é o tamanho: ele terá um espelho de 6,5 metros de diâmetro, enquanto o Hubble tem apenas 2,5m. E, nesse caso, tamanho é documento! Com uma área coletora maior, mais fótons (as partículas de luz) são detectados e, assim, mais longe e melhor se pode observar. Os detectores infravermelhos do JWST serão bem mais modernos do que a câmera infravermelha do Hubble, além de que ele terá poderosos espectrógrafos para decompor a luz (espectrógrafos são como prismas, que decompõem a luz em seus vários comprimentos de onda). O lançamento do JWST está previsto para 2014.

E para fechar a coletânea de temas astronômicos convidamos Thaisa Storchi Bergman, professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), para falar sobre um dos tópicos mais intrigantes da astronomia: buracos negros. Ela descreve que buracos negros podem ter duas naturezas distintas: ser o resultado final da evolução da vida de uma estrela de alta massa, após a explosão de uma supernova do tipo II, ou ser buracos negros supermassivos, que habitam os centros de galáxias.

Para entendermos a natureza dos buracos negros temos que falar sobre o que é a velocidade de escape de um corpo. A velocidade de escape da Terra, por exemplo, é a velocidade que corpos devem ter na superfície da Terra para escapar até o infinito sem a ajuda de nenhum outro tipo de propulsão. Para determinarmos a velocidade de escape temos que igualar a energia potencial gravitacional de um corpo com sua energia cinética. Para a Terra, a velocidade de escape é de 11 km/s e ela é independente da massa do objeto que “escapa” (só depende da massa e do raio da Terra). Se a Terra diminuísse de raio por um fator 9, ou seja, continuasse com a mesma massa, mas tivesse menor raio e, portanto, maior densidade, a velocidade de escape aumentaria por um fator 3.

Se conseguíssemos, no entanto, contrair a Terra até o tamanho de uma uva, a velocidade de escape aumentaria para 300 mil km/s. Só que, segundo a teoria da gravidade de Einstein (na qual fótons são afetados por campos gravitacionais), se a velocidade de escape de um objeto é igual ou maior que a velocidade da luz, aquele objeto não mais será observado, uma vez que nenhuma informação poderá escapar dele. É possível então calcular esse raio crítico para qualquer corpo, ou seja, o raio a partir do qual a velocidade de escape será igual à velocidade da luz. É muito difícil conseguir fazer com que qualquer corpo, como a Terra ou o Sol, atinjam o raio que os fará essencialmente “desaparecer”. Mas no caso de uma estrela de nêutrons com mais de três massas solares, seu peso é tão grande que ela colapsa até um raio menor do que nove quilômetros, quando então sua velocidade de escape se torna maior que a velocidade da luz e ela se torna um buraco negro. Atualmente não se sabe se a matéria dessa estrela de nêutrons continua colapsando

indefinidamente (gerando o que os matemáticos chamam de uma singularidade), ou se a contração eventualmente para. O destino final dos buracos negros é um dos assuntos mais espinhosos da física, e é mais uma razão pela qual temos tanto interesse nesses misteriosos objetos.

Estudos feitos com a geração atual de telescópios terrestres óticos e infravermelhos de oito e dez metros, em sinergia com telescópios que observam em comprimentos de onda dos raios-X (Chandra e XMM) e no infravermelho (Spitzer Space Telescope) estão sendo capazes de desvendar alguns dos mistérios sobre os buracos negros, principalmente dos supermassivos, encontrados no centro de galáxias.

A principal missão do futuro que será devotada para o estudo dos buracos negros é a IXO (International X-Ray Observatory), uma colaboração entre a agência espacial europeia, o Japão e a Nasa. O IXO terá detectores superpotentes que conseguirão ver em detalhes como o buraco negro cresce no interior das galáxias, ultrapassando milhões de vezes a massa do Sol. O IXO está em fase de estudos. Se tudo correr bem, ele deverá ir ao espaço em 2020.

Os quatro primeiros artigos deste Núcleo Temático vão cobrir de forma detalhada os tópicos acima, e discutirão algumas das questões fundamentais com as quais a astronomia moderna se vê confrontada.

Os dois últimos artigos da coletânea serão dedicados à história da astronomia desde Galileu, por Anastasia Guidi Itokazu, pós-doutoranda na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e à astronomia no Brasil, por João Steiner, da USP. O Brasil faz parte de dois grandes consórcios, o Observatório Gemini (dois telescópios de oito metros), no qual tem 2,5% de participação e o telescópio Soar (Southern Observatory for Astrophysical Research), com 33% de participação bra-

sileira. A contribuição do Brasil no cenário mundial da astronomia tem crescido em quantidade e qualidade, de forma constante. Um dos objetivos principais da comunidade astronômica nacional, na atualidade, é criar estratégias para utilizar de maneira eficiente o enorme volume de dados que estará disponível nos próximos anos para a comunidade astronômica mundial. Esses dados, em diferentes comprimentos de ondas, serão resultados dos novos projetos, telescópios e instrumentos como os acima mencionados, e devem revolucionar nosso entendimento do universo.

Claudia Mendes de Oliveira é professora titular do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP).

Duília de Mello é pesquisadora do Goddard Space Flight Center, nos EUA.

**A CONTRIBUIÇÃO
DO BRASIL NA
ASTRONOMIA
MUNDIAL TEM
CRESCIDO DE
FORMA
CONSTANTE**

O ESTRANHO UNIVERSO EM QUE VIVEMOS

Raul Abramo

Quando, no começo do século XX, o astrônomo e ex-advogado Edwin Hubble resolveu utilizar o poderoso telescópio do Observatório de Monte Wilson, na Califórnia, para caçar as estrelas variáveis conhecidas como *cefeidas*, ele atirou no que viu e acertou no que não viu. Como todos sabemos hoje, Hubble acabou descobrindo que aquelas estrelas habitam outras galáxias, muito distantes da nossa galáxia (a Via Láctea) (1); que essas galáxias estão todas se afastando umas das outras, tão mais rápido quanto mais longe estiverem umas das outras; que esse afastamento mútuo implica que o universo está se expandindo; e que a contrapartida inexorável dessa expansão é o parto quente e explosivo do nosso universo há uns 14 bilhões de anos atrás — o Big Bang. Assim, as cefeidas foram os primeiros faróis a iluminar o descobrimento do universo pelo homem, e o primeiro navegador desses mares intergalácticos foi Edwin Hubble.

Mas, antes de enveredarmos pelo abismo que separa nossa experiência humana da imensidão acachapante do espaço sideral, vale a pena refletir: o que é o “universo”? Uma definição rigorosa diria que o universo é tudo que existe ou que existiu — incluindo o próprio espaço onde esse “tudo” existe, e o tempo em que esse “tudo” vive. Uma outra definição, mais provisória e flexível, contabiliza só aquela parte do universo que realmente importa de um ponto de vista pragmático: nosso universo compreende tudo aquilo que é observado (medido) por nós.

É desse universo observado que tratam a física e a astronomia, com seus papéis complementares de descrever as leis que regem o universo e o estado em que ele se encontra. Podemos dizer, portanto, que o universo de que trata a cosmologia se alarga à medida que os novos telescópios fazem avançar o horizonte da nossa visão, incluindo cada vez mais fenômenos, enriquecendo nossa galeria de objetos e exigindo cada vez mais força e consistência da teoria que almeja explicar a natureza do cosmos. Essa teoria, o Modelo Cosmológico Padrão (MCP), tem como base teórica as leis da física (em particular a relatividade geral e a mecânica quântica), e tem servido formidavelmente bem aos propósitos de explicar a evolução do nosso universo desde a sua mais tenra idade até os dias de hoje.

Porém, nem tudo vai bem na cosmologia. Porque, para compreender aquilo que enxergamos, com as leis físicas que conhecemos, precisamos postular coisas invisíveis.

O LADO ESCURO DO UNIVERSO Assim como Hubble foi o primeiro cientista a detonar as noções pré-históricas de um universo estático e imutável, seu colega de profissão e rival do vizinho Instituto de Tecnologia da Califórnia, Fritz Zwicky, foi o primeiro

a notar que algumas peças cruciais daquela fabulosa nova teoria estavam faltando (2).

Zwicky observou durante a década de 1930 o aglomerado de galáxias de Coma, no qual centenas de galáxias ocupam um espaço muito pequeno, tal qual um enxame de abelhas. A única força que mantém as galáxias de um aglomerado juntas é a força gravitacional entre cada uma das galáxias do aglomerado e todas as outras, o que não permite que nenhuma delas escape para fora do enxame e assim mantém o aglomerado coeso. Ele contou, então, cuidadosamente, as galáxias do aglomerado, estimou seus tamanhos e massas e mediu suas velocidades. Seus resultados foram absolutamente inacreditáveis: para que as galáxias no aglomerado de Coma não saíssem voando, seria necessário que a massa total daquele aglomerado fosse muitas vezes superior à massa das galáxias que Zwicky contabilizou (400 vezes, segundo suas observações na época; hoje sabemos que esse número é da ordem de 10). Cientista furiosamente metódico e supinamente confiante que era, Zwicky sabia que não havia cometido erro algum: ele tinha certeza de que dentro daquele aglomerado de galáxias havia mesmo muito mais matéria do que poderia ser observada por telescópios, matéria que não emitia nem refletia luz alguma. Esse resultado foi replicado em todos os outros aglomerados de galáxias jamais observados, e assim se estabeleceu a noção da *matéria escura*: a quantidade de matéria que fica faltando para explicar por que os aglomerados de galáxias permanecem coesos.

Mas os aglomerados de galáxias não são as únicas evidências de matéria escura: na segunda metade do século XX diversos astrônomos, principalmente Vera Rubin (3) do Instituto Carnegie de Washington, perceberam que as próprias galáxias não poderiam girar da maneira que eram observadas se apenas a massa de suas estrelas e o gás intergaláctico fossem contabilizados. Parecia, portanto, que todas as grandes estruturas do universo (galáxias, aglomerados, “aglomerados de aglomerados”, e assim por diante) são compostos por uma parte visível, feita de estrelas, planetas e gás, e que respondem por apenas 10% da massa total; e que os outros 90% da massa são compostos por uma outra parte invisível, como um halo difuso — a matéria escura.

Naturalmente, a primeira hipótese que se fez é que essa matéria escura seria simplesmente matéria normal, átomos frios e escuros que não estariam emitindo luz. Porém, ainda em meados da metade do século XX já se sabia que essa explicação estava errada, por duas razões. Primeiro, mesmo os átomos frios e inertes têm a capacidade de absorver e re-emitir luz e, portanto, não são totalmente escuros. Como os sinais de átomos escuros no universo são muito fracos, eles não poderiam explicar mais do que uma pequena fração da matéria faltante. A segunda razão pela qual a matéria escura não pode ser feita de átomos normais esbarra em um dos mais fascinantes capítulos da cosmologia. Uma das consequências do início quente e explosivo do universo (o Big Bang) é que numa época muito remota, quando o universo tinha menos de um minuto de vida, a temperatura era tão alta que não existia nenhum núcleo atômico — apenas uma sopa de partículas elementares: bárions (prótons e nêutrons), elétrons, neutrinos, etc. À medida que o universo foi se resfriando, essa sopa foi coagulando e os primeiros núcleos atômicos (principalmente

hidrogênio e hélio) puderam se formar. Acontece que essa “receita de bolo” para formar elementos leves é obra de um cozinheiro perfeccionista: qualquer mínima alteração na quantidade de matéria bariônica (prótons + nêutrons) da sopa levaria a uma proporção final de elementos atômicos completamente diferente da observada.

As observações das abundâncias desses elementos leves no universo confirmam espetacularmente a descrição da nucleossíntese, e demonstram que a matéria bariônica está presente em pequenas quantidades, consistentes com o total da matéria visível observada.

Portanto, se quisermos explicar a dinâmica de galáxias e aglomerados não podemos simplesmente postular uma quantidade de átomos frios cinco ou dez vezes maior que a diretamente observada, sob o risco de todo o MCP desabar.

Desse modo, ficamos na incômoda posição de ter de admitir que, primeiro, em todas as grandes estruturas do universo, de 80% a 90% de massa estão numa componente escura; e, segundo, que essa componente escura não é feita de átomos “normais”, mas de uma outra forma de matéria. Os físicos e astrônomos precisavam de uma pista, e rápido. Mas como resolver um caso de polícia como esse, em que o seu principal suspeito é o homem invisível?

CAÇANDO FANTASMAS Explicar algo apelando-se para a “matéria invisível” cheira a mistificação. E os cientistas, naturalmente, relutaram muito antes de engolir a noção de uma matéria escura não-bariônica. O assunto gerou décadas de muita controvérsia, e deu origem aos mais diversos modelos alternativos que tentavam explicar o comportamento de galáxias e aglomerados apenas com a matéria visível. Vários desses modelos buscam alterar a própria força da gravidade, que se comportaria de modo diferente em galáxias e aglomerados, comparado com as leis de gravidade que observamos na Terra e no sistema solar. Outras explicações introduzem uma “quinta força”, que seria uma interação fundamental diferente das conhecidas (as forças gravitacionais, eletromagnéticas, nuclear forte e nuclear fraca). Ou seja, trocaríamos uma matéria desconhecida por uma interação fundamental desconhecida, mas continuaríamos sem uma explicação muito convincente.

Porém, em 2006 um grupo liderado por Douglas Clowe, do Observatório Steward, no Arizona, fez uma série de observações que, praticamente, encerrou as controvérsias e deu fortes evidências da matéria escura não-bariônica (4). Eles observaram o chamado Aglomerado da Bala (também conhecido como 1E0657-56), que, na verdade, é o resultado da colisão de dois aglomerados de galáxias. Essas observações, tanto em astronomia óptica quanto em raios-X (a melhor maneira de detectar o gás quente que permeia os aglomerados) revelaram algo surpreendente.

Se a teoria da matéria escura estivesse correta, um aglomerado de galáxias seria composto de átomos (uns 10%, a maior parte disto na forma de gás) e a própria matéria escura (uns 90%). Se dois aglomerados são jogados um contra o outro, essas duas componentes se comportam de modos muito distintos: enquanto a matéria normal interage entre si, assim como os nossos átomos interagem com os átomos do papel desta revista, a matéria escura não interage com nada, e atravessa tudo como se fosse um fantasma. Isso

ESA (Agência Espacial Europeia)

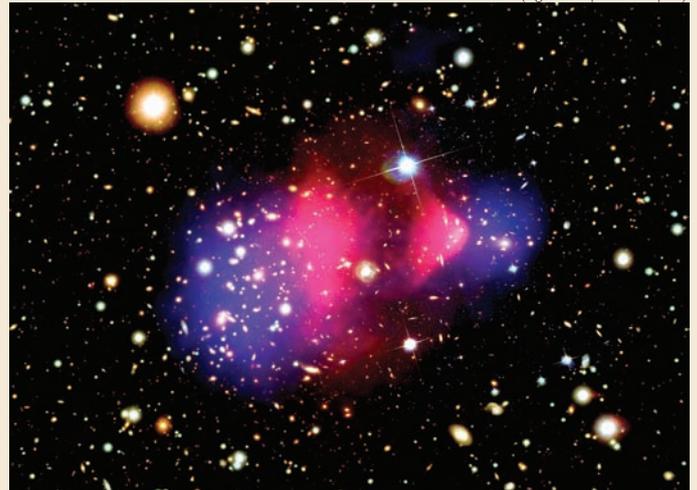


Figura 1 – Aglomerado da Bala. Superposição do mapa do aglomerado de Bala em raios-X com o mapa da massa (obtida por meio do efeito de lentes gravitacionais). Esses mapas revelam que a maior parte da massa do aglomerado, que é o resultado da fusão de dois aglomerados, está localizada em duas manchas azuis, distantes do local da colisão. As manchas avermelhadas representam o gás, que é feito de matéria normal e representa menos que 10% da massa total do sistema.

significa que, numa colisão de aglomerados, a matéria normal de fato colide, enquanto a matéria escura passa batida. Se observarmos uma fotografia num instante após a colisão, portanto, veremos uma confusão de matéria bariônica no centro (o ponto onde ocorreu a colisão), e duas concentrações de matéria escura, uma de cada lado do ponto de impacto.

O leitor atento perceberá que encaixamos aqui um elemento novo: como é que podemos “detectar” essa massa, se ela é, em sua maior parte, invisível? A resposta para essa pergunta passa por ninguém menos que Albert Einstein. Depois de formular sua teoria da gravitação (a relatividade geral), em 1916, Einstein mostrou que a presença de uma massa tem o efeito de “atrair” os raios de luz. Esse desvio na trajetória da luz é chamado de lente gravitacional — pois, assim como uma lente comum deforma os raios de luz, a força gravitacional também pode gerar imagens deformadas de objetos como estrelas ou galáxias.

O que os astrônomos que observaram o Aglomerado da Bala fizeram foi mapear, cuidadosamente, a deformação dos raios de luz ao redor do aglomerado. Eles utilizaram esse mapa da lente gravitacional do aglomerado para determinar onde estava, e como estava distribuída, a sua massa.

O resultado dessas duas observações complementares (de matéria normal, observada em raios-X; e de matéria escura, mapeada pelo efeito de lente gravitacional) está mostrado na figura 1. Perto do centro, em vermelho, estão as nuvens de gás (principalmente hidrogênio e hélio), em dois pedaços que evidentemente interagiram entre si; o pedaço da direita tem o formato de uma bala atravessando um objeto — daí o nome “Aglomerado da Bala”. Em ambos os lados

da figura, em azul, estão denotadas as maiores concentrações de massa do sistema. Claramente, essa massa não parece ter sido afetada pelo processo de colisão. Em termos da massa de cada uma dessas componentes, a “azul” detém 90% do total, enquanto a matéria “vermelha” fica com os 90% restantes.

Essa figura demonstra três fatos muito importantes: primeiro, que a matéria escura de fato não parece interagir com nada, nem com matéria normal, nem com ela mesma. Segundo, que a maior parte da massa de um aglomerado está nessa componente “azul”, que não interage com mais nada — a matéria escura. E, terceiro, que a componente azul está num local totalmente diferente da componente vermelha. Esse terceiro fato é crucial para eliminar as teorias nas quais não existe matéria escura (5,6), mas sim uma modificação das leis da gravidade. Mas, como essas teorias não conseguem explicar uma força da gravidade que aponta para um lugar diferente de onde está a matéria, elas foram descartadas.

No entanto, por mais que as observações do Aglomerado da Bala apontem firmemente para a teoria da matéria escura, não podemos dizer que elas constituam uma “evidência direta” de matéria escura. Para isso, teríamos que ser capazes de detectar sinais diretos emitidos pelas partículas elementares que constituem a matéria escura — que não podem ser nenhuma das partículas conhecidas pelo homem até hoje. Mas, para observar diretamente esses sinais com experimentos que, necessariamente, são feitos de matéria normal (átomos), a matéria escura deveria interagir ao menos um pouco com a matéria normal, ou então duas partículas de matéria escura poderiam se aniquilar mutuamente, gerando partículas de matéria normal.

Existem sinais sutis de que talvez esse segundo processo (aniquilação de partículas de matéria escura) esteja ocorrendo em lugares onde há uma grande concentração de matéria, como o centro da nossa galáxia. Em 2008, o satélite Pamela, resultado de uma colaboração entre instituições italianas e russas, detectou uma misteriosa emissão de elétrons e anti-elétrons (também conhecidos como pósitrons) que têm como origem o centro da Via Láctea (7). A emissão de elétrons e pósitrons, em si, não é nenhuma novidade, e poderia ser explicada por diversos processos astrofísicos, como pulsares (um pulsar é uma estrela de nêutron com campos magnéticos fortíssimos, que gira rapidamente e emite um feixe de radiação). Porém, o que tem despertado a curiosidade dos cientistas é que mais pósitrons do que elétrons foram detectados acima de uma certa energia. Esse excesso de pósitrons detectado pelo satélite Pamela é precisamente o sinal que se espera, em diversas teorias, do resultado da aniquilação de duas partículas de matéria escura. Porém, esse resultado ainda é inconclusivo, e outras observações serão necessárias para descartar as outras possíveis fontes que possam explicar o excesso de pósitrons.

MAIS UM MISTÉRIO: A ACELERAÇÃO DO UNIVERSO Como se não bastasse um grande enigma sem solução para agitar os mares da cosmologia, um outro mistério surgiu em 1998, quando dois grupos

de astrônomos revelaram o resultado de observações de supernovas do tipo Ia (8,9).

Assim como as cefeidas de Hubble, as supernovas Ia têm uma curiosa característica: suas luminosidades são variáveis. O que as cefeidas e as supernovas Ia têm em comum é que essa variabilidade de seus brilhos pode ser utilizada para estimar a distância até esses objetos. Porém, enquanto as cefeidas são estrelas relativamente normais cujos brilhos oscilam em períodos curtos e muito bem definidos, as supernovas são estrelas que explodem. Portanto, o brilho de uma supernova cresce muito por um breve período, e depois diminui à medida que a explosão termina (do começo ao fim, essa explosão dura algumas dezenas de dias). No pico de sua luminosidade, uma supernova Ia pode brilhar mais do que toda uma galáxia, o que a torna uma *vela-padrão* (uma medida padronizada de luminosidade) incomparavelmente mais poderosa que qualquer cefeida. Isso significa que as supernovas Ia nos permitem ir muito mais além do ponto onde Hubble pode observar o universo com as cefeidas, e testar não só a expansão do universo, mas também como essa expansão tem evoluído no tempo. O único inconveniente das supernovas Ia é que, como toda explosão, elas são processos bastante imprevisíveis e, portanto,

ao contrário das cefeidas que são bem entendidas e permitem uma calibração precisa das distâncias, no caso das supernovas Ia, são mal compreendidas e não permitem deduzir as distâncias até elas com grande precisão.

Quando os astrônomos traçaram a evolução da expansão do universo com o tempo, através das observações de supernovas Ia, tivemos mais uma surpresa: depois de dez bilhões de anos se expandindo da maneira esperada (desaceleradamente), o universo passou a acelerar sua expansão e, durante os últimos quatro bilhões de anos, o universo começou a se expandir cada vez mais

rápido (aceleradamente)!

Na verdade, essa surpresa não foi tão grande assim, pois algumas vezes isoladas já vinham dizendo que essa aceleração era uma forte possibilidade (10). Esses arautos do universo acelerado baseavam suas conclusões num outro tipo de observação, que busca “pesar” o universo como um todo. Quando “botamos o universo na balança”, percebemos que sua massa total é bem maior do que a soma das massas da matéria normal e da matéria escura. Mais precisamente: o universo seria aproximadamente 5% de matéria normal, 25% de matéria escura e os 70% restantes de alguma outra componente desconhecida, que seria a responsável pela inesperada aceleração do universo, a *energia escura*.

UMA BALANÇA PARA PESAR O UNIVERSO Para entender como funciona essa “balança cósmica”, temos de tocar numa das outras pedras fundamentais da cosmologia, que é a radiação cósmica de fundo. Nos primórdios do universo, as altas temperaturas impediam que átomos neutros pudessem se formar — tudo que existia eram núcleos atômicos de carga positiva (compostos por prótons e nêutrons) e elétrons livres de carga negativa, formando um *plasma*

NO PICO DE SUA LUMINOSIDADE, UMA SUPERNOVA TIPO IA PODE BRILHAR MAIS DO QUE TODA UMA GALÁXIA

de partículas carregadas. Demorou 380 mil anos desde o Big Bang para que a temperatura do universo baixasse o suficiente para que os elétrons livres pudessem ser capturados pelos núcleos, formando os átomos neutros.

A principal consequência da existência desse plasma de íons carregados no universo primordial foi que, durante 380 mil anos, o universo era um local totalmente opaco para a luz. Como a luz é facilmente absorvida e re-emitada por partículas com cargas elétricas, ela apenas podia se propagar por curtíssimas distâncias — pelo menos enquanto aquele plasma perdurou. Isso significa que até uma idade de 380 mil anos, o plasma e a luz estavam como que em equilíbrio — ou seja, eles compartilhavam a mesma temperatura.

Mas, à medida que o universo esfriou devido à sua expansão, quase todas as partículas carregadas foram se combinando, formando átomos neutros, e os obstáculos para a propagação da luz se esvaneceram. Nesse momento, o universo ficou transparente para a luz, e praticamente mais nada afetou a radiação desde aquele momento. Aquela radiação, presente em todos os lugares, passou a se propagar em todas as direções, e hoje preenche todo o espaço — por isso o nome, “radiação cósmica de fundo”. A predição teórica dessa radiação que “desacoplou” da matéria numa era muito distante do passado foi feita por volta dos anos 1950 pelo russo-americano George Gamow e seus estudantes (11, 12).

Hoje em dia, podemos observar essa radiação de fundo em telescópios que detectam microondas (muito parecidas com aquelas do forno de microondas e dos telefones celulares, mas com intensidades muitíssimo menores). Como essa radiação não foi afetada por mais nada desde a época em que o universo tinha 380 mil anos de idade até hoje, quando a observamos, ela constitui uma fotografia do estado inicial do universo quando ele tinha uma fração da idade que ele tem hoje (aproximadamente 14 bilhões de anos). As primeiras observações mais detalhadas da radiação cósmica de fundo foram feitas pelo satélite Cobe, da Nasa (Agência Espacial Americana), e renderam o Prêmio Nobel de Física de 2006 aos norte-americanos George Smoot e John Mather (13).

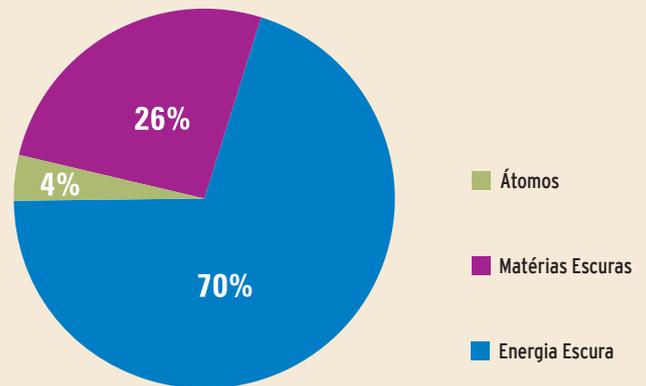
Comparando o universo de 380 mil anos de idade com o universo atual, descobrimos que o universo tem uma densidade muito especial, chamada densidade crítica, que só ocorre quando há um equilíbrio delicado entre a massa do universo e sua expansão.

Porém, nem a matéria normal nem a matéria escura podem dar conta dessa densidade crítica. Ao contabilizarmos as massas de todas as estruturas visíveis do universo, e ainda adicionarmos a matéria escura, não chegamos nem perto do total necessário para completar essa densidade crítica.

Isso significa que existe mais uma componente invisível no universo, sobre a qual ainda não tínhamos desconfiado. Essa componente, que vai pelo nome de energia escura, seria a causa da recente aceleração do universo. É fascinante que essas descobertas tenham sido feitas mais ou menos na mesma época (final dos anos 1990): se a observação que determinou que o universo tem a densidade crítica tivesse ocorrido muito antes ou muito depois da descoberta da aceleração do universo, talvez tivéssemos entrado em muitos becos sem-saída antes de ligar os dois fatos. A história da ciência às vezes joga a favor dos cientistas.

Gráfico 1 - ORÇAMENTO DE MATÉRIA/ENERGIA DO UNIVERSO

4% de matéria normal (átomos), 26% de matéria escura (mais concentrada em galáxias e aglomerados de galáxias) e 70% de energia escura, que pode estar difusa por todo o universo.



Em resumo, o orçamento de matéria e energia do universo, portanto, é aproximadamente o seguinte: 4% de matéria normal (átomos, em estrelas, planetas e, principalmente, gás); 26% de matéria escura, que deve ser algum tipo de partícula elementar ainda desconhecida; e 70% de energia escura, uma componente sobre a qual não sabemos quase nada, a não ser que ela deve ser a causa da recente aceleração da expansão do universo (figura 2).

A ENERGIA ESCURA Como vimos acima, 70% da densidade do universo estão numa segunda componente escura — distinta da matéria escura, que se manifesta na gravitação das grandes estruturas. Essa outra pedra no sapato da cosmologia, a energia escura, tem algumas propriedades curiosas. Primeiro, ela não foi detectada em nenhum objeto específico, como galáxias ou aglomerados de galáxias, portanto, ela parece ser bastante difusa — ou seja, ela parece estar espalhada mais ou menos homogeneamente pelo universo. Segundo, ela parece estar causando a aceleração do universo — já que tanto a matéria normal quanto a matéria escura se atraem mutuamente, então o efeito delas seria desacelerar o universo, e não acelerá-lo.

Dentro da teoria da gravitação de Albert Einstein (conhecida como relatividade geral), a única maneira de produzir uma aceleração da taxa de expansão do universo seria através de alguma substância cuja pressão fosse negativa — uma substância tal que, ao preencher um certo volume, ela exerce pressão para dentro sobre as paredes desse volume (seria, assim, impossível inflar um balão de borracha com esse tipo de matéria!). Concluímos, portanto, que a energia escura deve ser alguma componente bastante exótica, de pressão negativa e que responde pela maior parte (70%) de toda a densidade de energia do universo!

NOVIDADES À VISTA É evidente que ninguém pode estar satisfeito com uma situação onde, para explicar os fenômenos do cosmos, precisamos apelar para dois tipos distintos de substâncias invisíveis.

Uma delas, a matéria escura, pode ainda vir a ser detectada em experimentos de física de partículas, já que boa parte dos modelos prevê que as partículas de matéria escura interagem (muito pouco, mas o suficiente para serem observadas) com as partículas que conhecemos em aceleradores como o Cern (sigla para Organização Europeia de Pesquisa Nuclear).

Porém, a outra substância invisível, a energia escura, não parecer a menor perspectiva de jamais ser detectada diretamente em laboratório, ou mesmo por algum telescópio terrestre. O que fazer em uma área da ciência na qual 70% do objeto de estudo depende exclusivamente de pistas indiretas?

Ainda não temos boas respostas para essas perguntas, mas a principal consequência dessa tensão entre teoria e observações é que a pressão por novos resultados teóricos e por novos instrumentos tem sido muito grande. E, assim como a “zona de conforto” e a acomodação são os inimigos do avanço científico, essa pressão está se traduzindo em novidades cada vez mais frequentes.

É bem possível que nos próximos anos nossas noções mais básicas sobre o universo e os tipos de matéria que existem na natureza mudem completamente; nossas ideias sobre a gravitação também podem vir a mudar, caso as observações detalhadas de aglomerados de galáxias revelem a inadequação da relatividade geral de Albert Einstein; e o mais interessante é que sempre que os avanços ocorrem nessa velocidade, acabamos descobrindo coisas sobre as quais nem desconfiamos, novidades além da nossa imaginação. Esse é o prospecto para os próximos anos para a cosmologia.

Raul Abramo é professor associado do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hubble, E. "A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 15, n.3, pp.168-173. 1929.
2. Zwicky, F. "On the masses of nebulae and of clusters of nebulae". *Astrophysical Journal*, Vol.86, p.217. 1937.
3. Rubin, V. & Ford Jr, W. K. "Rotation of the Andromeda nebula from a spectroscopic survey of emission regions". *Astrophysical Journal*, Vol.159, p.379. 1970.
4. Clowe, D., Bradac, M., et al. "A direct empirical proof of the existence of dark matter". *Astrophysical Journal Letters*, Vol.648, pp.109-113. 2006.
5. Bekenstein, J. D. "Relativistic gravitation theory for the modified Newtonian dynamics paradigm". *Physical Review D*, Vol.70: 083509. 2004.
6. Milgrom, M. "A modification of the newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis". *Astrophysical Journal* Vol.270, pp.365-370. 1983.
7. Adriani, O., et al. "An anomalous positron abundance in cosmic rays with energies 1.5-100 GeV". *Nature*, Vol.458, pp.607-609. 2009.
8. Riess, A. G., et al. (Supernova Search Team). "Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant", *Astronomical Journal*, Vol.116, pp.1009-1038. 1998.
9. Perlmutter, S., et al. (The Supernova Cosmology Project). "Measurements of Omega and Lambda from 42 high redshift supernovae". *Astrophysical Journal*, Vol.517, pp.565-86. 1999.
10. Krauss, L. M. e Turner, M. S. "The cosmological constant is back". *General Relativity and Gravitation*, Vol.27, pp.1137-1144. 1995.
11. Gamow, G. "Expanding universe and the origin of elements". *Physical Review*, Vol.70, n.7-8, pp.572-573. 1946.
12. Alpher, R. A. & Herman, R. C. "Remarks on the evolution of the expanding universe", *Physical Review*, Vol.75, n.7, pp.1089-1095. 1949.
13. Smooth, G. F., et al. "Structure in the COBE differential microwave radiometer first-year maps". *Astrophysical Journal Letters*, Vol.396, n.1, pp.L1-L5. 1992.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Applications (CP-SMA). *Cosmology: a research briefing*. 1995. Disponível em: <http://www.nap.edu/readingroom/books/cosmology/index.html> .
- Gleiser, Marcelo. *A dança do universo*. Editora Companhia das Letras, São Paulo. 1998.
- Greene, Brian. *O universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva*. Editora Companhia das Letras, São Paulo. 2001.
- Weinberg, Steven. *Os três primeiros minutos*. Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro. 1980.
- Wright, Ned. *Cosmology Tutorial*. 2009. Curso de cosmologia quase sem matemática, em inglês, francês e italiano. Disponível em: <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm> .

PROCURAM-SE PLANETAS

Adriana Válio

Aqueles que observarem o céu noturno cuidadosamente, noite após noite, notarão uns poucos astros errantes no firmamento, isto é, pontos brilhantes que se movem com relação às estrelas fixas. Os gregos já haviam notado isso desde a antiguidade e os batizaram de “planetas”, que significa errante em grego. Até o século XVI, anterior à invenção do telescópio, cinco eram os planetas conhecidos, os quais levam os nomes dos deuses grego-romanos: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno.

Foi somente em 13 de março de 1781 que o planeta Urano foi descoberto por William Herschel, utilizando um telescópio que ele mesmo construiu no quintal de sua casa na Inglaterra. Já o planeta Netuno foi predito antes de ser observado de fato em 1846 por Johann G. Galle e Heinrich L. d’Arrest. A previsão baseou-se nos cálculos matemáticos das perturbações observadas nas órbitas dos planetas Urano, Saturno e Júpiter. Plutão foi observado por acaso em 1930 por Clyde Tombaugh, e recebeu a denominação de planeta devido a um erro na estimativa de sua massa, bem maior do que a real. Por quase um século, assim ficou o sistema solar formado por nove planetas.

DEFINIÇÃO DE PLANETA Até o final do século XX, o sistema solar era constituído por nove planetas. Entretanto, a descoberta de objetos localizados no cinturão de Kuiper, além da órbita de Netuno, como Sedna e Eris, puseram em cheque a denominação de planeta de Plutão. Esses objetos, com massas da ordem ou até maiores do que a massa de Plutão trouxeram à baila a discussão sobre a necessidade de uma definição precisa do que é um planeta. Além disso, foram descobertos planetas extra-solares, ou seja, planetas que orbitam outras estrelas. Isso exigiu uma reformulação da classificação de planeta, a fim de definir parâmetros claros. Em 2006, na reunião da Assembléia Geral da União Astronômica Internacional (UAI) em Praga, ocorreu uma discussão entre astrônomos do mundo inteiro. Vários tipos de classificação foram propostos, visando uma definição precisa do que é um planeta. A União Astronômica Internacional decidiu por fim classificar os planetas e outros objetos celestes do sistema solar em três categorias: planeta, planeta-anão e pequenos corpos. Hoje Plutão é considerado um planeta-anão, assim como Sedna e Eris. Dessa forma, o sistema solar passa a ter oito planetas clássicos.

Um **planeta**, conforme definido em 24 de agosto de 2006 pela União Astronômica Internacional, é um corpo celeste que satisfaça as seguintes três condições:

1. Gira em uma órbita em torno de uma estrela;
2. Tem massa suficiente para que sua própria gravidade supere as forças de corpo rígido de modo que assumam uma forma com equilíbrio hidrostático (isto é, aproximadamente esférica);

3. Tenha limpado a vizinhança de sua órbita (de forma que praticamente não haja população local), ou seja, é o objeto dominante na vizinhança de sua órbita.

O último item baseia-se em conceitos de dinâmica orbital. É justamente o último item da definição de planeta que desqualificou Plutão, pois a órbita de Plutão cruza a de Netuno, que é claramente o objeto dominante nessa vizinhança.

PLANETAS EXTRA-SOLARES Em primeiro lugar, é necessário distinguir um planeta de uma estrela, e a definição de planeta é principalmente baseada na massa do objeto. De acordo com o Grupo de Trabalho em Planetas Extra-Solares (WGESP, na sigla em inglês) da UAI, os planetas são objetos cujas massas estão abaixo do limite da fusão nuclear do deutério e, portanto, não possuem fonte de energia própria. Essa definição restringe a massa do objeto para algo menor do que aproximadamente $13 M_J$, onde M_J equivale à massa do planeta Júpiter. Esses objetos tanto podem orbitar estrelas ou restos estelares, no caso pulsares, e são considerados planetas independentemente da maneira como foram formados.

Já os objetos capazes de realizar a fusão termonuclear do deutério, mas não a do hidrogênio, são denominados de anãs marrons. Estima-se que a massa desses objetos seja algo entre 0,013 e 0,075 da massa do Sol. Finalmente, as estrelas são objetos com massa superior a 0,075 massa solar e, portanto, capazes de fazer a fusão termonuclear do hidrogênio. Convém salientar que os limites de massa descritos acima são valores aproximados.

A descoberta dos primeiros planetas em torno de outras estrelas se deu há quinze anos, em 1992. Porém esses orbitavam não uma estrela normal, mas um pulsar, os restos de uma estrela que explodiu em uma supernova (1). Logo depois, em 1995, astrônomos suíços descobriram o primeiro planeta em torno de uma estrela como o Sol, 51 Pegasus (2). Desde então o número de planetas descobertos tem crescido rapidamente. Hoje existem mais de 350 planetas extra-solares descobertos (<http://exoplanet.eu>), sendo necessário atualizar esse número semanalmente, para não dizer diariamente.

A estrela 51 Peg, distante 14,7 parsec ($1 \text{ parsec} = 3,086 \times 10^{16}$ metros, trata-se de uma medida de distância astronômica a partir da técnica de triangulação) da Terra, é muito semelhante ao Sol, e tem aproximadamente a mesma idade. O planeta descoberto ao seu redor possui uma massa de $0,468 M_J$ em uma órbita com raio de 0,052 U.A. (Unidade Astronômica, U.A., é a distância entre a Terra e o Sol), percorrendo uma volta em torno da estrela em apenas 4,2293 dias. Inicialmente, a grande proximidade da estrela hospedeira de um planeta quase do tamanho de Júpiter gerou muita surpresa. Porém a descoberta foi rapidamente confirmada por um grupo de astrônomos americanos usando o Observatório Lick nos Estados Unidos, e a subsequente descoberta de dois outros planetas em torno de 70 Vir (3) e 47 UMa (4).

MÉTODOS DE DETECÇÃO DE PLANETAS São vários os métodos de detecção de planetas, os quais basicamente podem ser divididos em três tipos. O primeiro tipo está associado aos efeitos dinâmicos na

estrela causados pela interação gravitacional com o planeta em órbita. Esses efeitos podem ser observados através de: i) deslocamento Doppler, ou velocidade radial, das linhas espectrais de átomos na atmosfera estelar; ii) variação do tempo de chegada de um sinal periódico muito preciso, como o de pulsares; ou iii) de medidas astrométricas do movimento da estrela no céu.

O segundo método diz respeito ao efeito do planeta funcionar como uma lente gravitacional amplificando ligeiramente a luz da estrela hospedeira. Perturbações na forma de cósticas da luz são interpretadas como sendo devido à presença de um planeta.

Finalmente, o terceiro método refere-se a efeitos fotométricos, seja na variação do brilho da estrela causada por trânsitos do planeta em órbita, seja por detecção direta da luz do próprio planeta. Atualmente, ainda não é possível detectar a luz visível refletida por um planeta de outro sistema planetário em torno de uma estrela como o Sol, devido ao fato do planeta ser um bilhão de vezes menos brilhante do que a estrela. No entanto, isso se torna factível em comprimentos de onda mais longos, como na faixa do infravermelho, ou então observando-se estrelas de baixa massa, menos brilhantes, ou estrelas jovens cujo brilho ainda não alcançou o seu máximo.

MÉTODO DE VELOCIDADE RADIAL Até hoje a grande maioria dos planetas foi detectada pelos efeitos dinâmicos sobre a estrela, os quais podem ser observados como pequenas variações na velocidade radial das linhas espectrais provenientes de átomos na atmosfera da estrela. No entanto, por enquanto, esse método de detecção está limitado à detecção de planetas gigantes como Júpiter muito próximos à sua estrela. Planetas telúricos, isto é, rochosos como a Terra, somente foram detectados por medidas muito precisas do tempo de chegada da radiação de um pulsar ou poderão ser detectados num futuro próximo por observações de seus trânsitos realizadas do espaço.

Não é somente o planeta orbitando uma estrela que sofre a atração gravitacional desta, mas também a estrela sente a força gravitacional causada pelo planeta. Essa força gravitacional, segundo a Lei da Gravitação Universal de Newton, é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional à distância ao quadrado do planeta à estrela. Quanto maior a massa do planeta, ou menor a distância entre os dois corpos, maior será a força de atração gravitacional e o efeito produzido no movimento da estrela. O resultado é que ambos, estrela e planeta, descrevem então órbitas em torno do centro-de-gravidade comum do sistema com um mesmo período. Esse movimento da estrela causa pequenas perturbações periódicas em três grandezas que podem ser observadas: tempo de chegada de um sinal periódico de referência, posição e deslocamento Doppler de linhas espectrais (ou velocidade radial).

Não apenas um único planeta orbitando ao redor de uma estrela, mas sistemas planetários com até quatro planetas já foram descobertos. Atualmente, já somam 34 os sistemas planetários descobertos pelo método de velocidade radial. O primeiro sistema planetário a ser descoberto foi Andromedae, cuja estrela havia apresentado anteriormente uma periodicidade de 4,6 dias na sua velocidade radial consistente com a presença de um gigante gasoso a apenas 0,059

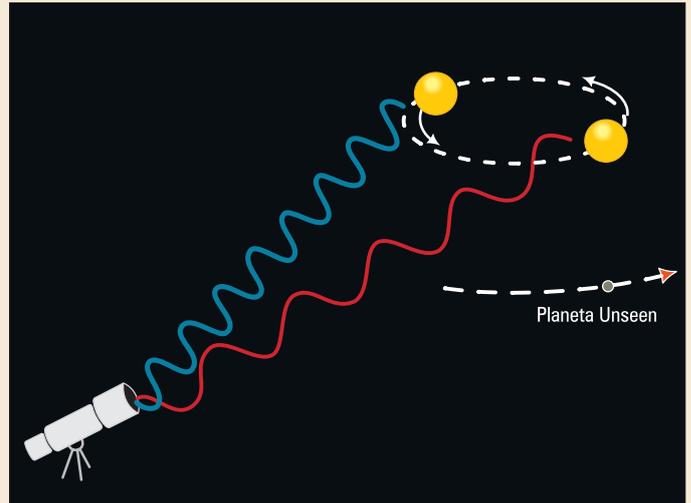


Figura 1 – Efeito Doppler da luz da estrela causado pelo movimento desta gerado pela atração gravitacional de um planeta ao seu redor. Quando a estrela em sua órbita se aproxima da Terra, a linha espectral sofre um desvio para o azul (ou comprimentos de onda menores), quando se afasta o desvio das linhas é para o vermelho (comprimentos de onda maiores). Imagem: <http://www.thelivingmoon.com>

U.A. da estrela. Observações subsequentes pelo time do Observatório Lick confirmaram essa periodicidade e revelaram periodicidades adicionais de 241 e 1.275 dias. Essas variações periódicas se mostraram consistentes com o movimento orbital kepleriano de mais dois planetas gigantes, com duas e quatro vezes a massa de Júpiter, respectivamente.

MICROLENTE GRAVITACIONAL Um evento de microlente gravitacional, em nossa galáxia, ocorre quando um objeto massivo, compacto e escuro (a lente) passa muito próximo da linha de visão de uma estrela mais brilhante ao fundo (a fonte). Os raios de luz da estrela-fonte são então curvados pelo campo gravitacional da estrela-lente no meio do caminho. Esse efeito, proposto primeiramente por Albert Einstein, foca a luz da fonte distante causando, portanto, a amplificação aparente da sua luz.

Geralmente, a estrela-fonte situa-se no bojo da galáxia enquanto que a estrela-lente pode tanto fazer parte da população do bojo ou estar localizada no disco da galáxia. Uma vantagem desse método é não ser necessário detectar a luz da lente, geralmente fraca, que tanto pode ser uma estrela ou um planeta ao seu redor. O método de microlente é principalmente sensível a planetas com órbitas entre 1 e 5 U.A. e massas desde da ordem da de Júpiter até massas terrestres, mesmo que a vários kpc de distância. Em princípio, esse método é capaz de detectar planetas tão pequenos quanto 0,1 massa da Terra no caso de estrelas-fontes da sequência principal no bojo galáctico.

Devido ao movimento relativo entre fonte, lente e observador, o fator de amplificação varia com o tempo, aumentando gradativamente e depois diminuindo num período que pode durar horas ou dias. Caso a estrela-lente possua um planeta ao seu redor, este atuará como

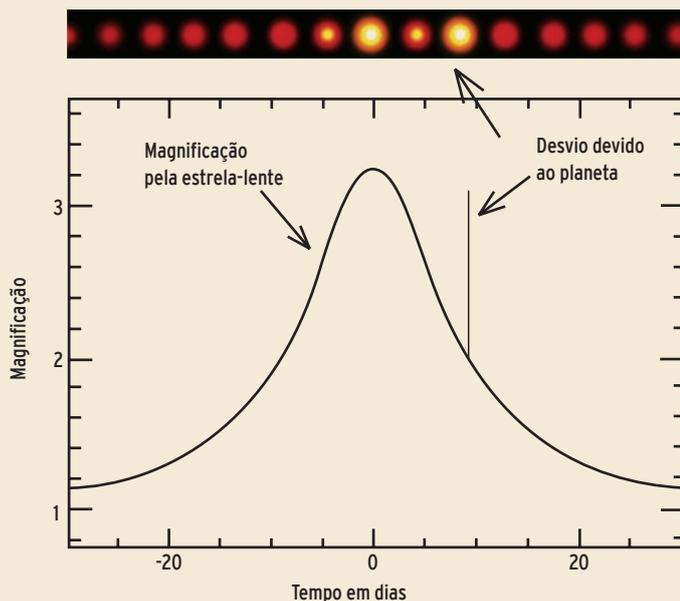


Figura 2 – Amplificação da luz de uma estrela causada pelo efeito gravitacional de uma estrela (máximo principal) e seu planeta (pico secundário). Imagem: <http://eo.ucar.edu/staff/dward/sao/exoplanets/images/conclu14.gif>

uma lente também causando um pico secundário de amplificação com menor intensidade e duração.

Embora esse método seja eficaz para detecção de planetas pequenos, é necessário um alinhamento extremamente preciso entre as estrelas fonte e lente e o observador. A probabilidade de que isso ocorra causando

uma amplificação substancial é bastante diminuta, da ordem de 10^{-6} para as estrelas no bojo galáctico ou nas Nuvens de Magalhães. Até o presente, oito planetas já foram descobertos por esse método.

Uma desvantagem do método de microlente gravitacional é o fato de não poder ser reproduzível, isto é, uma vez que um evento ocorra é bastante improvável que ele ocorra novamente para o mesmo sistema em uma escala de tempo humana. Além disso, não é possível escolher uma estrela-lente específica para determinar se existe ou não algum planeta ao seu redor. Entretanto, esse método possui várias vantagens como sua alta sensibilidade mesmo para planetas de massa terrestre, detecção de planetas distantes (a kpc de distância), e finalmente não é necessário observar a luz da estrela-lente ou seu planeta, pois o que se mede é apenas o seu efeito gravitacional.

FOTOS DE PLANETAS Obviamente a maneira mais direta de inferir a existência de um planeta é através da detecção direta de sua luz. No entanto, o fato de um planeta não emitir luz própria na faixa do visível, mas apenas refletir a luz de sua estrela hospedeira torna o seu brilho um bilhão de vezes mais fraco do que o da estrela. Além disso, a sua proximidade à estrela dificulta substancialmente a detecção da sua emissão.

Como mencionado anteriormente, atualmente ainda não é possível obter uma fotografia na faixa do visível para planetas em torno de estrelas como o Sol, pois o brilho da estrela é da ordem de um bilhão de vezes mais intenso do que o do planeta. Para superar esse problema, as observações têm se concentrado em estrelas bastante jovens e as observações têm sido realizadas no infravermelho. Os objetos sub-estelares em torno dessas estrelas, com a mesma idade, por serem jovens encontram-se ainda em fase de contração. Con-

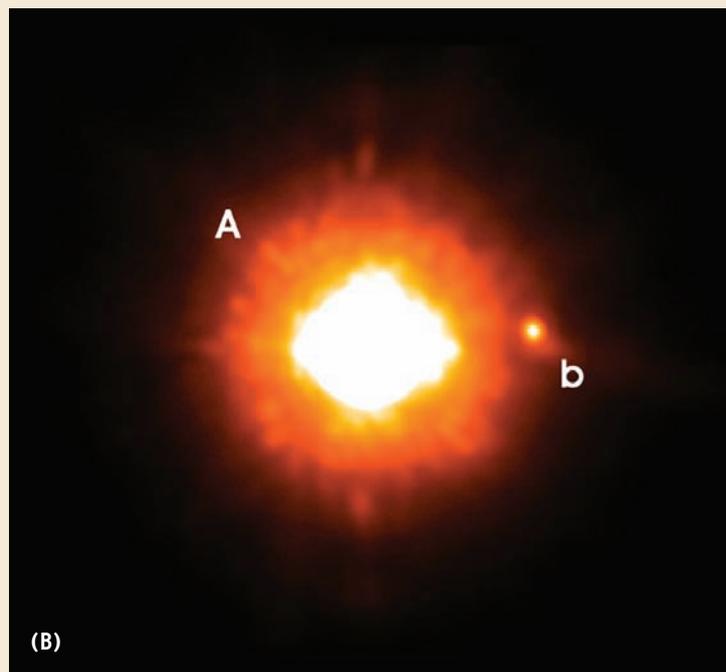
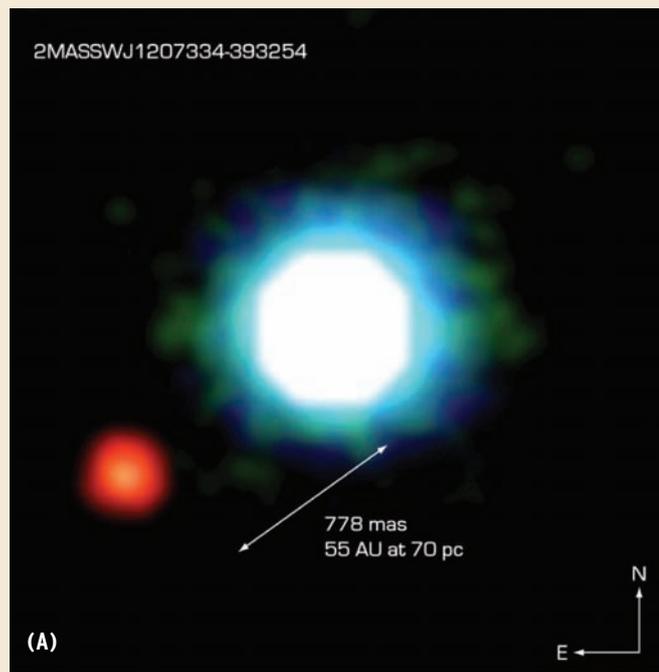


Figura 3 – Imagens de dois planetas extra-solares (A); CQLupi (B). Imagens: <http://www.eso.org>

sequestradamente, são muito mais quentes e brilhantes e, portanto, mais facilmente detectados. Até o presente, imagens de 11 planetas já foram obtidas.

Em 27 de abril de 2004, fotografou-se o primeiro planeta em órbita da anã marrom 2M 1207 com massa de $25 M_J$ e idade aproximadamente de 8 milhões de anos. A imagem mostrada na figura 3(A) foi obtida com o Very Large Telescope (VLT) operando na faixa do infravermelho. A distância de 59 kpc até o sistema implica que o planeta está a uma distância projetada de 55 U.A. da sua estrela.

A figura 3(B) mostra uma estrela jovem (T Tauri) GQ Lupi com sua companheira, 250 vezes mais fraca e distante 100 U.A., o segundo planeta fotografado, em 25 de junho de 2004. Essa é uma estrela jovem de $0,7 M_{sol}$ com menos que 2 milhões de anos em uma região de formação estelar a 140 kpc da Terra. Comparando com imagens dessa mesma estrela obtidas entre 2 e 5 anos antes, foi possível confirmar que o objeto companheiro possui o mesmo movimento próprio que a estrela.

ECLIPSES ESTELARES (OU TRÂNSITOS) Uma outra maneira de se inferir a presença de um planeta é através de pequenas variações periódicas na luz da estrela causada pela passagem do planeta entre a estrela e observador, ou seja, eclipses. A diminuição no brilho da estrela para planetas gigantes como Júpiter é da ordem de 1%, e no caso de planetas telúricos de apenas 0,01%. No último caso, impossível de ser detectado a partir do solo com a tecnologia atual. É claro que esse efeito somente pode ser observado para os sistemas planetários vistos de perfil, isto é, cuja órbita seja quase perpendicular ao plano do céu.

Os primeiros trânsitos de planetas do sistema solar em frente ao Sol foram observados já no século XVII. Obviamente isso ocorre somente para Mercúrio e Vênus, os planetas com órbitas internas à da Terra. Foram necessários mais três séculos para se detectar trânsitos de planetas extra-solares em torno de suas estrelas hospedeiras. Nesse caso, quando o planeta passa na frente da sua estrela ocorre uma pequena diminuição no brilho da estrela. A diminuição da intensidade da luz da estrela é proporcional à razão entre as áreas do planeta e da estrela e se repete periodicamente de acordo com o período orbital.

O primeiro trânsito de planeta extra-solar foi anunciado em 1999 para a estrela HD 209458. O planeta é um gigante gasoso com 70% da massa de Júpiter, porém com um raio 30% maior do que o de Júpiter, muito próximo da sua estrela a apenas 0,045 U.A., e completa uma revolução orbital em torno da estrela a cada 3,5 dias. O trânsito acarreta uma diminuição de 1,8% na intensidade da estrela e possui duração aproximada de 2,5 horas. Esse é, sem dúvida, o planeta mais famoso, o qual é citado em 325 artigos publicados até o presente. Uma grande vantagem do método de trânsito é que fornece o raio do planeta. Caso observações de velocidade radial estejam disponíveis com uma indicação do limite inferior da massa, essa será, de fato, a massa real do planeta pois o ângulo orbital é seguramente próximo de 90° .

Um problema do método de trânsito é a confirmação de que o objeto companheiro é de fato um planeta, o que somente é comprovado após a determinação da sua massa (por velocidade radial). Vários fatores podem causar diminuição periódica no brilho da estrela como,

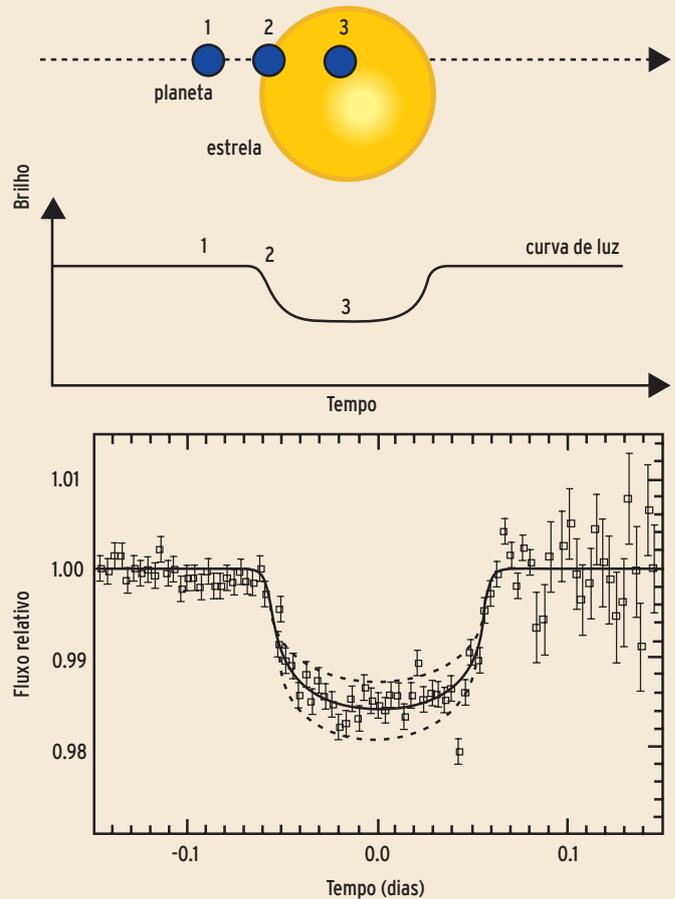


Figura 4 – Esquema da variação na luz da estrela causada pelo trânsito de um planeta em órbita, e a observação do trânsito do planeta HD 209458 b. Gráfico: <http://www.cornellcollege.edu>; Gráfico (abaixo) trata do fluxo relativo ao longo do tempo (7).

por exemplo, atividade magnética da estrela, mas, principalmente, eclipses entre membros de sistemas estelares duplos ou triplos. Trânsitos por estrelas anãs na frente de uma bem maior (e.g. estrelas gigantes) também podem imitar um trânsito planetário. Nesse caso, é necessário um estudo espectroscópico de baixa resolução da estrela principal para determinar o seu raio.

ATMOSFERAS PLANETÁRIAS A observação das eclipses primária e secundária (quando o planeta passa atrás da estrela) permite o estudo de suas atmosferas. Durante o trânsito primário nos momentos de ingresso e egresso, conforme a luz da estrela passa através da atmosfera do planeta é possível detectar alguns de seus constituintes como, por exemplo, sódio, hidrogênio, oxigênio e carbono ionizado. Com o telescópio espacial Hubble operando em 589 nanômetros (nm) (linhas de ressonância do sódio), Charbonneau e colaboradores (5) conseguiram medir um pequeno aumento na profundidade do trânsito de HD 209458 b. Mesmo assim, a detecção foi apenas um terço do valor esperado a partir dos modelos de atmosfera sem nuvens e abundância solar para o sódio. Essa observação, combinada ao

limite superior de detecção de CO (monóxido de carbono), implica na presença de nuvens na alta atmosfera do planeta.

As observações espectrais do trânsito secundário de outro planeta, HD 189733 b, evidenciaram que o fluxo do planeta é 0,49% do fluxo da estrela. A comparação do espectro observado com o espectro calculado por modelos atmosféricos de planetas tipo Júpiter, mas quentes, revelou uma discrepância. Os modelos preveem uma queda no fluxo relativo do planeta devido à absorção por água. No entanto essa queda não foi detectada. Esse é um fato intrigante, pois todos os modelos de atmosfera de planetas consideram a presença de água. Uma explicação seria o fato da água estar presente, porém em regiões mais baixas na atmosfera do planeta, encobertas por nuvens de silicato sem água.

O telescópio Alma, um arranjo de antenas de rádio na faixa do submilimétrico, está previsto para entrar em operação em 2012 no deserto do Atacama no Chile. Esse instrumento será capaz de imagear os exoplanetas além de fornecer preciosas informações sobre a composição da atmosfera destes, buscando detectar oxigênio, principal indicador da existência de vida.

OBSERVAÇÃO POR SATÉLITES NO ESPAÇO Um satélite atualmente em órbita da Terra é o satélite francês CoRoT (Convection, Rotation and planetary Transits, <http://corot.oamp.fr>) — sendo um dos seus objetivos a detecção de trânsitos de planetas extra-solares. Esse satélite, lançado em 27 de dezembro de 2006, possui uma significativa participação brasileira. A partir do monitoramento contínuo durante 150 dias por vez de um total de 60 mil estrelas, na duração total da missão (prevista para dois anos e meio), espera-se detectar dezenas de trânsitos de planetas gigantes gasosos como Júpiter, e pela primeira vez, descobrir a partir de seus trânsitos também planetas telúricos com até duas ou três vezes a massa da Terra. Atualmente, o satélite CoRoT já descobriu oito planetas extra-solares, sendo o menor deles do tipo super-Terra, isto é, com uma massa aproximada de seis massas terrestres.

O satélite Kepler, da Agência Espacial Americana (Nasa), cujo objetivo é a busca de trânsitos planetários, é capaz de obter imagens de planetas na banda do visível e infravermelho além de estudos espectroscópicos. O satélite norte-americano Kepler foi lançado em 6 de março de 2009 e, brevemente, teremos notícia da detecção de planetas como a Terra.

Várias missões espaciais com o propósito de descobrir e estudar planetas extra-solares estão planejadas para a próxima década. Entre essas podemos citar Darwin, da Agência Espacial Europeia (ESA), com a finalidade de imageamento na faixa do infravermelho e espectroscopia de planetas terrestres, Gaia, também da ESA, cujo objetivo é a detecção de planetas por astrometria e observação de trânsitos planetários.

ZONA DE HABITABILIDADE É consenso entre os biólogos que a existência de vida baseada em carbono, tal qual a conhecemos aqui na

Terra, é imprescindível da disponibilidade de água líquida para a ocorrência de reações químicas durante bilhões de anos. Portanto, a condição principal para que um planeta seja capaz de abrigar vida, ou habitabilidade, é a existência de água líquida em sua superfície que, embora necessária para a vida, não é uma condição suficiente.

A zona de habitabilidade de uma estrela é definida como a região onde a água na forma líquida pode existir na superfície de um planeta. Essa região é controlada pela distância de separação entre a estrela e o planeta, mas também é afetada pela rotação do planeta e a convecção da sua atmosfera. O extremo interior da zona de habitabilidade é limitado pela perda de água e por um possível efeito estufa fora do controle, enquanto que o bordo externo é determinado pela condensação de CO₂ (dióxido de carbono) e glaciações. Considerando esses efeitos, a zona de habitabilidade para uma estrela como o Sol está situada entre 0,7 e 1,5 U.A.

Convém notar que essas distâncias variam com a idade da estrela, conforme a estrela evolui, a sua luminosidade aumenta (o Sol jovem era 30% menos brilhante do que o atual e seu fluxo irá aumentar de um fator 3 nos próximos 4 bilhões de anos), portanto futuramente a borda interna da zona de habitabilidade irá migrar para regiões mais

externas do sistema solar. Pelo mesmo motivo, isto é, uma maior luminosidade da estrela, os limites da zona de habitabilidade também variam para estrelas de diferentes massas.

Um resultado que teve grande repercussão na mídia em 2007 foi a descoberta do planeta em torno da estrela Gliese 581, um planeta com um terço da massa do Sol e, portanto, uma luminosidade cinquenta vezes menor que a solar. Já se sabia da existência de um planeta como Saturno, com 16 massas terrestres, em torno dessa estrela. Udry e colaboradores (6) descobriram mais duas super-Terras, isto é, planetas com

cinco e oito vezes a massa da Terra em órbita dessa estrela, formando um sistema planetário triplo. Essa descoberta foi feita utilizando-se o espectrógrafo Harps (High Accuracy Radial Velocity for Planetary Search) no telescópio de 3,6 m do ESO no Chile.

A grande novidade foi a localização desses novos planetas. Devido ao fato da estrela ter um brilho bem menor do que o Sol, consequentemente a sua zona de habitabilidade também é bem menor. O planeta de cinco massas terrestres reside na borda interna da zona de habitabilidade a 0,07 U.A. da estrela, enquanto que o outro planeta, de oito massas terrestres, dista 0,25 U.A. e encontra-se no extremo mais externo da zona de habitabilidade da estrela. Considerando a luminosidade da estrela, Udry e colaboradores (6) computaram a temperatura de equilíbrio do planeta Gl 581 c como estando entre -3° e +40°C. Certamente a temperatura na superfície desse planeta sofrerá grande influência da sua atmosfera. Supondo um raio para o planeta de 1,5 raio terrestre, baseado em modelos, e uma temperatura média da ordem de +20° C Gl 581 c é o planeta extra-solar descoberto até hoje que mais se assemelha à Terra.

A CONDIÇÃO PRINCIPAL PARA UM PLANETA SER CAPAZ DE ABRIGAR VIDA É A EXISTÊNCIA DE ÁGUA LÍQUIDA EM SUA SUPERFÍCIE

Adriana Válio é professora adjunta do Centro de Radioastronomia e Astrofísica, da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wolszczan, A. & Frail D. "A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257 + 12". *Nature*, Vol.355, pp.145-147. 1992.
2. Mayor, Michel & Queloz, Didier. "A Jupiter-mass companion to a solar-type star". *Nature*, Vol.378, pp.355-359. 1995.
3. Marcy, G. W. & Butler, R. P. "The planetary companion to 70 Vir". *Astrophysical Journal Letters*, Vol.464, L147. 1996.
4. Butler, R. P. & Marcy, G. W. "The planet orbiting 47 UMa". *Astrophysical Journal Letters*, Vol.464, L153. 1996.
5. Charbonneau, D., Brown, T. M., Noyes, R. W. & Gilliland, R.L. "Detection of an extrasolar planet atmosphere". *Astrophysical Journal*, Vol.568, 377. 2002
6. Udry, S.; Bonfils, X.; Delfosse, X.; Forveille, T.; Mayor, M.; Perrier, C.; Bouchy, F.; Lovis, C.; Pepe, F.; Queloz, D.; Bertaux, J.L. "The Harps search for southern extra-solar planets. XI. Super-Earths (5 and 8 M) in a 3-planet system". *Astronomy & Astrophysics*, Vol.469, n.3, L43-L47. 2007.
7. Charbonneau, D.; Brown, T. M.; Latham, D.W.; & Mayor, M. "Detection of planetary transits across a Sun-like star". *Astrophysical Journal Letters*, Vol.529, pp.L45-L48. 2000.

SUGESTÕES DE LEITURA

- Burgos, Pedro. "Não estamos sozinhos". *SuperInteressante*, Vol. 255, p. 62. Agosto de 2008.
- Lopes, Reinaldo José. "Sombras de mundos distantes". *Scientific American Brasil*, Ano 3, n. 30, p.36. Novembro de 2004.
- Mello, Sylvio Ferra. "Planetas extra-solares". <http://www.stro.iag.usp.br/~sylvio/exoplanets/planetas.htm> Homepage do satélite CoRoT: <http://www.astro.iag.usp.br/~corot/index.html>.
- Oliveira Filho, Kepler de Souza & Saraiva, Maria de Fátima Oliveira. "Planetas extrasolares do site de astronomia e astrofísica". <http://astro.if.ufrgs.br/esp.htm>
- Ward, Peter & Brownlee, Donald. *Sós no universo?* Ed. Campus. 2000.

NEM TODA ESTRELA É JOVEM

Denise R. Gonçalves



semelhança de todos os tipos de seres vivos que conhecemos, estrelas nascem, vivem e morrem. Ainda que nasçam e tenham infância, juventude e madurez similares, na velhice e na morte as estrelas diferem muito, a depender essencialmente de suas massas. E, contrariamente à visão atual que temos dos seres humanos, na velhice e na morte as estrelas são muito mais glamorosas do que na juventude, daí a metáfora do título! Veremos que a metáfora é ainda mais contundente quando comparamos estrelas gordinhas (massivas) e de mais baixa massa. Ambas terminam de forma esplêndida.

Estrelas massivas evoluem mais rápido do que suas colegas com menos massa. O que equivale a dizer que quanto mais massa, mais compulsivo o consumo do combustível original, o hidrogênio (H). O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos consumindo seu H (ou seja, através de fusão termonuclear transformando-o em hélio, He), ao que chamamos sequência principal (SP). Estrelas de 5 e 10 massas solares (M_{\odot}), por sua vez, terão sequências principais de, apenas, 100 e 20 milhões de anos, respectivamente. Essa fase da vida das estrelas termina pelo simples fato de que elas deixam de possuir H no seu núcleo, portanto, já não podendo transformá-lo em He. Por isso, imediatamente após a SP a evolução estelar também é qualitativamente similar para todos os tipos de estrelas: o consumo do H nuclear necessariamente produz um núcleo de He (inicialmente inerte) em contração (já que ao cessar a fusão nuclear também cessa a pressão que contrabalança a gravidade) rodeado por uma camada externa na qual o H continua em combustão. Essa estrutura interna vale tanto para estrelas de alta quanto de baixa massa. A partir daqui, na velhice estelar, os caminhos de umas e outras serão completamente diversos. Porém, desde já podemos adiantar que umas e outras são velhinhas de rara beleza. E, morrendo de forma explosiva (como supernovas) ou lentamente perdendo suas camadas externas para o entorno, como nebulosas planetárias, fatalmente coroarão suas vidas com uma morte espetacularmente bela!

A VIDA DAS ESTRELAS JOVENS Antes de falar da velhice estelar, e dado que já deixamos claro que, excetuando-se o tempo que permanecem em cada uma das fases, a vida de todas as estrelas são similares até que deixem a SP, vamos verificar como as estrelas nascem e evoluem até que consumam seu H nuclear.

A tabela 1 reúne as várias fases que levam à formação das estrelas destacando as características observacionais de cada fase. Nela lista-se o tempo de uma fase para a subsequente, as temperaturas, tanto no centro da estrutura em questão quanto na sua superfície, as densidades e os tamanhos. Note que nesta tabela denotamos os tamanhos em unidades de diâmetros solares (D_{\odot}), na próxima a medida será raios solares (R_{\odot}). Essa tabela pode ser resumida da

Tabela 1 – DO NASCIMENTO À SP (O SOL)

TEMPO ATÉ A PRÓXIMA FASE (ANOS)	TEMPERATURA CENTRAL (K)	TEMPERATURA SUPERFICIAL (K)	DENSIDADE CENTRAL (PARTÍCULAS/M ³)	DIÂMETRO (R _☉)	OBJETO OBSERVÁVEL
2 x 10 ⁶	10	10	10 ⁹	7 x 10 ⁷	Nuvem interestelar
3 x 10 ⁴	100	10	10 ¹²	7 x 10 ⁵	Nuvem fragmentada
10 ⁵	10.000	100	10 ¹⁸	7 x 10 ³	Nuvem fragmentada/ Proto-estrela
10 ⁶	1.000.000	3.000	10 ²⁴	70	Proto-estrela
10 ⁷	5.000.000	4.000	10 ²⁸	7	Proto-estrela
3 x 10 ⁷	10.000.000	4.500	10 ³¹	1,4	Estrela
10 ¹⁰	15.000.000	6.000	10 ³²	1	Sequência principal

1 Kelvin = -272,15 graus Celsius (°C)

seguinte forma: 1) o berço das estrelas é o meio interestelar, ou, as nuvens moleculares frias quando começam a colapsar devido à auto-gravidade; 2) ao longo do colapso fragmentos das nuvens vão aquecendo-se, até chegar ao ponto em que suas zonas mais centrais tornam-se suficientemente quentes, aptas para a ignição de reações termonucleares; 3) nesse ponto a contração é freada (pela pressão das reações nucleares), e nasce a estrela; 4) esta estrela, identificada com o nosso Sol, passará aproximadamente 10 bilhões de anos na SP.

O responsável pelo equilíbrio da estrela na SP é o balanço entre a gravidade (que propicia colapso) e a pressão interna (que propicia expansão). Uma vez que já não haja pressão interna no núcleo, fim da SP, esse equilíbrio desaparece, causando importantes modificações na estrutura interna e na aparência das estrelas. Para estudar as várias fases da vida das estrelas é crucial entender que é justamente esse equilíbrio que determina os vários estágios de evolução das mesmas.

Seguindo na sequência dada pela tabela 1, agora que a estrela deixou a SP, ela definitivamente entra em fase terminal, e as características da morte dependem crucialmente da sua massa. Estrelas morrem catastróficamente ou de maneira mais suave. As estrelas massivas têm massas superiores a 8 M_☉, enquanto que as de baixa massa, ou tipo solar, possuem menos de 8 M_☉ (num estudo detalhado aprende-se que existem diferenças importantes dentro desses grupos).

A MORTE NA PASSARELA: ESTRELAS DE BAIXA MASSA Agora somente considerando estrelas do tipo solar vemos os eventos principais até a morte definitiva da estrela como anã branca, ou melhor, anã negra. A tabela 2 traz as características dessas fases, e cada uma delas será discutida detalhadamente a seguir.

Ao sair da SP o núcleo da estrela compõe-se de He inerte. Este só poderá ser transformado em outros elementos se a temperatura nuclear for superior a aproximadamente 10⁸K. De fato, a camada que circunda tal núcleo — e composta por H — começa a ter reações nucleares antes do núcleo inerte de hélio, já que esta está a uma temperatura superior aos 10⁷K necessários para ignição do H. A queima do hidrogênio acontece, então, não no centro da estrela, mas em um “anel” que o circunda. A transformação H-He nessa camada é mais rápida do que o processo similar no núcleo durante a SP, por isso, apesar de ter um núcleo inerte, nesse estágio a estrela cresce em luminosidade.

Mas essa estrela está completamente fora do equilíbrio. A transformação H-He no anel é cada vez mais rápida e a pressão que advém dessa alta taxa de produção de He faz com que essa camada se expanda, ou seja, faz com que a estrela cresça. Enquanto isso, o núcleo de He continua em contração, com consequente aquecimento, portanto a estrela é uma composição de núcleo em contração e aquecimento e camadas externas em expansão e esfriamento. Essa estrela sub-gigante expandiu-se até 3R_☉.

O processo continua, dessa vez com forte aumento na luminosidade estelar, e ao transforma-se em uma gigante vermelha, a estrela já tem aproximadamente 100 R_☉ e umas 100 luminosidades solares (L_☉).

Essa situação de desequilíbrio não pode durar para sempre... Quando o núcleo da estrela torna-se tão denso quanto 10⁸kg/m³ e sua temperatura ultrapassa aquela da ignição da fusão do He, reinicia-se a queima deste, no núcleo da estrela. Dessa vez, no entanto, não se aplica o comportamento que vimos antes, ou seja, de que a pressão aumentaria devido ao aumento de temperatura e contrabalançaria a gravidade. Agora a pressão do núcleo é anômala, pois este possui um gás de elétrons comprimidos a tão alta densidade que já não suporta mais compressão. Essa pressão, que é independente da temperatura, é conhecida como pressão dos elétrons degenerados. Nessas condições, mesmo com o crescimento da taxa das reações de queima do He, a pressão quase não muda e a temperatura cresce tão abruptamente que causa a queima explosiva do hélio (o *flash* do He). Depois de algum tempo (da ordem de horas) nesse processo explosivo, o núcleo finalmente retoma sua condição de pressão térmica, com a recuperação das condições de equilíbrio, expansão nuclear e queda de densidade. Em suma, o efeito líquido do *flash* de He é tal que ocorre um rearranjo na estrutura da estrela de forma que o equilíbrio é re-estabelecido e esta passa a transformar He em C (carbono) no núcleo, como esperávamos. A camada que circunda o núcleo estelar está, simultaneamente, fundindo H em He. A essa estrela denominamos estrela do ramo horizontal.

Devido à fusão do He em C, surge então um núcleo composto de carbono, o hélio que é consumido e, porque se torna escasso, o núcleo deixa de produzir C. Portanto, o núcleo se contrai e se aquece levando ao crescimento da taxa de queima de He e H nas camadas que o rodeiam. A estrutura da estrela, de dentro para fora, compõe-se de um núcleo inerte de C (em contração), uma camada de transformação He-C e uma camada de H-He. Seu envoltório mais externo constitui-se também de matéria inerte. Essa zona externa se expande e a estrela volta a ser uma gigante vermelha — também conhecida pelo nome de estrela do ramo assintótico das gigantes (AGB). Luminosidade e raios voltam a superar aqueles do *flash* do He e, por isso, também a denominamos supergigante vermelha.

Durante a trajetória até o ramo assintótico das gigantes as camadas mais externas das estrelas expandem-se, ao mesmo tempo em que o núcleo

Tabela 2 – DA SP À MORTE (ESTRELAS DE BAIXA MASSA – TIPOSOLAR)

TEMPO ATÉ A PRÓXIMA FASE (ANOS)	TEMPERATURA CENTRAL (K)	TEMPERATURA SUPERFICIAL (K)	DENSIDADE CENTRAL (KG/M3)	RAIO (R _☉)	OBJETO OBSERVÁVEL
10 ¹⁰	15 x 10 ⁶	6.000	10 ⁵	1	Sequência principal
10 ⁸	5 x 10 ⁷	4.000	10 ⁷	3	Sub-gigante
10 ⁵	10 ⁸	4.000	10 ⁸	100	Flash de hélio
5 x 10 ⁷	2 x 10 ⁸	5.000	10 ⁷	10	Ramo das gigantes
10 ⁴	2,5 x 10 ⁸	4.000	10 ⁸	500	Ramo assintótico das gigantes
10 ⁵	3 x 10 ⁸	100.000	10 ¹⁰	0,01	Núcleo de carbono
–	–	10.000	10 ⁻¹⁷	1.000	Nebulosa planetária*
–	100	50.000	10 ¹⁰	0,01	Anã branca
–	~ 0	~ 0	10 ¹⁰	0,01	Anã negra

* Estes valores dizem respeito ao envoltório que caracteriza a nebulosa.

se contrai. Quando a temperatura nuclear torna-se suficientemente alta para a ignição das reações de queima do carbono (sintetizando elementos ainda mais pesados) é que o equilíbrio da estrela volta a ser recuperado. Nesse tipo de estrela (de baixa massa) a temperatura jamais será tão alta que essa fase de fusão nuclear possa ocorrer, ou seja, queima do C. Na tentativa de chegar à ignição do C, a densidade nuclear cresce até um limite tão alto que seus elétrons nucleares tornam-se degenerados, sua temperatura para de crescer, e a contração é freada. Essa estrela é sim capaz de sintetizar oxigênio (O), por causa das reações do C com o He na fronteira da camada composta de hélio.

Vamos às verdadeiras *estrelas* da evolução estelar!

EM FOCO: AS NEBULOSAS PLANETÁRIAS

O QUE SÃO E POR QUE TÊM ESSE NOME

Uma nebulosa planetária compõe-se por gás e poeira, os quais circundam uma estrela do tipo solar no final da sua vida. Essa estrela — a estrela central da nebulosa planetária — ilumina a nebulosidade ao seu redor que, por sua vez, é observada em todas as zonas do espectro eletromagnético, desde rádio até raios-X. Comparadas com as estrelas, que emitem numa banda de luz contínua (luz branca), as nebulosas planetárias emitem sua luz em bandas muito mais estreitas, ou seja, em linhas de emissão (luz discreta com diferentes cores). Por isso são facilmente identificadas no céu quando se utiliza um telescópio contendo um prisma, produzindo seu espectro.

Data de 1764 a primeira vez que se observou uma nebulosa planetária, a nebulosa dos Halteres. Essa observação foi seguida por aquela da nebulosa do Anel (M57), em 1779, pelo astrônomo francês Antoine Darquier. Este último descreveu a nebulosa do Anel como “pouco brilhante, mas com contornos bem definidos... é tão grande quanto Júpiter, parecendo-se com um planeta tênue”. O termo “nebulosa planetária” (NP) foi-lhes atribuído pelo inglês William Herschel, dadas as suas similaridades com os discos esverdeados de planetas como Urano e Netuno, assim separando-as das nebulosas brancas formadas por estrelas, ou seja, das galáxias.

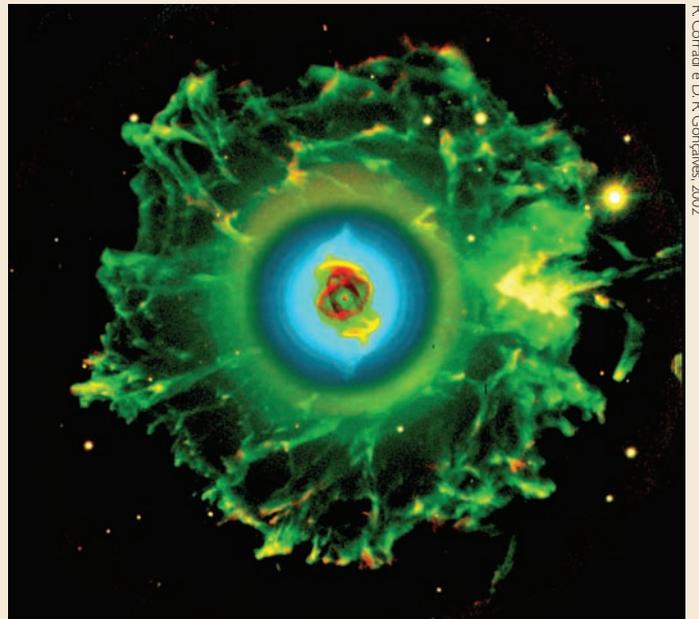
Quando observadas com baixa resolução espacial, uma NP parece redonda e poderia assemelhar-se a um planeta, daí esse nome tão equivocado. Por outro lado, com grande resolução espacial vê-

se claramente que essas são constituídas por muitas e variadas estruturas. Mas, o que são essas estruturas? A nebulosa do Olho de Gato, por exemplo, compõem-se de uma grande variedade de estruturas simétricas, as quais incluem: um halo filamentar extenso; vários anéis concêntricos; um par de jatos e um complexo conjunto de anéis no seu núcleo (NGC 6543, figura 1). Em particular, o conjunto de cascas nebulares no coração de NGC 6543 tem uns mil anos de idade. Contornando esse núcleo encontram-se uma série de anéis concêntricos (azuis), cada um dos anéis está no limite de uma bolha de gás em

expansão expulsa da estrela central em intervalos regulares de uns 1.500 anos, sendo que o primeiro ocorreu há cerca de 18 mil anos. Já os filamentos mais externos (verdes) datam, no máximo, de aproximadamente 60 mil anos. A massa do material estelar dessa nebulosa deve ser similar à massa do Sol.

VENTOS ESTELARES

Agora queremos entender o processo de formação das nebulosas planetárias, ou seja: o que faz com que estrelas com núcleo de C



R. Corradi e D.R. Gonçalves, 2002

Figura 1 – NGC 6543, Cat's Eye nebula (nebulosa do Olho do Gato), obtida com o telescópio de 2.56m NOT. A imagem captura a emissão dos átomos de nitrogênio uma vez ionizado [NII] (vermelho) e dos átomos de oxigênio duas vezes ionizado [OIII] (verde e azul). A dimensão da imagem é de 3,2 x 3 minutos de arco. O processamento da imagem destaca detalhes da parte interna brilhante revelando simultaneamente os tênues anéis concêntricos e o halo filamentar

se transformem em NPs no seu caminho até sumirem como anãs negras (tabela 2)?

Como já visto, quando a estrela entra no ramo assintótico das gigantes o seu núcleo já não queima H nem He, e compõe-se do que sobrou das combustões anteriores, ou seja, de C e O. Nessa fase, e por um período de aproximadamente um milhão de anos, a estrela continuará seu processo de expansão, ao mesmo tempo que sua luminosidade crescerá, alcançando valores de $1.000 L_{\odot}$. Os ventos estelares presentes nessa (ou seja os ventos que ocorrem numa AGB e numa pós-AGB, englobando as fases AGB, proto planetária e NP) gradualmente expulsam o gás das camadas mais externas da estrela, deixando exposto o núcleo quente. O que sobra dos ventos estelares é a própria NP (o envoltório estelar que se desprende da estrela). Assim, aquela que denominamos a estrela central de uma NP é justamente a estrela da qual estivemos “acompanhando” a evolução nas tabelas 1 e 2. Quando cessa a combustão nas camadas externas, a estrela perde seu brilho e transforma-se em uma anã branca, cujas características encontram-se ao final da tabela 2.

Destacamos dois episódios distintos de perda de massa. Primeiro, devido ao vento lento de uma estrela AGB, cuja velocidade típica é da ordem de 10 km/s, com uma taxa de perda de massa de $10^{-5} M_{\odot}$ /ano. E depois, através do vento rápido, expelido de uma pós-AGB, caracterizado por $10^{-7} M_{\odot}$ /ano e que alcança uma velocidade de até 2 mil km/s. O vento estelar rápido varre o material expelido previamente, dando forma à nebulosa, que expande-se com velocidade de aproximadamente 25km/s, é mais denso do que os ventos dos quais originou-se, tem $T \approx 10.000$ K e dura cerca de 30 mil anos. O gás do vento rápido (pós-AGB), ao expandir-se sobre o material do vento lento (AGB), forma uma frente de choque que, quando observada no óptico, é a componente mais brilhante de uma NP. Entre os choques interno e externo, encontra-se a bolha quente (somente observável em raios-X). E, por último, o halo compõe-se pelo que resta do vento AGB, o qual, devido à sua baixa densidade, é o mais tênue nas imagens ópticas. Isso explica a formação das NPs, não só esféricas, mas também daquelas cuja casca tem forma elíptica, bipolar, ou com simetria de ponto (figura 2). Tais ideias também dão conta das propriedades físicas (temperaturas e densidades), químicas (enriquecimento químico do meio circunstelar oriundo da síntese de He, C, N e O, na estrela central) e cinemáticas das NPs.

As nebulosas planetárias — velhinhas de rara beleza — são a fase terminal de estrelas tipo solar, e representam uma curta fase, ainda que gloriosa, da vida de muitíssimas estrelas. Elas terminam sua existência espalhando átomos, moléculas e poeira nas diferentes regiões das galáxias. Depois de vagar pelo meio interestelar durante milhões de anos, alguns desses ingredientes podem ter-se agregado ao ejeta de outras NPs para formar as nuvens densas onde nasceram novas estrelas na nossa galáxia. Os fragmentos que restaram da formação estelar resultaram em cometas, asteróides e planetas. Parte do material originado nas NPs pode ter sobrevivido e sido depositado no planeta do qual surgiu a *nossa* vida. De fato, recentemente, foram observadas moléculas orgânicas complexas, similares àquelas de organismos vivos, em NPs ricas em carbono, como NGC 7027 e BD+30°3639.

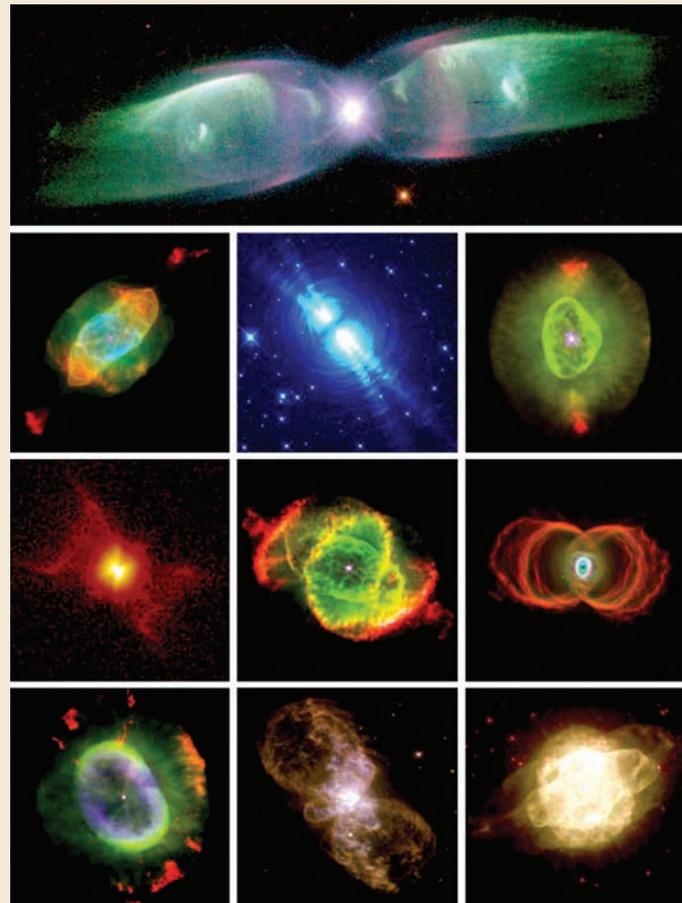


Figura 2 – Uma montagem de nebulosas planetárias observadas com o HST. M 2-9, imagem grande acima. As imagens menores, de cima para baixo, da esquerda para a direita correspondem a: NGC 6826; MyCn18, Hourglass nebula (nebulosa da Ampulheta); NGC 3918; CRL 2688, Egg nebula (nebulosa do Ovo); NGC 6543, Cat’s Eye nebula (nebulosa do Olho de Gato); Hubble 5; NGC 7009, Saturn nebula (nebulosa do Saturno); Red Rectangle nebula (nebulosa do Retângulo Vermelho); NGC 7662, Blue Snowball (Bola de Neve Azul). Imagens retiradas de: <http://www.astro.washington.edu>

UM FIM REALMENTE ESPETACULAR: ALTA MASSA Quando discutimos a queima explosiva do He, nas estrelas tipo solar, não mencionamos o fato de que estrelas com massa maior do que $2,5 M_{\odot}$ transformam He em C de forma suave, não explosiva como descrito anteriormente. Na verdade, quanto mais massiva a estrela, menor a densidade na qual começam a queima do He.

A evolução mais rápida das estrelas massivas na SP também se aplica na vida pós-SP. Devido à alta massa estelar, nas estrelas realmente massivas ($>8M_{\odot}$) as fases de queima são muito rápidas. Uma estrela de $15M_{\odot}$, por exemplo, começa a transformar He em C sem chegar a ser uma gigante vermelha, contrariamente ao que ocorria nas estrelas tipo solar. As estrelas massivas quase não

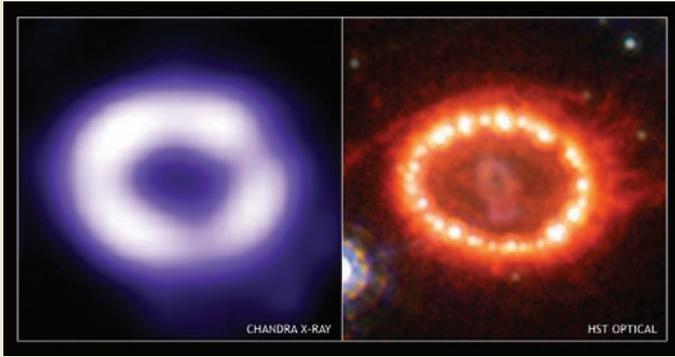


Figura 3 – Uma composição de duas imagens da supernova SN1987A. A imagem ótica, do telescópio Hubble, mostra o anel central e da emissão em raios-X, do telescópio Chandra. Raios-X (à esq.) – Nasa/CXC/PSU/S. Park & D.Burrows.; Óptico (à dir.) – Nasa/STScI/CfA/ P.Challis

mudam de aparência quando passam de uma fase para a fase subsequente de queima. Elas podem fundir elementos mais pesados do que o C e o O, já que seus núcleos continuam a contrair-se e suas temperaturas centrais continuam a crescer. A taxa de queima é acelerada em função da evolução do núcleo. Mas, existe um limite para esse processo de queima?

Uma estrela massiva, em fase terminal, é composta por várias camadas onde ocorrem reações de fusão de elementos. De fato, a queima de um dado elemento no núcleo tem como consequência sua escassez local, seguida então da contração — portanto aquecimento —, e começo da fusão do elemento que foi sintetizado na queima anterior. Esse processo continua. A cada uma dessas fases descritas a temperatura central cresce mais, acelerando a taxa de reações nucleares e produzindo pressão que permite que o núcleo contrabalance a contração gravitacional. A estrutura interna de nossa estrela terminal é tal que, de fora para dentro, tem-se uma camada de H inerte, seguida de várias camadas mais internas nas quais H, He, C, O, Ne (neônio), Mg (magnésio) e Si (silício) estão sendo fundidos em elementos mais pesados e, por fim, surge um núcleo de Fe (ferro). É interessante notar que, como os tempos em que cada um desses elementos são produzidos depende da massa, uma estrela de 20M_o funde hidrogênio por mil anos, hélio por 10⁶anos, carbono por 10³ anos, oxigênio por um ano e silício por uma semana. A “estabilidade” de seu núcleo de ferro dura menos de que 24 horas!

A VITÓRIA DA GRAVIDADE

Devido ao fato de que a fusão nuclear que envolve o Fe não produz energia, a estrela não poderá voltar a recuperar seu estado de equilíbrio. Jamais será capaz de, efetivamente, como fez até aqui, contrabalançar a contração gravitacional. Apesar de que a temperatura no núcleo da estrela é de vários 10⁹K a gravidade supera a pressão interna e a estrela colapsa definitivamente.

Na verdade, ao invés de produzir energia com a fusão do ferro, o que ocorre no núcleo é a foto-desintegração desse elemento em outros mais leves, até que só sobre prótons e nêutrons. Esse processo não

apenas não produz, mas consome parte da energia térmica do núcleo, assim esfriando-o e acelerando o colapso. O núcleo composto somente de elétrons (e), prótons (p), nêutrons (n) e fótons, comprimidos a altíssimas densidades, é capaz de, unindo p+e, produzir n+ muitos outros neutrinos. Esses neutrinos facilmente escapam do núcleo (pois praticamente não interagem com a matéria) levando parte da energia deste. Dessa forma, a densidade continua crescendo no núcleo e — à semelhança do que ocorreu com os elétrons do núcleo das gigantes vermelhas e das anãs brancas —, atinge a degenerescência, nesse caso, dos nêutrons. As densidades envolvidas podem chegar a ser de 10¹⁷ ou 10¹⁸ kg/m³. Como o núcleo já não pode ser mais comprimido toda a matéria que continua caindo gravitacionalmente será expelida de volta, de maneira super violenta. Forma-se uma onda de choque que é expelida e leva consigo toda a matéria das camadas adjacentes. O evento é tão energético que pode produzir, por alguns dias, luminosidades superiores àquelas das galáxias que hospedam tal estrela massiva. Esse é o evento conhecido como explosão de uma supernova (figura 3). A energia gerada nesse processo (desde a explosão até que ela deixe de brilhar) pode ser equivalente à energia irradiada pelo Sol durante toda a sua vida. Mais contundente ainda é a energia emitida na forma de neutrinos, podendo chegar a ser cem vezes o valor acima. A estrela que existia antes da explosão é, normalmente, chamada de a estrela progenitora da supernova.

OS DOIS TIPOS DE SUPERNOVAS

Algumas supernovas quase não possuem hidrogênio, enquanto outras o possuem em abundância. Na verdade, dois tipos de supernovas podem ser identificados não só devido ao seu conteúdo de hidrogênio, mas também pelas suas curvas de luz (ou seja, a forma na qual a luminosidade cai com o passar do tempo). Assim: as supernovas tipo I são pobres em hidrogênio e têm queda de luminosidade mais acentuada (rápida); as supernovas tipo II possuem grande quantidade de H e suas luminosidades caem de forma mais suave, menos abrupta.

Existem razões muito óbvias para esses dois tipos de supernovas. Para falar delas teremos que adicionar à nossa descrição da morte estelar o fato de que nem todas as estrelas evoluem isoladamente; parte delas está em sistemas binários. Sua morte será, ou não, influenciada por esse fato, a depender da distância que separa as duas estrelas. A anã branca —, uma estrela já morta —, que descrevemos antes, pode, de fato, “voltar à vida” por ter uma acompanhante próxima. Uma anã branca que tem como companheira suficientemente próxima uma estrela da SP ou uma gigante, pode atrair/transferir massa (H e He) desta para si. A queda de matéria na anã branca faz com que ela volte a aquecer-se e cresça em densidade. Ao atingir 10⁷K a anã volta a queimar hidrogênio, mas de forma rápida e violenta, o que aumenta muito sua luminosidade e a estrela que já estava morta volta a brilhar. A estrela que passa por esse processo é conhecida como nova, apesar de que, na verdade, se trata de uma estrela já bem velhinha, quase morta, a bem da verdade, ressuscitada.

Algo similar explica a existência de supernovas tipo I. Na verdade, essas advém do fato de que as novas podem não expelir todo o ma-

terial que recebem da companheira. Como o processo de nova pode ser recorrente, a cada novo evento mais material é acumulado pela anã branca. Mesmo considerando que o equilíbrio da anã branca vem da pressão dos elétrons degenerados, há um limite de massa para que o núcleo possa manter esse equilíbrio ($1,4M_{\odot}$). Ao ultrapassar essa massa a anã fica instável e colapsa. Isso leva ao aumento da temperatura e à ignição do hélio formando carbono. Essa fusão ocorre, quase simultaneamente, em todas as zonas da estrela, e ela explode como supernova. Por essa razão, as supernovas tipo I quase não possuem hidrogênio. Ao contrário, na explosão de supernovas tipo II parte considerável do material que é expelido é composto de H e He das camadas externas, tornando esse tipo de supernova rico em hidrogênio. Em termos da quantidade de energia liberada na explosão, ambos os tipos são similares.

E, por último, devemos frisar mais uma importante diferença entre esses dois tipos de supernovas. Bem como as anãs brancas (ou negras) são o destino final das estrelas de baixa massa, ainda que pareça estranho, as supernovas do tipo II deixam sobreviver um caroço estelar, que são as estrelas de nêutrons. Isso é assim porque a violenta onda de choque que leva à explosão supernova se dá a partir das paredes do núcleo de nêutrons degenerados, deixando-o intacto. De novo, à semelhança das anãs brancas e das nebulosas planetárias, as supernovas tipo II produzem tanto um ejeta brilhante, que vai se dissipando no meio interestelar — o remanescente da supernova (figura 3) —, quanto um caroço estelar extremamente denso e inerte — a estrela de nêutrons. As supernovas tipo I, é claro, também produzem o remanescente nebuloso, mas acredita-se que não deixem caroço estelar algum.

Para fechar nosso desfile com todo o *glamour* que essas velhinhas merecem, teríamos que discutir, em detalhe, os pulsares (estrelas de nêutrons com alta rotação e intensos campos magnéticos — vistos rapidamente na apresentação a este Núcleo Temático) e os buracos negros estelares (tema de outro artigo desta edição sobre astronomia). Aqui, só resta esperar que os tenhamos convencido de que, pelo menos, quando de estrelas se trata, as rainhas da passarela são as velhinhas.

Denise R. Gonçalves é professora adjunta do Observatório do Valongo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

SUGESTÕES PARA LEITURA

- Arany-Prado, Lilia Irmeli. *À luz das estrelas: ciência através da astronomia*. Editora DP&A, Rio de Janeiro. 2006.
- Chung, K. C. *Vamos falar de estrelas?* Editora Uerj. 2000.
- Chaisson, E. & McMillan, S. *Astronomy today*. Editora Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 2000.

BURACOS NEGROS SUPERMASSIVOS: OS MONSTROS QUE SE EȘCONDEM NO CENTRO DAS GALÁXIAS

Thaia Storchi Bergmann

Aastrofísica moderna mostrou, no século XX, que os *buracos negros* deixaram de ser somente uma bizarra previsão da teoria da relatividade geral. Sua presença tem sido detectada em sistemas estelares duplos e no núcleo de galáxias, através do seu forte campo gravitacional. No caso das galáxias, eles são necessários para explicar as enormes quantidades de energia que emanam dos chamados “núcleos ativos de galáxias”.

Podemos definir um buraco negro como sendo uma região do espaço na qual o campo gravitacional é tão intenso que nada escapa dele, nem mesmo a luz. O buraco negro é delimitado pelo chamado Horizonte de Eventos, que é a superfície na qual a velocidade de escape é igual à da luz. O nome buraco negro (BN aqui para frente) se deve justamente ao fato de que nada sai de dentro dele, nem mesmo a radiação eletromagnética. O raio do Horizonte de Eventos é o Raio de Schwarzschild, R_{Sch} , em homenagem ao astrofísico que derivou a sua expressão: $R_{Sch} = GM/c^2$, onde G é a constante da gravitação, M é a massa do BN e c a velocidade da luz. Note que a única variável na expressão de R_{Sch} é a massa do BN, e R_{Sch} é proporcional ao seu valor. Para a Terra, R_{Sch} é de somente 9 mm, e para o Sol é 3 km, ou seja, para transformarmos a Terra e o Sol em BNs, teríamos que comprimí-los dentro de 9 mm e 3 km, respectivamente!

TIPOS PRINCIPAIS DE BNS Os BNs estelares são o fim da evolução de uma estrela com muita massa, da ordem de dez vezes ou mais a massa do Sol. Uma estrela massiva, ao evoluir, vai sintetizando no seu interior núcleos atômicos sucessivamente maiores (mais massivos) do que o núcleo de hélio, como carbono, oxigênio, nitrogênio e assim por diante. Essa síntese, que ocorre no núcleo da estrela, libera a energia necessária para que a estrela sustente suas camadas externas em contração à grande atração gravitacional que tenderia a colapsar a estrela. Porém, após a síntese de núcleos de ferro, as reações nucleares não liberam mais energia, e assim, a estrela deixa de ter a pressão necessária para sustentar as camadas externas e sofre uma implosão. Essas camadas caem sobre o núcleo, pressionando-o de tal forma que ele se transforma em um buraco negro e as camadas externas são expelidas com violência, numa explosão de supernova. Esse tipo de supernova é de tipo II. Em uma supernova de tipo I, que evolui num sistema duplo de estrelas bem próximas entre si, uma transfere massa para a outra até provocar, nesta última, a explosão de supernova, que dá assim também origem a um BN.

Os BNs supermassivos existem no núcleo das galáxias, e são detectados pela influência gravitacional que exercem sobre as estrelas e/ou nuvens de gás na sua vizinhança. Mesmo antes de serem detectados

gravitacionalmente, sua presença foi inferida pelas enormes quantidades de energia que emanam dos núcleos de galáxias ativas (figura 1), como os quasares. Nesses objetos, a potência luminosa, muitas vezes, excede a potência combinada de todas as estrelas da galáxia, o que indica a presença de uma fonte de energia não estelar. Ocorre que os BNs são uma eficiente “máquina” de produzir energia, através da transformação da energia potencial gravitacional da matéria que cai dentro dele em luminosidade e energia cinética de jatos e ventos produzidos num disco de acreção (figura 1).

Enquanto que a massa dos BNs estelares é tipicamente cinco a dez vezes a massa do Sol, os BNs supermassivos têm massas que variam de um milhão a um bilhão de vezes a massa do Sol. A partir de observações do movimento coletivo das estrelas no núcleo de galáxias próximas com o telescópio espacial Hubble, os astrônomos chegaram à conclusão de que a maioria das galáxias que contém um bojo estelar (estrutura esferoidal em torno do centro das galáxias), como as galáxias espirais e elípticas, contém um BN supermassivo no seu centro. Por volta do ano 2000, concluiu-se que a massa do BN central é proporcional à massa do bojo (1), sendo da ordem de um milésimo do seu valor, o que levou à conclusão que os BN supermassivos evoluem juntamente com as galáxias: à medida que o bojo cresce, o BN também cresce.

ATIVIDADE NUCLEAR EM GALÁXIAS Um BN supermassivo no centro de uma galáxia pode ficar quiescente, se não houver matéria suficientemente próxima para ser capturada. A matéria será capturada se estrelas ou nuvens de gás passarem a uma distância do BN menor do que o raio de maré. Quando isso ocorre, forma-se um disco de acreção em torno do BN, a partir da matéria capturada. À medida que o material do disco vai caindo em direção ao centro da galáxia, o disco se aquece e se torna luminoso (principalmente no ultravioleta, raios-X e ótico) e observa-se que o núcleo da galáxia se torna mais brilhante. Além de emitir radiação, o disco pode também perder matéria através de ventos



e jatos de partículas relativísticas que saem da parte mais interna do disco e que emitem, principalmente, em ondas de rádio. Essas galáxias, em que se observa um núcleo mais brilhante do que o usual e nas quais se observam ventos e jatos em ondas de rádio, são conhecidas como galáxias ativas, que podem ser definidas como sendo aquelas que estão na fase em que o BN supermassivo central está engolindo matéria. A figura 1 mostra uma imagem da galáxia ativa Centaurus A.

A DIETA DE UM BN SUPERMASSIVO Para uma galáxia se tornar ativa, é necessário alimentar o BN central. Já sabemos que isso se dá através de um disco de acreção, mas ainda não conhecemos bem a estrutura desses discos, nem como a matéria chega até ao centro da galáxia para alimentar o disco.

Os primeiros modelos de discos de acreção propunham um disco de gás fino, cujo espectro eletromagnético seria resultado da emissão de um gás com temperatura que decresce com distância ao BN central. Esse modelo reproduz bem a distribuição de energia dos núcleos mais ativos, como os quasares, que estão a grandes distâncias, correspondentes a uma idade do universo de cerca de 1/10 da atual, época em que as galáxias estavam formando muitas estrelas, pois tinham um grande reservatório de gás, bem como os seus BNs centrais. Entretanto, ao estudarmos galáxias ativas mais próximas (universo presente), verificamos que na maioria delas a luminosidade do núcleo é bem mais baixa, e, para esses casos, a estrutura da acreção parece ser um disco espesso na parte interna, conhecido como Adaf (sigla em inglês para Advection Dominated Accretion Flow) (2), que ocorrem quando a taxa de acreção de massa pelo BN é pequena. Esse modo de acreção parece dominar no universo presente, época em que a maior parte do gás nas galáxias já formou estrelas, restando pouco gás para alimentar o BN. Em alguns casos, esses discos espessos parecem estar circundados por um disco ou anel fino. A presença desse anel fino é inferida a partir da emissão de linhas de hidrogênio largas e de pico duplo, assinatura da rotação do gás no anel, como observamos a partir do núcleo da galáxia próxima NGC 1097 (3). Observamos, assim, a assinatura cinemática da presença dos discos em torno dos BN supermassivos. Nossos trabalhos recentes com esses objetos têm nos permitido entender melhor os mecanismos físicos e a estrutura desses discos (2;3), bem como medir as taxas de acreção de matéria ao BN central.

Uma outra questão ainda não resolvida é *como a matéria que vem das partes mais externas da galáxia chega até o disco de acreção*, já que,

Figura 1 – Centaurus A é uma galáxia elíptica gigante que está em interação com uma galáxia espiral vista de perfil. Essa interação possivelmente ativou o BN supermassivo no centro da galáxia elíptica, dando origem aos jatos observados. Essa é uma imagem composta por observações que vão dos raios-X (como as partes em azul dos jatos que saem do núcleo) até ondas de rádio (partes laranja na extremidade dos jatos). A galáxia elíptica aparece como uma nebulosidade difusa na forma oval e a galáxia espiral aparece como uma faixa central laranja. Fonte: Observatório de raios-X Chandra

Crédito: Jon Lomberg

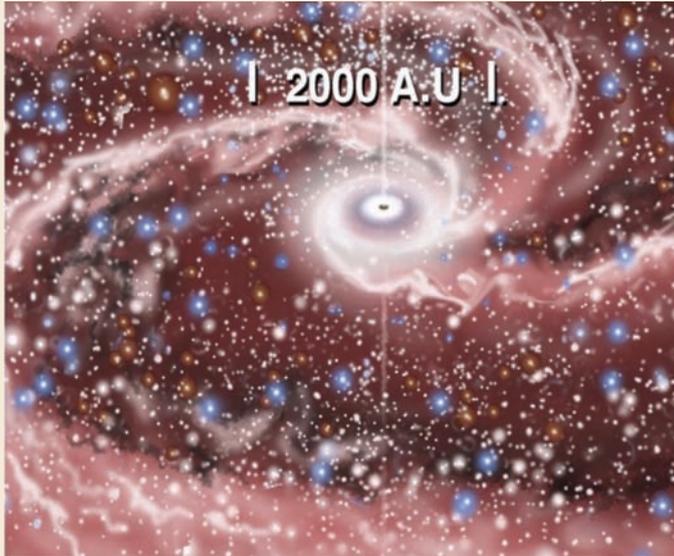


Figura 2 – Conceção artística ilustrando os resultados das medidas obtidas com o Espectrógrafo de Campo Integral do Instrumento Gemini Multi-Object Spectrograph para a região nuclear da galáxia ativa NGC 1097 (4). Espirais nucleares transferem gás das partes mais externas da galáxia até o disco de acreção. A escala é dada em Unidades Astronômicas (AU, na sigla em inglês), sendo que 1 AU é a distância entre o Sol e a Terra (cerca de 150 milhões de km)

no processo, essa matéria (gás) tem que perder momentum angular o que não é fácil de acontecer no rarefeito espaço interestelar. Além disso, observações óticas e no infravermelho que permitem o estudo da cinemática de gás ionizado no entorno dos núcleos, são dominadas pela forte emissão do gás ionizado dos ventos e jatos provenientes do disco de acreção, o que mascara a emissão mais fraca do gás que se desloca em direção ao centro da galáxia. Uma nova geração de instrumentos, chamados de espectrógrafos de campo integral, têm permitido uma busca mais eficiente da assinatura cinemática de escoamentos de gás em direção ao centro. Com esses instrumentos, instalados nos telescópios Gemini, temos conseguido mapear a cinemática em duas dimensões do gás ionizado (4) e também de gás molecular (5), que revelam fluxos de gás se movendo com velocidades de dezenas de quilômetros por segundo em direção ao centro das galáxias. Nossas observações têm revelado que esse escoamento se dá através de estruturas espirais nucleares (6), ilustradas na figura 2, que parecem ser choques no gás interestelar, permitindo a perda de momentum angular do gás e seu deslocamento em direção ao centro da galáxia.

PROCESSOS DE FEEDBACK Os jatos e ventos emanados do disco de acreção, bem como a energia emitida constituem processos de *feedback* do núcleo ativo sobre o entorno dos núcleos das galáxias e sobre o meio intergaláctico. Os jatos e ventos podem inibir o crescimento das galáxias, pois freiam a deposição de matéria que ocorre no cenário hierárquico de evolução do universo (o mais aceito atualmente),

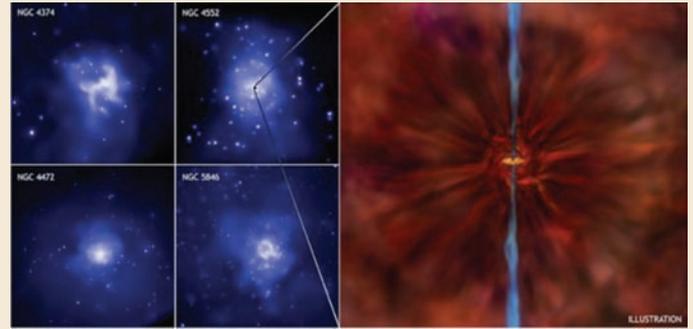


Figura 3 – À direita, concepção artística dos jatos de partículas emitidos por buracos negros supermassivos em galáxias elípticas gigantes. À esquerda, observação em raios-X do gás no entorno de 4 dessas galáxias elípticas, que levaram à conclusão de que os buracos negros supermassivos nessas galáxias estão girando com uma alta velocidade de rotação, e que parte da energia dos jatos provém dessa rotação (12). Fonte: Observatório de raios-X Chandra

no qual as galáxias vão crescendo devido à acreção de gás e/ou de colisões com galáxias da vizinhança. De fato, têm-se verificado que a inclusão desses processos é fundamental para evitar um crescimento exagerado das galáxias nos modelos cosmológicos. A quantificação desses processos de *feedback* é, portanto, fundamental para entender a evolução das galáxias. Através das observações de espectroscopia de campo integral com o telescópio Gemini, temos conseguido mapear os campos de velocidades dos ventos emanados de núcleos ativos próximos, nos quais podemos resolver espacialmente o gás emissor de linhas espectrais. Verificamos a presença de ventos que se estendem a centenas de anos-luz de distância do núcleo, com velocidades de várias centenas de quilômetros por segundo, e medimos taxas de ejeção de matéria que são de dez a cem vezes maiores do que as taxas de acreção estimadas para os discos de acreção, as quais são da ordem de um milésimo de massa solar por ano. Os valores para a taxa de acreção são obtidos a partir da luminosidade observada do núcleo ativo. Se o vento que observamos fosse o emanado a partir do disco de acreção, teríamos que obter taxas de ejeção de matéria menores do que a taxa de acreção (não pode sair mais massa do que está entrando). Como a taxa de ejeção é bem maior, conclui-se que o vento observado é, na verdade, gás do entorno do núcleo empurrado pelos ventos do disco de acreção, que devem ter velocidades não de centenas, mas de muitos milhares de quilômetros por segundo. Esses ventos não podem ser resolvidos espacialmente devido às pequenas dimensões dos discos de acreção, de cerca de horas-luz. Mas mesmo sendo pouco massivos, esses ventos cedem energia cinética a uma maior massa de gás do entorno do núcleo, produzindo os ventos observados em escalas de centenas de anos-luz, que podem então ser resolvidos (7).

Temos estudado também os processos de *feedback* produzidos por jatos de partículas relativísticas originados no núcleo de galáxias elípticas situadas no centro de aglomerados de galáxias, que têm gás

intergaláctico quente, emissor de raios-X (8). Esses jatos atingem distâncias mil vezes maiores do que dos ventos discutidos acima, e depositam grandes quantidades de energia no meio intergaláctico, o que é observado através de cavidades observadas em mapas de raios-X dos aglomerados. Essa energia é tão grande, que é preciso um jato muito poderoso para gerá-la. Concluimos que, para que o núcleo ativo possa liberar toda a energia necessária para produzir as cavidades, precisamos extrair energia não só da acreção de matéria, mas também do *spin* (ou seja, da rotação do buraco negro). Por conservação de momentum angular, espera-se, de fato, que o BN tenha um *spin*, mas o que concluimos é que, não só ele tem que ter *spin*, mas o seu valor tem que ser alto, próximo ao valor máximo possível, que é aquele em que o Horizonte de Eventos gira com velocidade tangencial igual à velocidade da luz. A figura 3 ilustra o processo.

CONCLUSÕES Os buracos negros supermassivos são fantásticos geradores de energia, transformando em potência luminosa e mecânica toda a matéria que, por ventura, caía dentro deles. O universo é o nosso laboratório para observar esses “geradores” em ação e, assim, obter estimativas de sua eficiência e o seu papel na evolução do universo. Ainda há muito a descobrir sobre eles. Já sabemos como medir a sua massa, observamos a energia emitida e estamos aprendendo a medir também o seu *spin*. Para isso, precisamos de novos instrumentos, com mais resolução espacial, para podermos resolver o seu entorno, bem como instrumentos sensíveis a altas energias, como raios-X e gama, para medir o *spin*. Também precisamos entender melhor a sua evolução, observando os confins do universo, onde (e quando) eles foram formados, o que só será possível com instrumentos novos, maiores e mais sensíveis. Por isso, é essencial continuarmos a investir em instrumentação, como novos telescópios espaciais, e interferômetros sobre a Terra. No Brasil, a pesquisa sobre buracos negros supermassivos teve um grande impulso com a nova instrumentação disponível aos astrônomos brasileiros no século XXI, constituída pelos telescópios Gemini e Soar. Não podemos perder a oportunidade de tentar participar também de projetos futuros, como, por exemplo, o do LSST (sigla para Large Synoptic Survey Telescope), que estará situado na mesma montanha (Cerro Pachón, no Chile) onde se encontram o Soar e Gemini Sul, e do projeto Alma (Atacama Large Millimetric Array), situado no deserto de Atacama, também no Chile, já descrito na apresentação deste Núcleo Temático.

Thaisa Storchi Bergmann é professora associada do Departamento de Astronomia do Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ferrarese, L. & Merrit, D. “A fundamental relation between supermassive black holes and their host galaxies”. *Astrophysical Journal Letters*, Vol. 539, n.1, L9-L12. 2000.
2. Nemmen, R. S.; Storchi-Bergmann, T.; Yuan, F.; Eracleous, M.; Terashima, Y.; Wilson, A. S. “Radiatively inefficient accretion flow in the nucleus of NGC 1097”. *Astrophysical Journal*, Vol. 643, n.2, pp.652-659. 2006.
3. Storchi-Bergmann, T.; Nemmen da Silva, R.; Eracleous, M.; Halpern, J. P.; Wilson, A. S.; Filippenko, A. V.; Ruiz, M. T.; Smith, R. C.; Nagar, N. M. “Evolution of the nuclear accretion disk emission in NGC 1097: getting closer to the black hole”. *Astrophysical Journal*, Vol. 598, n.2, pp.956-968. 2003.
4. Fathi, K.; Storchi-Bergmann, T.; Riffel, R. A.; Winge, C.; Axon, D. J.; Robinson, A.; Capetti, A.; Marconi, A. “Streaming motions toward the supermassive black hole in NGC 1097”. *Astrophysical Journal Letters*, Vol. 641, n.1, L25-L28. 2006.
5. Riffel, R. A.; Storchi-Bergmann, T.; Winge, C.; McGregor, P. J.; Beck, T.; Schmitt, H. “Mapping of molecular gas inflow towards the Seyfert nucleus of NGC4051 using Gemini NIFS”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 385, n.3, pp.1129-1142. 2008.
6. Simões Lopes, R. D.; Storchi-Bergmann, T.; de Fátima Saraiva, M.; Martini, P. “A strong correlation between circumnuclear dust and black hole accretion in early-type galaxies”. *Astrophysical Journal*, Vol. 655, n.2, pp.718-734. 2007.
7. Barbosa, F.K.B.; Storchi-Bergmann, T.; Cid Fernandes, R.; Winge, C.; Schmitt, H., “Gemini/GMOS IFU gas velocity ‘tomography’ of the narrow line region of nearby active galaxies”. *Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 396, n.1. 2009.
8. Nemmen, R. S.; Bower, R. G.; Babul, A. & Storchi-Bergmann, T. “Models for jet power in elliptical galaxies: A case for rapidly spinning black holes”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 377, n.4, pp.1652-1662. 2007.

1609: DA ASTRONOMIA TRADICIONAL AO NASCIMENTO DA ASTROFÍSICA

Anastasia Guidi Itokazu

O ano de 1609 foi decisivo na formação da imagem que hoje temos do universo. Foi nesse ano que Galileu apontou uma luneta para os céus dando início a uma série de observações que colocaram em xeque o geocentrismo tradicional. Foi também nesse ano que Kepler publicou sua *Astronomia nova*, inaugurando uma nova física celeste onde a Terra passava a ser, de fato, encarada como um planeta.

A astronomia surgiu como uma ciência voltada a atividades práticas. Ainda na pré-história, o domínio da agricultura dependeu da compreensão do ciclo das estações do ano, determinado pelo movimento aparente do Sol. Esse tipo de conhecimento, indispensável na identificação do momento ideal para a preparação da terra, o plantio ou a colheita, aparece cristalizado nos monumentos de pedra de diversas culturas, de Stonehenge, na Grã-Bretanha, à pedra Intihuatana em Machu Picchu, no Peru. O tema é tratado pelo poeta grego Hesíodo (Séc. VI a.C.) na obra *Os trabalhos e os dias* (1), na qual, a exemplo do que se observa em textos da antiga Babilônia, o poeta associa cada tarefa agrícola a uma determinada posição do Sol em seu percurso anual ao longo do zodíaco. O conhecimento do movimento do Sol também tinha implicações práticas para os habitantes das cidades: na antiga Roma, esperava-se que um cidadão educado fosse capaz de planejar a construção de sua casa tendo em vista a incidência do Sol, de modo a obter conforto térmico ao longo do ano.

Além do ciclo anual determinado pelo movimento do Sol, há também o ciclo percorrido pela Lua a cada 29 dias. É certo que a posição da Lua não afeta as condições climáticas, mas a evidente sucessão das fases lunares constituiu, desde muito cedo, uma importante forma de se marcar o tempo. Originalmente, os meses correspondiam a um ciclo completo da Lua, e as semanas que o compõem a cada fase lunar. Há, porém, dificuldades de conciliação entre os ciclos do Sol e da Lua, pois o número de revoluções lunares completadas a cada ano não é um número inteiro. Esse problema matemático garantiu o ganha-pão de gerações de astrônomos, até que Júlio César, em 46 d.C., dissociasse os meses do ano do movimento da Lua com a introdução do calendário juliano. Quanto aos planetas, estes eram conhecidos como *estrelas errantes* devido à complexidade de seus percursos aparentes no céu. A descrição de seus movimentos ao redor da Terra tinha implicações para a astrologia e constituía um importante problema teórico, que não seria satisfatoriamente resolvido até o século II d.C. com o trabalho de Cláudio Ptolomeu (2;3;4).

Alguns séculos antes, no tratado *Sobre o céu* (c. 350 a.C.), Aristóteles (5) havia proposto uma visão sobre a região celeste

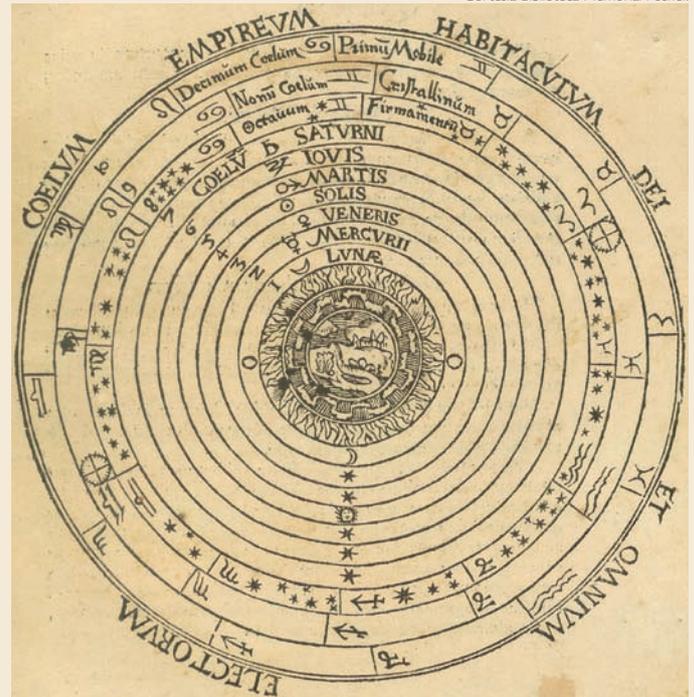


Figura 1 - O universo geocêntrico da Antiguidade era limitado pela esfera das estrelas fixas

que dominaria o pensamento ocidental até o Renascimento. No livro, a Terra esférica ocupa o centro de um mundo organizado em camadas esféricas concêntricas, em uma estrutura semelhante a uma cebola. Cada astro estaria ligado a uma esfera ou, mais precisamente, a um conjunto de esferas. Essas esferas invisíveis seriam constituídas da mesma matéria que os astros, o éter, quinto elemento perfeito e incorruptível do qual era feita a região celeste. A teoria pressupunha um contraste rígido entre a região terrestre, onde corpos formados de combinações de água, fogo, terra e ar encontram-se em perpétua mudança – e não podem, de maneira alguma, ser submetidos a cálculos precisos – e a região celeste – onde corpos perfeitos e imutáveis feitos de éter descrevem seus movimentos periódicos e acessíveis à matemática com total regularidade. Aristóteles não nos legou uma teoria matemática dos movimentos celestes, mas sua cosmologia, com a organização do céu em esferas concêntricas e feitas de éter, exerceria uma enorme influência sobre a astronomia subsequente.

Ao longo de toda sua história, a astronomia grega foi influenciada pela astronomia da Babilônia, e esse contato se intensificou especialmente a partir da invasão da região por Alexandre o Grande, em 331 a.C. A astronomia babilônica era então bastante desenvolvida do ponto de vista do registro de observações e da predição de regularidades nos movimentos dos astros, mas empregava, sobretudo, métodos aritméticos, que não se relacionavam com considerações sobre a estrutura do cosmos ou a matéria da qual seria feita a região celeste (6). Os gregos incorporaram os métodos matemáticos da astronomia da Babilônia à sua visão geométrica do cosmos, e, graças ao acesso a um amplo conjunto de observações,

Cortesia Biblioteca Memorial Posner

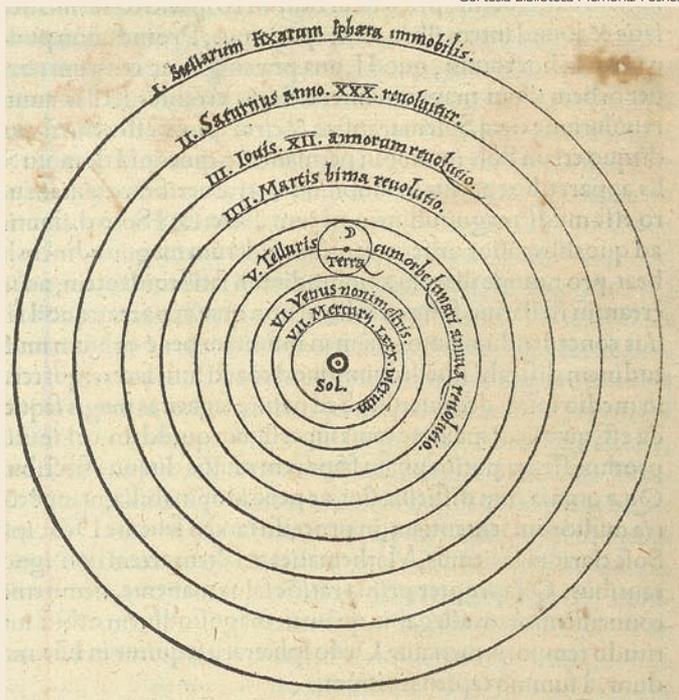


Figura 2 - No sistema copernicano o centro do mundo é ocupado pelo Sol

passaram a desenvolver teorias cada vez mais refinadas nas quais composições de movimentos circulares eram empregadas para reproduzir os movimentos dos astros.

Nesse cenário, as estrelas funcionavam como um sistema de referência. Chamadas fixas, porque suas posições relativas não se alteram com o tempo (pelo menos até onde podem detectar as observações feitas a olho nu), as estrelas constituíam o fundo estável com relação ao qual eram observados e registrados os movimentos da Lua, do Sol e dos planetas. Na cosmologia grega, as estrelas fixas encontravam-se presas à esfera mais externa do universo e, na verdade, descreviam um movimento simples, a rotação dos céus completada a cada 24 horas, que hoje atribuímos à Terra. Essa esfera também funcionava como limite do universo, e para além dela, segundo Aristóteles, não poderia haver nada, nem mesmo o vazio. No centro da esfera das estrelas fixas encontrava-se em repouso a Terra, centro do mundo, e no espaço intermediário o Sol, a Lua e os planetas, corpos de que, de fato, ocupava-se a astronomia, descreviam seus movimentos (figura 1). É importante ressaltar que o arranjo geocêntrico corresponde exatamente àquilo que observamos na nossa experiência cotidiana: a Terra parada sob nossos pés e os astros girando à nossa volta.

Cláudio Ptolomeu exerceu sua vida profissional na Escola Platônica de Alexandria. Sabe-se que ele teve acesso ao enorme acervo da biblioteca mais célebre da Antiguidade, inclusive a trabalhos astronômicos gregos que não chegaram até nós. O título de sua grande obra dedicada à astronomia, o *Almagesto*, deriva da tradução para o árabe do grego *Megalé syntaxis*, que significa *Grande compilação*. Ironicamente, o enorme sucesso do *Almagesto*

Cortesia Biblioteca Sheridan, Universidade Johns Hopkins



Figura 3 - Observatório de Uraniburgo, onde Tycho Brahe fez as observações mais precisas da astronomia pré-telescópica

foi indiretamente responsável pelo desaparecimento de trabalhos mais antigos, que deixaram de ser copiados uma vez que o livro de Ptolomeu resumia e ultrapassava todos os resultados obtidos anteriormente pelos astrônomos gregos. Com efeito, embora já houvesse teorias razoavelmente precisas para os movimentos do Sol e da Lua, atribuídas a Hiparco de Nicéia (Séc. II a.C.), foi somente com Ptolomeu que tornou-se possível calcular com precisão também os movimentos dos cinco planetas visíveis a olho nu e conhecidos à época: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno – vale lembrar que a Terra não era considerada um planeta, mas algo inteiramente distinto dos corpos celestes. A astronomia ptolomaica baseava-se em modelos geométricos, combinações de círculos que reproduziam os movimentos celestes observados e possibilitavam o cálculo das posições do Sol, da Lua e dos planetas em qualquer instante no tempo.

O estudo da região celeste na tradição aristotélico-ptolomaica desdobrava-se, assim, em dois níveis: de um lado havia as explicações causais em termos da natureza da região celeste, que seria constituída de esferas concêntricas dispostas ao redor da Terra. Essas esferas, como os astros por elas transportados, eram formadas a partir de um quinto elemento, o éter, diferente de toda a matéria encontrada na região terrestre e naturalmente dotado de movimento circular. Por outro lado, havia os modelos ptolomaicos, constituídos de círculos que nem sempre tinham a Terra em seu centro e que, embora claramente procurassem expressar as revoluções das esferas celestes, acabavam por desviar-se dos preceitos de Aristóteles para corresponder, mais precisamente, às observações.

Cortesia Biblioteca Sheridan, Universidade Johns Hopkins

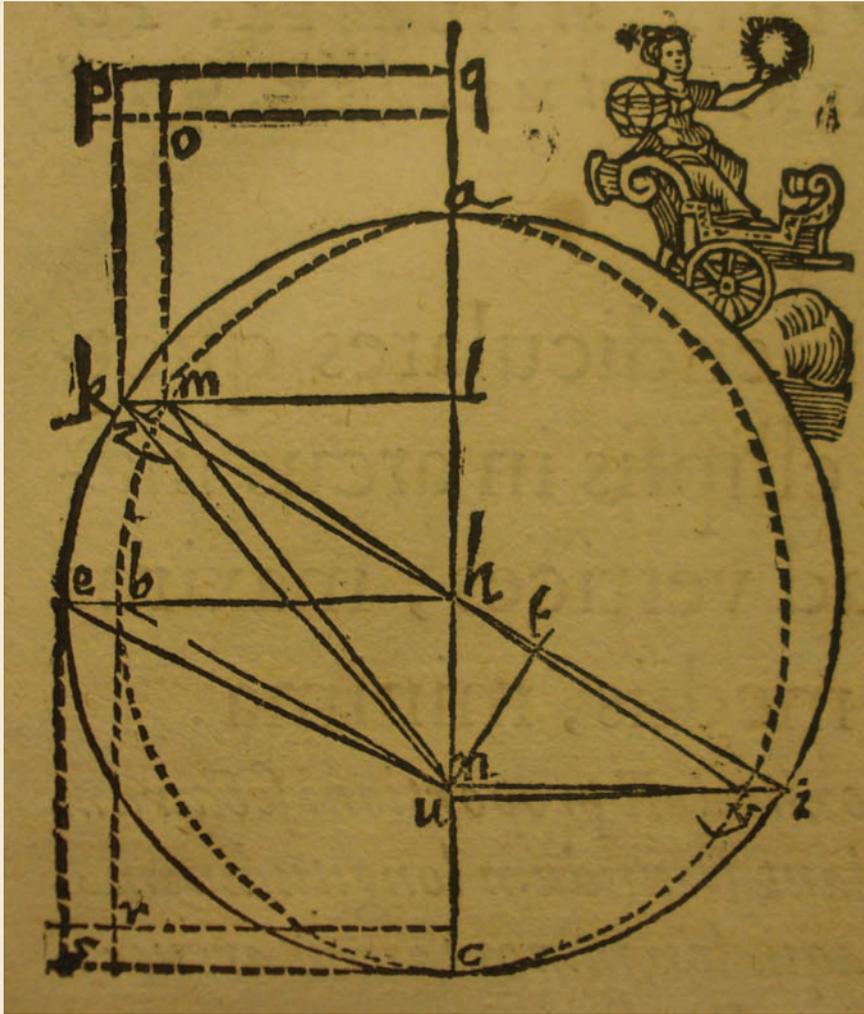


Figura 4 - Na *Astronomia nova* Kepler chega à conclusão de que os caminhos dos planetas não são círculos, mas elipses

O *Almagesto* permaneceu como a mais importante obra astronômica através de toda a Idade Média, ainda que seu elevado grau de detalhe tenha impedido sua utilização como livro-texto na universidade medieval. No mundo árabe, porém, o *Almagesto* foi meticulosamente estudado a partir do século IV d.C., criando-se um extenso debate em torno da relação entre as esferas da cosmologia aristotélica e os círculos da astronomia de posição ptolomaica. No Renascimento, o livro inspirou novas gerações de astrônomos, dentre os quais podemos destacar os defensores do heliocentrismo, Nicolau Copérnico e Johannes Kepler.

Nicolau Copérnico provocou aquela que é provavelmente a maior revolução científica da história da humanidade ao propor que os movimentos dos planetas não são, na verdade, dispostos em torno da Terra, mas em torno do Sol, que no seu sistema ocupa o centro da esfera das estrelas fixas (figura 2). Copérnico defende que a Terra se move ao redor do Sol completando uma rotação completa a cada ano, além de girar em torno de seu próprio

eixo com um período de 24 horas. Essa ideia já havia sido proposta na Grécia Antiga, nos atesta Arquimedes no *Contador de areia*, por Aristarco de Samos. Não existe, no entanto, nenhuma evidência textual de que Copérnico tenha tido acesso às ideias de Aristarco, de modo que é impossível decidir se o seu trabalho influenciou ou não o sistema copernicano.

A astronomia copernicana demorou para ser aceita, em parte porque entrava em conflito com alguns trechos das Escrituras, mas sobretudo porque era incompatível com a física da época. Se a Terra movia-se através dos céus, como explicar que não sentimos qualquer efeito desse movimento? Como explicar que as nuvens e os pássaros, embora soltos no ar, deslocam-se igualmente em qualquer direção, e que os projéteis lançados para leste ou para oeste alcançam a mesma distância? Os defensores da astronomia tradicional argumentavam que se a Terra, de fato, se movesse seríamos todos lançados no espaço, e um vento fortíssimo sopraria na direção leste-oeste como consequência do movimento diário de rotação.

Para que a Terra perdesse o seu posto no centro do universo seria necessária a criação de uma nova física, compatível com o sistema heliocêntrico, e, para isso, contribuíram enormemente dois eventos ocorridos no ano de 1609. Na Itália, Galileu Galilei teve a ideia de apontar uma luneta náutica em direção ao céu, fazendo uma série de observações absolutamente inéditas que trariam grandes dificuldades para os defensores da visão tradicional do cosmos. As recém-descobertas luas de Júpiter descreviam seus movimentos em torno de um centro que, claramente, não era a Terra, e os vales e montanhas de nossa Lua contestavam a visão

tradicional de um céu perfeito e distinto da região terrestre.

Kepler, de sua parte, desenvolveu um trabalho teórico a partir das observações mais precisas da astronomia pré-telescópica, feitas por Tycho Brahe ao longo de duas décadas no observatório de Uraniburgo, na Dinamarca (figura 3). No heliocentrismo físico de Kepler as explicações da cosmologia de Aristóteles, em termos da rotação de esferas concêntricas feitas de éter, são substituídas por explicações baseadas na ação de forças físicas. Na *Astronomia nova*, a ideia de que uma certa força solar é responsável pelos movimentos dos planetas é fundamental para a descoberta da forma elíptica das órbitas planetárias (figura 4) e da lei das áreas, duas das mais importantes contribuições do astrônomo.

Sabemos que Kepler correspondeu-se com Galileu, tendo mesmo chegado a compor um tratado justificando teoricamente as observações feitas com o telescópio. Porém, a colaboração entre os dois defensores de Copérnico não haveria de durar muito, o que se deve, ao menos em parte, às concepções científicas diversas sustentadas

pelos dois autores. Kepler acreditava que a explicação dos movimentos planetários no sistema heliocêntrico deveria ser análoga àquela de fenômenos similares observados na Terra, os fenômenos magnéticos. A força solar, como a força dos imãs, era capaz de agir à distância, movimentando os corpos dos planetas com velocidades que variavam com a proximidade do Sol. Esse tipo de explicação parecia arbitrária e obscura para Galileu, que tinha como centro de sua campanha a instauração de uma nova ciência dos corpos em movimento, livre das entidades impossíveis de serem observadas que, na sua opinião, entravavam a ciência de seu tempo. Mesmo trabalhando independentemente, os dois autores foram capazes de derrubar a antiga visão de mundo, abrindo caminho para a mecânica celeste de Isaac Newton e para os desenvolvimentos científicos e filosóficos que marcaram o século XVII.

Anastasia Guidi Itokazu é física e bolsista Fapesp de pós-doutorado no Departamento de Filosofia da Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hesiod. *Theogony, works and days*. Harvard University Press. 2006.
2. Dreyer, J. L. E. *A history of astronomy from Thales to Kepler*. Nova Iorque: Dover, 1953.
3. Gingerich, O. *The eye of the heaven: Ptolomy, Copernicus, Kepler*. Nova Iorque: American Institute of Physics. 1993.
4. Hoskin, M. *The Cambridge concise history of astronomy*. Cambridge: University Press. 1999.
5. Aristotle. *The caelo*. Clarendon Press. 1966.
6. Evans, J. *The history and practice of ancient astronomy*. Oxford: University Press. 1998.

ASTRONOMIA NO BRASIL

João E. Steiner

ASPECTOS HISTÓRICOS A astronomia brasileira, enquanto ciência institucionalizada e produtiva, é uma atividade recente. Ela se desenvolveu a partir da implantação da pós-graduação, no início da década de 1970. Apesar disso, houve iniciativas muito anteriores; o primeiro observatório astronômico instalado no Brasil, na verdade o primeiro no hemisfério sul, foi construído em 1639 no palácio Friburgo, Recife, pelos holandeses. Mais tarde, em 1730, os jesuítas instalaram um observatório no Morro do Castelo, na cidade do Rio de Janeiro.

Alguns anos após a declaração da independência, em 15 de outubro de 1827, foi assinado por D. Pedro I o ato de criação do Imperial Observatório do Rio de Janeiro que, com a proclamação da República, passou a ser denominado Observatório Nacional, uma das mais antigas instituições científicas brasileiras. No seu primeiro século de existência, o Observatório Nacional organizou ou participou de diversas expedições científicas de astronomia, sendo a mais famosa a que confirmou a teoria da relatividade em Sobral (CE), em 1919, comandada por uma equipe inglesa.

No início do século XX constroem-se observatórios em Porto Alegre e São Paulo, mas somente nas décadas de 1960 e de 1970, com a construção de um telescópio com espelho primário de 60 centímetros de diâmetro no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos (SP), e a instalação de telescópios de 50-60 cm em Belo Horizonte (MG), Porto Alegre (RS) e Valinhos (SP) começaram realmente as pesquisas em astrofísica no país. Nessa época, chegaram os três primeiros doutores em astronomia, formados no exterior, que participaram da instalação dos programas de pós-graduação no país. Paralelamente se inicia a construção do Observatório do Pico dos Dias (OPD), no qual foi inaugurado em 1981 um telescópio de 1,60 m, cuja operação ficou na responsabilidade do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), criado em 1985. Esse foi, de fato, o primeiro laboratório nacional efetivamente criado no Brasil. A operação desse laboratório nacional procurou seguir as melhores práticas internacionais na gestão e utilização dos seus equipamentos. Com isso, a comunidade astronômica se desenvolveu e pode dar um passo além, com a entrada no Consórcio Gemini, em 1993, e formando o Consórcio Soar, em 1998.

Ainda em 1974 foi instalado o radiotelescópio para ondas milimétricas com diâmetro de 13,4 metros, em Atibaia (SP). Nesse radiotelescópio foram feitas as principais pesquisas em radioastronomia no Brasil até hoje. Mais tarde, foi instalado o telescópio solar submilimétrico, em El Leoncito, Argentina, ao passo que o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) está instalando uma rede interferométrica (BDA, na sigla em inglês para Brazilian Decimetric Array) para estudar, principalmente, o Sol.

Na área espacial o Brasil participou, desde os anos 1970, de voos de balões estratosféricos, nos quais voaram equipamentos para observar a radiação cósmica de fundo e fontes de raios-X.

**Tabela 1 - OS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO NA ASTRONOMIA BRASILEIRA
NÚMERO DE CONCLUINTEES NO PERÍODO 2005/2007+2008 E NÚMERO DE ALUNOS MATRICULADOS EM 2009**

INSTITUIÇÕES COM CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO	NOTA CAPES	2005/7 MESTRES	2008 MESTRES	2005/7 DOCTORES	2008 DOCTORES	MESTRANDOS E DOCTORANDOS MATRICULADOS EM 2009
IAG-USP	7	22	10	17	6	23/42
IF-UFRGS	7	3	2	6	3	4/9
CBPF	7	3	3	3	2	4/13
DF-UFGM	7	2	-	2	2	2/6
IF-UFRJ	7	1	-	6	1	2/3
DF-UFRN	5	7	1	6	3	5/14
DF-UFSC	5	4	1	3	2	1/4
DA-ON	4	10	3	8	1	13/18
DAS-Inpe	4	10	6	4	1	9/11
FEG-Unesp	4	8	2	-	1	6/5
Univap	4	2	1	-	-	3/1
DF-UFSM	3	4	1	4	-	1/4
OV-UFRJ	3	5	2	-	-	12/0
Unifei	3	2	1	-	-	5/0
Total	-	83	30	59	24	90/130

Obs.: A Unicsul (São Paulo), Uesc (Ilhéus) e Uern (Mossoró) iniciaram os programas de pós-graduação recentemente e não formaram alunos até 2008.

A PÓS-GRADUAÇÃO A pós-graduação teve um papel importante no sentido de impulsionar a formação de novos mestres e doutores no país (tabela 1). Os primeiros programas foram implantados no ITA, no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP) e na Universidade de Mackenzie, no início dos anos 1970. Posteriormente, começou a pós-graduação nas universidades Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e de Minas Gerais (UFMG), sendo o programa do Mackenzie transferido para o Observatório Nacional. Se, em 1970, havia apenas três doutores no Brasil, em 1981, o Brasil já contava com 41 doutores em astronomia. Hoje existem 234 doutores empregados em 40 instituições, além de 60 pós-doutores. Algumas instituições são bastante grandes, enquanto que a maioria das instituições conta com apenas um ou dois profissionais (tabela 2).

Atualmente são formados cerca de 30 mestres e 25 doutores por ano somando-se todos os programas no Brasil. São, ao todo, 12 programas de doutorado e 17 programas de mestrado. O total de alunos matriculados no primeiro semestre de 2009 é de 90 no mestrado e 130 no doutorado.

No passado, os cursos de graduação em astronomia não tiveram muita ênfase no Brasil. Os candidatos à pós-graduação eram, quase sempre, formados em bacharelado de física. Apenas a UFRJ ofereceu o curso de graduação nos últimos 50 anos. Na USP existe, já há cerca de uma década, a opção de habilitação em astronomia no bacharelado de física. No ano de 2009 o IAG da USP iniciou o programa de bacharelado em astronomia. A mesma decisão foi tomada pelo Instituto de Física da UFRGS.

GRUPOS DE PESQUISA E PRODUÇÃO CIENTÍFICA Com o início da pós-graduação, a produção científica brasileira na área da astronomia também teve um grande desenvolvimento. No ano de 1965, ela praticamente não existia, pois não há registro de trabalho científico publicado em revista indexada (tabela 3). Em 1970 já houve oito artigos publicados. Nos 30 anos seguintes (1970-2000) a taxa média

de crescimento anual dos artigos publicados foi de 11,4%. Esse crescimento extraordinário se deve a diversos fatores, entre os quais: a) retorno de doutores formados no exterior; b) início da pós-graduação no Brasil; c) contratação de profissionais por universidades e institutos federais de pesquisa; d) instalação da antena de radioastronomia de Atibaia (SP) e do telescópio de 1,60 m de diâmetro do OPD; e) o uso sistemático da internet, a partir da década de 1990, deu aos pesquisadores brasileiros, antes isolados pelas grandes distâncias, capacidade muito maior de articulação e formação de *networking* nacional e internacional.

Já no período entre 2000-2008, essa taxa foi bem menor: 0,8%. Isso também se deve a diversos fatores: o número de contratações de professores e pesquisadores nesse período foi muito pequeno e o quadro, estagnado, passou a envelhecer; a antena de Atibaia deixou de ser competitiva; os telescópios do OPD, apesar de produtivos, eram competitivos apenas na área estelar, uma vez que novos e modernos telescópios, instalados em sítios muito superiores, passaram a dar apoio muito mais efetivo à astronomia extragaláctica; muitos estudantes deixaram de procurar a área da astronomia por falta de perspectiva profissional.

Esse quadro está mudando. Diversos indicadores sugerem que a astronomia no Brasil está voltando a ter um crescimento mais dinâmico. Dentre os fatores responsáveis por essa mudança podemos citar a entrada do Brasil nos consórcios Gemini e Soar, que começam a produzir resultados em ritmo crescente; novos estudantes estão sendo atraídos para a área em número e qualidade crescentes; a ocorrência de novas contratações de profissionais, principalmente em universidades; novos grupos de pesquisa se formam em universidades nas quais não havia astrônomos até recentemente, inclusive universidades privadas. Além disso, a descoberta da matéria escura tem motivado um grande número de trabalhos na área de cosmologia teórica, hoje, já a segunda área mais produtiva. E, por fim, outras áreas novas de pesquisa como a física de asteróides e exoplanetas têm mostrado produção significativa (tabela 4).

Tabela 2 - NÚMERO DE ASTRÔNOMOS FORMADOS E EM FORMAÇÃO POR INSTITUIÇÃO DE PESQUISA

SIGLA DA INSTITUIÇÃO	COM BOLSA PQ-1	COM BOLSA PQ-2	SEM BOLSA PQ	PÓS-DOCTOR	ALUNOS MS+DR	TOTAL
USP	18	5	16	18	65	122
ON	8	5	14	5	31	63
Inpe	7	4	13	4	20	48
UFRJ(OV+IF)	1	7	11	1	18	38
UFRGS	7		3	3	13	26
UFRN	2	3	3	1	19	26
Unesp(FEG+RC)	2	2	5	4	11	24
CBPF	1	4	1	1	17	24
LNA(+Soar)		1	8	4		13
Univap		3	5	1	4	12
UFMG	1	1	3	1	5	11
UFSC	3		1	1	5	10
Uesc		3	4	2		9
Unifei		1	2		5	8
Unicsul		1	6	1		7
UFMS		1	2		4	7
Un. Mackenzie	1	3	1	1		6
UEFS			5			5
Unipampa			3			3
Uern			3			3
UnB			3			3
UFPR		1	1			2
UFABC		1	1			2
Unochapecó			2			2
UFPeI			2			2
UEL			2			2
Unifesp			2			2
CTA			2			2
UFF		2				2
UERJ			2			2
UCS		1				1
Uninove		1				1
Unirio			1			1
Univasp			1			1
UFJF			1			1
UEPG			1			1
UFMT			1			1
UFSCar			1			1
Cefet-SP			1			1
UTFPR			1			1
Fund.Sto.André			1			1
Exterior-pósDr				11		11
Total geral	51	50	135	59	225	508

Obs: Bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq nível PQ-1 (oferece bolsa + grant, renováveis a cada três anos); bolsa de nível PQ-2 (não tem grant, e também é renovável a cada três anos).

Os maiores grupos de pesquisa em astronomia estão concentrados na USP e nas universidades federais — como UFRGS, UFRJ e UFRN — assim como nos institutos do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), Observatório Nacional e Inpe (tabela 2). Todos eles mantêm programas de pós-graduação em nível de mestrado e doutorado. No entanto, outros grupos menores também participam de programas de pós-graduação, quase sempre em conjunto com os programas de física.

As principais áreas de pesquisa são astronomia estelar (óptica e infravermelha) que produz 30% de todos dos artigos científicos publicados em 2008, cosmologia teórica, com 17%, e astronomia extragaláctica, com 13%. Algumas áreas tiveram desenvolvimento bastante recentemente como a física de asteróides (6%) e exoplanetas (3%). Essa última se desenvolveu graças à participação do Brasil no satélite Corot.

INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA E OBSERVATÓRIOS VIRTUAIS O objetivo da ciência da astronomia é fazer pesquisa básica, mas ela pode ser realizada promovendo o desenvolvimento de instrumentação de ponta. Dessa forma se incentiva a *cultura da inovação tecnológica*. Isso se dá pelo treinamento de cientistas e técnicos em tecnologias emergentes, necessárias para a pesquisa astronômica de ponta.

A participação brasileira nos telescópios Gemini e Soar viabilizou, pela primeira vez, a construção efetiva de instrumentos modernos para grandes telescópios. No segundo semestre de 2009 serão concluídos os dois primeiros instrumentos de classe mundial construídos no Brasil, para uso no telescópio Soar. O terceiro instrumento também está em fase avançada de construção.

O século XXI se iniciou com uma verdadeira explosão de dados científicos em forma digital que está produzindo uma revolução na astronomia. Devido a vários empreendimentos de grande porte,



O telescópio Gemini sul (em frente) e o telescópio Soar, em Cerro Pachón, Andes Chilenos (deserto do Atacama).

uma imensa quantidade de dados digitais de excelente qualidade, obtidos tanto do solo quanto do espaço, ficaram disponíveis. E isso é só o começo.

O acesso e a manipulação do volume dos dados já armazenados desde as últimas duas décadas, pelo menos, tornou-se um desafio para os pesquisadores que precisam analisar seus próprios dados experimentais e/ou buscar outros em arquivos e bancos de dados espalhados na rede. Se, por um lado, os contínuos desenvolvimentos de *hardware*, têm permitido, a custos relativamente modestos, a aquisição, o processamento e armazenamento de centenas de *terabytes* de dados, os sistemas de software necessários para a manipulação desses dados ainda deixam muito a desejar. Esse é um problema reconhecido por todas as comunidades científicas e vários projetos de grande porte foram iniciados no sentido de encontrar soluções. No âmbito da comunidade astronômica, o nome genérico dessa solução é o Observatório Virtual (VO, do acrônimo em inglês).

Numa primeira aproximação um VO é um sistema, acessado pela internet, que provê ampla conexão entre dados arquivados e também ferramentas de extração e garimpagem de dados e, de maneira geral, de redução de complexidade. Atualmente, esse projeto encontra-se em franco desenvolvimento, sendo coordenado internacionalmente pela Aliança Internacional do Observatório Virtual (Ivoa,

SIGLAS (41 INSTITUIÇÕES)

USP – Universidade de São Paulo (SP)

ON – Observatório Nacional/MCT (RJ)

Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/MCT (SP)

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ)

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS)

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (RN)

Unesp- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (SP)

CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/MCT (RJ)

Unifei – Universidade Federal de Itajubá (MG)

LNA – Laboratório Nacional de Astrofísica/MCT (MG)

Univap – Universidade do Vale do Paraíba (SP)

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais (MG)

Uesc – Universidade Estadual de Santa Cruz (BA)

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina (SC)

Unicsul – Universidade Cruzeiro do Sul (SP)

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria (RS)

Un. Mackenzie – Universidade Presbiteriana Mackenzie (SP)

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana (BA)

Uerj – Universidade Estadual do Rio de Janeiro (RJ)

Unipampa – Universidade Federal do Pampa (RS)

Uern – Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (RN)

UnB – Universidade de Brasília (DF)

UEL – Universidade Estadual de Londrina (PR)

UFPR – Universidade Federal do Paraná (PR)

UFABC – Universidade Federal do ABC (SP)

CTA – Comando-Geral de Tecnol. Aeroespacial/MD (SP)

Unochapecó – Univ. Comunitária Regional de Chapecó (SC)

UFPEl – Universidade Federal de Pelotas (RS)

Unifesp – Universidade Federal de São Paulo (SP)

UCS – Universidade de Caxias do Sul (RS)

UFF – Universidade Federal Fluminense (RJ)

Uninove – Universidade 9 de Julho (SP)

Unirio – Universidade do Rio de Janeiro (RJ)

Univasf – Universidade Federal do Vale do São Francisco (PE)

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora (MG)

UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa (PR)

UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso (MT)

UFScar – Universidade Federal de São Carlos (SP)

Cefet-SP – Centro Fed. de Ensino Tecnol. de São Paulo (SP)

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (PR)

Fund. Sto. André – Fundação Santo André (SP)

Tabela 3 - PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA ASTRONOMIA BRASILEIRA (1965-2008)

ANO	NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS EM REVISTAS INDEXADAS
1965	0
1970	8
1975	15
1980	25
1985	47
1990	74
1995	111
2000	205
2005	214
2008	219

Fonte: Nasa Astrophysical Data System (ADS)

Taxa anual média de crescimento da população

1970-2000	11,4%
1-2005	0,9%
2005-2008	0,8%

Fonte: Nasa Astrophysical Data System (ADS)

na sigla em inglês). O Brasil tornou-se membro do Ivoa através da rede Bravo (Observatório Virtual Brasileiro) em 2009.

CONCLUSÃO A astronomia no Brasil é uma atividade relativamente recente. Apesar disso, o crescimento foi extraordinário, principalmente no período de 1970 a 2000. Hoje, as perspectivas são animadoras, principalmente porque o país passou a ser parceiro dos grandes consórcios internacionais Gemini e Soar. Com isso, passamos a ser o

Tabela 4 - DISTRIBUIÇÃO DOS ARTIGOS PUBLICADOS PELA ASTRONOMIA BRASILEIRA EM 2008, POR ESPECIALIDADE

ÁREA	Nº. ARTIGOS	%
Astronomia estelar óptica e infravermelha	63	28.8
Cosmologia teórica	38	17.4
Astronomia extragaláctica óptica e infravermelha	26	11.9
Física de asteróides	12	5.8
Astrofísica estelar teórica	9	4.3
Evolução química de sistemas estelares	9	4.3
Astronomia dinâmica	9	4.3
Radioastronomia solar	7	3.2
Instrumentação	7	3.2
Exoplanetas	6	2.7
Outros	29	13.2
Total	219	100

único país em desenvolvimento que é parceiro de um telescópio de quatro metros e também de outro de 8 metros de diâmetro. Desta forma, os jovens brasileiros podem encontrar na astronomia uma possibilidade de carreira promissora.

João E. Steiner é professor titular do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP

EDUCAÇÃO

Astronomia para o mundo em desenvolvimento

Seguindo os bons resultados apresentados até agora pelo Ano Internacional da Astronomia, a União Astronômica Internacional (IAU, na sigla em inglês) aprovou um plano de uma década para o desenvolvimento da astronomia global. O plano foi aprovado, por unanimidade, na forma de resolução (o mesmo tipo de resolução que definiu em 2006 o novo status de Plutão como planeta-anão) durante a XXVII Assembleia Geral da IAU, que aconteceu no Rio de Janeiro em agosto deste ano. Preocupado com os papéis socioculturais que a astronomia pode desempenhar, o Plano, cujo slogan é «Astronomia para o mundo em desenvolvimento», dirige suas atenções a projetos educacionais.

De acordo com o que foi apresentado por um comitê executivo, o plano se baseia na importância da astronomia para a sociedade em três aspectos: na fronteira tecnológica, nomeadamente nos campos da óptica, computação, eletrônica e na exploração espacial; como interface entre as ciências naturais e matemática, ressaltando o céu como um laboratório científico de condições extremas, irreprodutíveis na Terra; e em aspectos culturais, dada a importância do céu nas culturas humanas e seus desenvolvimentos contemporâneos que nos oferecem perspectiva sobre a

imensidão do universo e o lugar que ocupamos nele.

ENSINO Os projetos centrados em educação e desenvolvimento foram criados para fortalecer a astronomia em todos os níveis (profissional, amadora e na educação e divulgação). Uma das iniciativas da IAU para melhorar a educação astronômica é o Programa de Treinamento de Professores Galileo (GTTP, na sigla em inglês), um programa de treinamento de professores do ensino escolar, que, através de kits básicos e técnicas educacionais, pretende atingir regiões com poucos recursos para o ensino de astronomia. Outra iniciativa é o Explore o Universo (Unawe, na sigla em inglês), que através de material educacional especial procura dar a crianças de 4 a 10 anos uma perspectiva do universo. Através do comitê executivo foi aprovado um aumento de 10 a 17% do orçamento da IAU para iniciativas que visem colocar a astronomia no caminho do mundo em desenvolvimento. Ainda assim, segundo George Miley, um dos vice-presidentes da IAU, “será necessária uma campanha vigorosa de arrecadação de fundos, coordenada pelo Global Development Office” para ampliar o orçamento. Isso porque Miley acredita que “a visão de longo prazo do plano é que eventualmente todos os países participem em algum nível na pesquisa astronômica e que todas as crianças do mundo sejam expostas ao conhecimento sobre astronomia e o universo”.

A Assembleia Geral da IAU ocorre

a cada três anos reunindo a comunidade astronômica internacional para discutir temas de interesse de astrônomos do mundo todo, como a de 2006, que definiu as categorias de planeta e planeta-anão, que acabaram por mudar o status de Plutão para a segunda categoria. Neste ano, duas discussões foram foco das atenções da comunidade astronômica: as pequenas variações nas constantes físicas fundamentais a partir de observações em escala cosmológica, que podem dar pistas se as constantes fundamentais estariam variando no tempo; e os modelos teóricos de sustentação da vida em outros planetas e formas de sua detecção, num contexto em que o número de planetas extra-solares conhecidos ultrapassa algumas centenas e continua crescendo rápido.

Dentre as resoluções aprovadas, duas delas trataram de padrões para a pesquisa científica (estabelecendo um Sistema de Constantes Astronômicas da IAU e realizando uma segunda versão de um Sistema de Referência Celeste Internacional) e três de diretrizes político-estratégicas (Plano Estratégico da IAU para a década, Apoio às Mulheres na Astronomia, Defesa do Céu Noturno e Direito à Luz das Estrelas). A próxima assembleia geral ocorrerá em 2012, em Beijing, China.

O encerramento do ano internacional da astronomia ocorrerá em janeiro de 2010 em Pádua, Itália, acompanhada do simpósio “269: Galileu e as luas Medíceas – seu impacto em 400 anos de descobertas”.

Bruno L'Astorina

TELESCÓPIOS

Avançam as colaborações internacionais

Há 400 anos Galileu Galilei publicava o *Mensageiro das estrelas*, obra na qual expôs suas observações do céu usando um telescópio, instrumento até então usado na navegação. Muitos avanços ocorreram na astronomia desde então, transformando os telescópios em ferramentas suntuosas, compostas por espelhos refletores e refratores, com diâmetros que podem ultrapassar os dez metros, capazes de gerar imagens de boa resolução. De ferramentas individuais, passaram a ser construídos e usufruídos por colaborações internacionais, dado o alto custo dos projetos, grande demanda de tempo de construção e dificuldades, como de manutenção e operação. Durante a última reunião da União Astronômica Internacional (IAU, na sigla em inglês), que ocorreu em agosto deste ano no Rio de Janeiro, discutiu-se a importância dos grandes telescópios para a astronomia. Em geral, esses instrumentos são construídos em duas frentes: para uso a partir do solo, geralmente em desertos ou regiões montanhosas, zonas livres de poluição luminosa e com baixo índice de chuvas; e os espaciais, com a vantagem de estarem fora da atmosfera. Dentre os de solo, destaca-se o E-ELT (European Extremely Large Telescope) – projeto do Observatório Europeu

Austral (ESO, na sigla em inglês), um consórcio europeu – com um espelho primário de 42 metros de diâmetro, o que o torna cerca de cem vezes mais sensível que os telescópios óticos atuais. Os custos de construção do telescópio revolucionário, planejado para começar a operar em 2018, foram estimados em 800 milhões de euros, em 2006, por uma junta de astrônomos europeus. Outra colaboração internacional – entre as Agências Espaciais Americana (Nasa), Europeia (ESA) e Canadense (CSA) – pretende operar, em 2014, numa órbita distante 1,5 milhão de quilômetros da Terra, o Telescópio Espacial James Webb (JWST) – com um espelho primário de 6,5 metros captando imagens na região do infravermelho. Em solo brasileiro, o maior telescópio é o Observatório do Pico dos Dias (OPD), construído na década de 1970 em Brazópolis (MG) – o telescópio principal possui espelho de 1,6 metro. Mas há também participação brasileira em projetos internacionais como o Gemini e o Soar, localizados no Havaí e nas montanhas de Cerro Pachón no Chile, respectivamente. Jacques Lepine, professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP), explica que seria um esforço muito grande para o Brasil construir um telescópio de grande porte, principalmente porque não dispomos de locais tão propícios como as regiões mencionadas. “Projetos como esses nos dão



Cúpula do telescópio de 1,6 metro do Observatório do Pico dos Dias

chance de observar em grandes instrumentos e de obter resultados competitivos ou até melhores que os dos astrônomos de outros países”, aponta.

NAS ONDAS DO RÁDIO A astronomia não se resume ao estudo da luz emitida pelos corpos celestes a partir de observações feitas com telescópios óticos, mas de equipamentos que captam informações na frequência de rádio, os chamados radiotelescópios. O Brasil se candidatou, em 2004, sob a responsabilidade de Lepine, para receber um projeto de US\$ 1 bilhão, o Square Kilometer Array (SKA), que será constituído de um grande número de antenas espalhadas num raio de até mil quilômetros. Assim, ele funciona no modo interferômetro, o que fornece maior sensibilidade e resolução angular. No entanto, a candidatura brasileira foi rejeitada devido à presença da anomalia magnética do Atlântico Sul, que se estende sobre boa

parte do território nacional e dificulta as observações em baixas frequências de rádio. Os candidatos remanescentes – Austrália e África do Sul – ainda aguardam definição. “Agora estamos defendendo um projeto de radioastronomia para altas frequências, o Llama (Long Latin American Millimetric Array) em colaboração com a Argentina”, revela o astrônomo da USP, que participou de debate sobre o tema durante a reunião da IAU. O surgimento de novas técnicas empregadas na construção de telescópios melhores possibilitou uma expansão das fronteiras do conhecimento astronômico. Atualmente, ajustes digitais de nitidez e brilho das imagens captadas dos corpos celestes possibilitam a correção de imperfeições. O filósofo Antônio Augusto Passos Videira, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), acredita que as relações entre técnica e ciência não são fáceis de serem compreendidas no cenário atual, mas no caso de Galileu, a importância da técnica foi fundamental, “Sem o telescópio, não haveria Galileu. Além de ter descoberto novas características e objetos nos céus, ele foi muito importante por usar um instrumento sem conhecer sua teoria, ou seja, ele confiou no telescópio sem saber como ele funcionava exatamente”. Hoje o desafio é outro, ciência e tecnologia tentam enxergar além da teoria.

Victoria Flório

POLUIÇÃO LUMINOSA

O direito de contemplar o céu

De acordo com cientistas, o direito à escuridão da noite e à luz das estrelas está ameaçado por um novo tipo de degradação ambiental, a poluição luminosa (PL). O problema, que ficou conhecido há algumas décadas no meio acadêmico, consiste no uso excessivo e inapropriado de luz artificial, que impede a contemplação das estrelas, planetas e outros objetos celestes. O tema foi debatido na XXVII Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (IAU), que ocorreu em solo carioca em agosto, como parte do Ano Internacional da Astronomia.

A IAU e a Unesco patrocinam programas internacionais de conscientização sobre a PL, como o Dark Skies Awareness (ou conscientização sobre o céu noturno). Uma das propostas aprovadas nessa última assembleia foi a da proteção do céu noturno a fim de preservar o direito a luz das estrelas com finalidades científicas e culturais. De acordo com a Declaração em Defesa do Céu Noturno e o Direito de Ver Estrelas do Dark Skies Awareness um céu não poluído que permita a sua contemplação deveria ser considerado como direito inalienável equivalente a todos os outros direitos socioculturais e ambientais. O artigo 23 da Constituição Federal estabelece como competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios proteger o meio

ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas. Cabe a cada instância legislar sobre a proteção do meio ambiente (o céu sendo parte deste).

“Se a mesma potência luminosa for dirigida apenas para baixo, iluminando ruas, praças e todos os logradouros públicos de maneira mais eficiente, todos ganharíamos: uma cidade mais clara com o mesmo custo em energia, a escuridão necessária para o ciclo de vida de animais e vegetais, e os astrônomos, sejam eles profissionais ou amadores, ganhariam de volta o céu noturno”, afirma Roberto Costa do IAG/USP.

Outro fator que minimiza os efeitos da PL é o tipo de lâmpadas utilizadas. Para cada watt consumido, as lâmpadas de mercúrio emitem 54 lúmens, as de sódio de alta pressão (SAP) 125 lúmens e as de sódio de baixa pressão (SBP) 183 lúmens. Ou seja, as lâmpadas SBP emitem 3,4 vezes mais luz do que as de mercúrio, ou ainda, para uma mesma capacidade de iluminação, gastam 3,4 vezes menos. Porém, tanto as lâmpadas de mercúrio como as SAP emitem em largas zonas do espectro, estragando muita da informação que nos chega dos objetos astronômicos, por exemplo. Mas, como as lâmpadas SBP apenas emitem numa zona muito restrita do espectro, torna-se assim muito fácil eliminar o seu efeito, bastando para isso utilizar um filtro que apenas absorva essa luz. Deste modo, toda a informação contida no resto do espectro continua disponível, e a contemplação do céu pode ser realizada.

Victoria Flório

DIRETÓRIOS DE PESQUISA

Os diretórios de pesquisa aqui apresentados foram selecionados a partir do site do CNPq, de acordo com prioridades estabelecidas pelas coordenadas do Núcleo Temático nas seguintes áreas: Gravitação, cosmologia, radiação cósmica de fundo, relatividade e energia escura; Planetas; Últimos estágios de evolução estelar; Núcleos ativos e buracos negros.

NOME DO GRUPO

PLASMA ASTROFÍSICO
E COSMOLOGIA

LÍDER (ES) DO GRUPO

REUVEN OPPER; VERA JATENCO

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Astrofísica de plasmas; Buracos negros;
Choques; Decaimento
de vácuo; Física de plasma em
astrofísica e cosmologia; Formação
de galáxias; Formação de primeiros
objetos; Formação estelar;
Mecanismos de aceleração de
jatos protoestelares

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

R. do Matão 1226, Cidade
Universitária, CEP: 05508-090
São Paulo, SP
Tel: (11) 3091-2709

NOME DO GRUPO

ARCOS

LÍDER (ES) DO GRUPO

IOAV WAGA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; FÍSICA

LINHAS DE PESQUISA

Cosmologia e teoria de campos; Dark
energy survey; Distorções no espaço de
desvio para o vermelho; Inflação em
teorias escalar tensoriais; Quartessência;
Radiação cósmica de fundo

INSTITUIÇÃO

UFRJ

ENDEREÇO

Ilha do Fundão, Bloco A
CEP: 21941-972
Rio de Janeiro, RJ
Tel: (21) 2562-7906

NOME DO GRUPO

RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO
EM MICROONDAS

LÍDER (ES) DO GRUPO

THYRSO VILLELA NETO

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Anisotropias da radiação cósmica
de fundo em microondas;
Mapeamento da emissão galáctica ;
Polarização da radiação cósmica de
fundo em microondas

INSTITUIÇÃO

Inpe

ENDEREÇO

Av. dos Astronautas, 1758
Jardim da Granja
CEP: 12227-010 – São José dos
Campos, SP – Tel: (12) 39457218

NOME DO GRUPO

GRAVITAÇÃO E COSMOLOGIA

LÍDER (ES) DO GRUPO

JÚLIO CÉSAR FABRIS;
ANTÔNIO BRASIL BATISTA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; FÍSICA

LINHAS DE PESQUISA

Cosmologia quântica; Desvios
geodésicos e órbitas relativísticas;
Estudo de cosmologia primordial;
Estudo de perturbações cosmológicas;
Física de buracos negros; Formação
de estruturas; Matéria escura

INSTITUIÇÃO

Ufes

ENDEREÇO

Av. Fernando Ferrari s/n Goiabeiras
CEP: 29060-900 – Vitória, ES
Tel: (27) 3335-2840

NOME DO GRUPO

PERTURBAÇÕES EM RELATIVIDADE
GERAL

LÍDER (ES) DO GRUPO

ELCIO ABDALLA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; FÍSICA

LINHAS DE PESQUISA

Teoria geral de partículas e campos,
cosmologia e gravitação

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

R. do Matão, Travessa R, 187
Ed. Principal, Ala Central
Cidade Universitária
CEP: 05508-090 – São Paulo, SP
Tel: (11) 3813-4257

NOME DO GRUPO
ASTROBIOLOGIA

LÍDER (ES) DO GRUPO
EDUARDO JANOT PACHECO;
CLAUDIA DE ALENCAR SANTOS LAGE

ÁREA PREDOMINANTE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA
Estrelas astrobiologicamente
interessantes; Evolução química de
biomoléculas no meio interestelar

INSTITUIÇÃO
USP

ENDEREÇO
R. do Matão 1226,
Cidade Universitária – Butantã
CEP: 05508-090
São Paulo, SP
Tel: (11) 3091-2800

NOME DO GRUPO
PLANETOLOGIA

LÍDER (ES) DO GRUPO
DANIELA LAZZARO

ÁREA PREDOMINANTE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA
Ciências planetárias; Formação
planetária; Impactos; Objetos
primordiais do sistema solar

INSTITUIÇÃO
ON

ENDEREÇO
R. General José Cristino, 77
São Cristóvão – CEP: 20921-400
Rio de Janeiro, RJ
Tel: (11) 3878-9175

NOME DO GRUPO
ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA

LÍDER (ES) DO GRUPO
JANILO SANTOS; JOSÉ RENAN DE
MEDEIROS

ÁREA PREDOMINANTE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA
Astrofísica; Cosmologia;
Relatividade geral

INSTITUIÇÃO
UFRN

ENDEREÇO
Departamento de Física – CCET,
Caixa Postal 1641 – Lagoa Nova
CEP: 59072-970 – Natal, RN
Tel: (84) 32153794

NOME DO GRUPO
DINÂMICA ORBITAL E
PLANETOLOGIA

LÍDER (ES) DO GRUPO
RODOLPHO VILHENA DE MORAES;
OTHON CABO WINTER

ÁREA PREDOMINANTE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA
Dinâmica de satélites artificiais;
Dinâmica do sistema solar

INSTITUIÇÃO
Unesp

ENDEREÇO
Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333
CEP: 12516-410 – Guaratinguetá, SP
Tel: (12) 3123-2800

NOME DO GRUPO
EVOLUÇÃO QUÍMICA DA GALÁXIA:
ABUNDÂNCIAS ESTELARES E DO MEIO
INTERESTELAR

LÍDER (ES) DO GRUPO
HELOISA MARIA BOECHAT-ROBERTY;
GUSTAVO FREDERICO PORTO DE
MELLO

ÁREA PREDOMINANTE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA
Abundâncias químicas em estrelas
frias; Astrobiologia; Astroquímica;
Linha evolutiva do sol

INSTITUIÇÃO
UFRJ

ENDEREÇO
Ladeira do Pedro Antônio, 43 – Saúde
CEP: 20080-090 – Rio de Janeiro, RJ
Tel: (21) 2263-0685

NOME DO GRUPO
DINÂMICA DE SISTEMAS PLANETÁRIOS

LÍDER (ES) DO GRUPO
SYLVIO FERRAZ MELLO; TATIANA
ALEXANDROVNA MICHTCHEENKO

ÁREA PREDOMINANTE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA
Dinâmica de exoplanetas,
asteróides e satélites

INSTITUIÇÃO
USP

ENDEREÇO
IAG/Departamento de Astronomia
R. do Matão, 1226 – Cidade
Universitária – CEP: 05508-090
São Paulo, SP – Tel: (11) 3091-2710

NOME DO GRUPO

NEBULOSAS FOTOIONIZADAS E
EVOLUÇÃO QUÍMICA

LÍDER (ES) DO GRUPO

WALTER JUNQUEIRA MACIEL

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Estrelas centrais de nebulosas
planetárias; Estrutura galáctica;
Evolução química da galáxia

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

R. do Matão, 1226
Cidade Universitária
CEP: 05508-900 – São Paulo, SP
Tel: (11) 3091-2805

NOME DO GRUPO

GRUPO DE ESTUDOS AVANÇADOS E
MODELAGEM EM ASTROFÍSICA E
COSMOLOGIA

LÍDER (ES) DO GRUPO

FRAÇOIS CHRISTOPHE CUISINIER

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Ambiente de galáxias; Cosmologia
e campos electromagnéticos
primordiais; Evolução estelar

INSTITUIÇÃO

UFRJ

ENDEREÇO

Ladeira do Pedro Antônio, 43 Saúde
CEP: 20080-090 – Rio de Janeiro, RJ
Tel: (21) 2263-0685

NOME DO GRUPO

ASTROFÍSICA TEÓRICA

LÍDER (ES) DO GRUPO

DIEGO ANTONIO FALCETA
GONÇALVES

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Astrofísica de plasmas; Estrutura
da galáxia; Evolução química de
galáxias; Núcleos ativos de galáxias

INSTITUIÇÃO

Unicsul

ENDEREÇO

R. Galvão Bueno, 868 – Liberdade
CEP: 01506-000 – São Paulo, SP
Tel: (11) 3385-3012

NOME DO GRUPO

ASTROFÍSICA

LÍDER (ES) DO GRUPO

MIRIANI GRISELDA PASTORIZA;
EDUARDO LUIZ DAMIANI BICA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Atividade nuclear em galáxias;
Estágios finais da evolução estelar;
Interação e formação de galáxias

INSTITUIÇÃO

UFRGS

ENDEREÇO

Av. Bento Gonçalves, 9500 –
Agronomia – CEP: 91501-970
Porto Alegre, RS – Tel: (51) 3316-6645

NOME DO GRUPO

GRUPO DE ASTROFÍSICA

LÍDER (ES) DO GRUPO

RAYMUNDO BAPTISTA;
ROBERTO CID FERNANDES JUNIOR

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Estrelas variáveis e pulsantes;
Instrumentação astronômica;
Populações estelares em galáxias

INSTITUIÇÃO

UFSC

ENDEREÇO

Departamento de Física, Campus
Universitário – Trindade
CEP: 88040-900 – Florianópolis, SC
Tel: (48) 3721-9069

NOME DO GRUPO

FORMAÇÃO ESTELAR E
ATIVIDADE NUCLEAR EM NÚCLEOS
ATIVOS DE GALÁXIA E GALÁXIAS
PECULIARES

LÍDER (ES) DO GRUPO

ALBERTO RODRIGUEZ ARDILA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
ASTRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Atividade nuclear em galáxias

INSTITUIÇÃO

LNA

ENDEREÇO

R. dos Estados Unidos, 154
Bairro das Nações
CEP: 37504-364 – Itajubá, MG
Tel: (35) 3629-8119

Artigos



Ensaaios

POR QUE É NECESSÁRIO REGULAMENTAR A PUBLICIDADE DE ALIMENTOS

*Carlos Augusto Monteiro e
Inês Rugani Ribeiro de Castro*

Especialistas em saúde e nutrição admitem que o rápido crescimento mundial do consumo de alimentos processados, amparado em sofisticadas estratégias de marketing desenvolvidas pelas indústrias multinacionais que controlam o setor, é uma das causas importantes da epidemia global de obesidade, diabetes e outras doenças crônicas que, na atualidade, não poupa sequer crianças e adolescentes (1). Em resposta a esse reconhecimento, vários países têm adotado, ou estudam adotar, medidas legais para limitar a publicidade de alimentos, seja proibindo a propaganda de determinados produtos considerados não saudáveis, seja restringindo o horário e o local de sua veiculação, ou, ainda, proibindo inteiramente qualquer publicidade dirigida a crianças (2). Após considerar as evidências sobre a natureza, a extensão e os efeitos da publicidade de alimentos dirigida a crianças, (3) a Organização Mundial de Saúde (OMS) preparou um conjunto de recomendações para orientar os governos nacionais na regulamentação dessa atividade. As recomendações serão discutidas por todos os países ao longo deste ano e submetidas à votação em 2010 na Assembleia Mundial de Saúde.

Ainda de forma insuficiente, até mesmo as indústrias de alimentos tem se movimentado no sentido de limitar a publicidade de seus produtos. Em 2007, por exemplo, onze das maiores transnacionais do setor, incluindo Coca-Cola,

PepsiCo, Nestlé, Danone, Kellogg's, Kraft, Unilever e Burger King, comprometeram-se com a União Europeia a não fazer propaganda para crianças menores de 12 anos ["exceto quando o produto atender determinados critérios nutricionais"] e a não se engajar em comunicações comerciais com escolas primárias ["exceto para propósitos educacionais, quando solicitada pelos administradores das escolas ou com a aquiescência desses"] (4).

Embora sejam muitos os indícios de que a publicidade de alimentos processados deverá ser regulamentada em futuro próximo na maioria dos países, à semelhança do que já ocorre com produtos criados para substituir o leite materno e com bebidas alcoólicas e tabaco, ainda há aqueles que, por diferentes razões, resistem ou mesmo se opõem a essa medida, seja por temerem prejuízos financeiros, ou por discordarem de toda e qualquer regulamentação do setor privado, acreditando que mais cedo ou mais tarde o próprio mercado resolverá a questão.

Existem, também, os que se opõem à regulamentação por julgarem ainda controversa a relação entre alimentos processados e saúde, ou que são contrários porque acreditam que o problema poderia ser combatido de forma mais eficiente educando-se os consumidores. Outros, enfim, veem na restrição a alimentos processados a expressão de um preconceito contra o progresso tecnológico. Este artigo pretende aprofundar a reflexão desses argumentos de forma a mostrar o quão é imprescindível que a publicidade de alimentos se submeta a algum tipo de regulamentação.

O primeiro elemento que trazemos para a discussão se refere ao equívoco de tratar alimentos industrializados como um grupo homogêneo no que se refere à saúde humana. Alimentos cujo processamento envolve limpeza, remoção de partes não comestíveis, fracionamento, pasteurização, re-

dução de conteúdo de gordura, refrigeração, congelamento, desidratação ou procedimentos similares conservam grande parte das propriedades nutricionais do alimento original, além de aumentarem sua disponibilidade e, por vezes, sua segurança. Alimentos de alto valor nutricional como carnes, leite, cereais, leguminosas, e mesmo frutas e hortaliças são submetidos usualmente a algum processamento industrial mínimo antes de serem adquiridos e consumidos pelos indivíduos. Alimentos altamente processados como óleos vegetais, farinhas e açúcar, embora não conservem as propriedades nutricionais dos alimentos integrais que lhes deram origem, não são consumidos isoladamente pelos indivíduos. Ao contrário, são ingredientes culinários que facilitam a preparação de refeições feitas à base de alimentos integrais não processados ou minimamente processados (5).

O foco da regulamentação da publicidade de alimentos está no grupo de alimentos altamente processados que são disponibilizados prontos (ou quase prontos) para o consumo. A essa categoria de alimentos, produzidos majoritariamente por empresas transnacionais, pertencem produtos panificados, biscoitos, bolos, sorvetes, gelatinas, “barras de cereal”, doces em geral, embutidos, molhos, “macarrão instantâneo”, sopas desidratadas, batata chips e similares, refrigerantes e bebidas adoçadas em geral, entre tantos outros (5). A matéria-prima típica desses alimentos, aqui denominados ultraprocessados, são ingredientes já processados e de baixo valor nutricional – como óleos, gorduras, farinhas, amido, açúcar e sal – acrescidos de conservantes, estabilizantes, flavorizantes e corantes. Em face de sua condição de alimentos prontos, é comum que sejam consumidos isoladamente ou acompanhados de outros alimentos do mesmo grupo: por exemplo, pães e embutidos, biscoitos e refrigerantes. Outros atributos dos alimentos ultraprocessados, responsáveis por sua natureza intrinsecamente não saudável, são expostos a seguir.

Alimentos ultraprocessados tendem a apresentar concentrações de gordura, açúcar e sal excessivas e prejudiciais à saúde. Essa condição foi comprovada por recente estudo do Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec) sobre a composição nutricional de 30 alimentos industrializados amplamente consumidos pela população brasileira, particularmente por crianças e adolescentes. O estudo demonstrou que “bolinhos” e “salgadinhos” apresentavam conteúdo de açúcar, gorduras e sal que excedia em várias vezes o máximo recomendado para uma alimentação equilibrada e

saudável (1). Uma única porção de alguns desses alimentos continha quase todo o sal, açúcar ou gordura saturada que uma criança poderia consumir ao longo de todo o dia. Além disso, a composição nutricional informada pela indústria nas embalagens dos produtos nem sempre era fiel ao conteúdo. Mais ainda: sua publicidade envolvia procedimentos condenáveis e já não praticados pelas mesmas indústrias multinacionais em outros países, tais como o emprego de personagens famosos do universo infantil e a presença de “bichinhos” e outros brindes nas embalagens (6).

O conteúdo excessivo de açúcar, gorduras e sal não é a única característica nociva à saúde dos alimentos ultraprocessados. Esses alimentos tendem a apresentar também alta densidade energética (grande quantidade de calorias por volume de alimento) e escassez de fibras, características que, comprovadamente, aumentam o risco de obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares e mesmo de certos tipos de câncer (1;7). Importa notar que tanto o excesso de açúcar, gorduras e sal quanto a alta densidade energética e a falta de fibras são atributos intrínsecos dos alimentos ultraprocessados na medida em que decorrem da natureza dos seus ingredientes (produtos altamente refinados, em particular açúcar e gordura vegetal) e da necessidade de obter alimentos a um só tempo prontos para consumo e com grande prazo de validade (5).

Diante da composição nutricional tipicamente não saudável, as indústrias desses alimentos têm respondido com o lançamento de versões chamadas *light*, distantes de constituir uma solução. Além de serem mais caros, com frequência apenas mudam a natureza do problema. Por exemplo, o excesso de gordura é trocado por excesso de açúcar e vice-versa. Outras vezes, apresentam conteúdo de sódio ou de gordura inferior ao da versão original do produto, mas ainda assim excessivo. Há ainda variedades de alimentos ultraprocessados adicionadas de vitaminas e minerais, que não anulam os atributos não saudáveis desses alimentos, mas que podem induzir o consumidor a pensar que sim.

Tanto versões tradicionais quanto versões *light* dos alimentos ultraprocessados não são perecíveis (como frutas e hortaliças) e não demandam preparação ou cozimento (como grãos e carnes). Essas duas características justificam os termos *convenience foods* ou *fast-foods* usualmente empregados para denominá-los. Ocorre que a “conveniência” e a “rapidez” propiciadas por esses alimentos acabam por favorecer padrões de alimentação (substituir

refeições principais por lanches, comer fazendo outras coisas, comer sem fome) que podem comprometer a capacidade de o organismo humano “reconhecer” a ingestão de calorias e regular o balanço energético. Esse efeito adverso adicional é, novamente, intrínseco à natureza dos alimentos ultraprocessados. Porções gigantes, comuns no caso da oferta de alguns alimentos ultraprocessados, e dietas com elevada participação de “calorias líquidas”, propiciadas pelo consumo frequente de refrigerantes e bebidas adoçadas em geral, podem igualmente comprometer o balanço de energia, havendo evidências de que aumentem efetivamente o risco de obesidade (8;9).

Alimentos ultraprocessados são produtos que parecem únicos ao consumidor. Nessa medida, comportam o registro de marcas, essencial para viabilizar estratégias de marketing de largo alcance. Essa condição, aliada ao reduzido custo de matérias-primas e à possibilidade quase infinita de criação e recriação de novos produtos em escala global, explica por que os investimentos em marketing das empresas transnacionais de alimentos estão concentrados em alimentos ultraprocessados. Investimentos milionários em marketing, com procedimentos não éticos como os encontrados no estudo do Idec, ajudam a entender por que o consumo desses alimentos é, infelizmente, o que mais cresce no Brasil e, de modo geral, em todo o mundo.

MARKETING PARA BAIXA RENDA Uma estratégia de marketing recente, adotada com grande sucesso por transnacionais de alimentos, envolve o desenvolvimento de ultraprocessados especialmente destinados a consumidores de baixa renda de países emergentes, ou *popularly positioned products*, na linguagem da empresa líder do setor. Essa estratégia inclui a fortificação com vitaminas e minerais de produtos como biscoitos, macarrão instantâneo, sopas desidratadas e bebidas lácteas, a comercialização desses alimentos em “embalagens econômicas” (por exemplo, pacotes de biscoitos com três ou quatro unidades), a criação de novos canais de comercialização (como a venda porta a porta ou em centros comunitários) e a utilização de vendedores recrutados na própria comunidade (10).

O crescimento mundial da produção e consumo de alimentos ultraprocessados tem gerado impactos desfavoráveis em dois outros âmbitos cruciais para as sociedades humanas: o ambiente físico e a cultura. No primeiro caso, em função de que os métodos envolvidos na produção,

embalagem, armazenamento e transporte desses produtos implicam consumo de energia e de água, geração de poluentes e impacto sobre o aquecimento do planeta muito maiores do que os observados com os alimentos tradicionais. No segundo caso, devido à homogeneização dos repertórios alimentares, ao abandono de rituais no preparo e partilha de refeições e à desvalorização do comer e do cozinhar como práticas sociais carregadas de simbolismo, significado, história e identidade coletiva. Obras recentes examinam em detalhe os efeitos que a globalização da alimentação tem exercido sobre o ambiente (11) e sobre as culturas alimentares tradicionais (12).

O crescimento do setor de alimentos industrializados prontos para consumo é amplamente confirmado no Brasil pelas pesquisas de orçamento familiar do IBGE. Estudo que comparou pesquisas realizadas em 1995/6 e 2002/3 indica aumentos de 100 a 200% na participação de produtos como biscoitos, embutidos e refrigerantes e redução sistemática na fatia correspondente a alimentos tradicionais como feijão, arroz, leite, frutas e verduras (13). Entretanto, a participação de alimentos ultraprocessados na dieta brasileira ainda é muito inferior à encontrada em países desenvolvidos e mesmo em outros países em desenvolvimento, onde a cultura alimentar *fast-food* já predomina amplamente sobre a cultura alimentar tradicional. Isso evidencia o potencial de expansão que a indústria de alimentos tem no Brasil, ao mesmo tempo em que aponta para a necessidade e a urgência da intervenção pública.

A experiência internacional mostra que apenas informar as pessoas não é suficiente para frear o crescimento da cultura alimentar *fast-food*. Essa estratégia se mostrou totalmente ineficaz nos países desenvolvidos. Claro que a ação pública tampouco deve se restringir a limitar a publicidade dos alimentos não saudáveis. Opções alimentares saudáveis precisam ser simultaneamente incentivadas, apoiadas e protegidas.

Campanhas públicas que forneçam informações corretas sobre alimentação e saúde e que esclareçam os vínculos existentes entre opções alimentares, ambiente e cultura certamente incentivarão os indivíduos a dar preferência a alimentos frescos ou minimamente processados. Entretanto, a concretização dessa preferência ocorrerá de forma maciça apenas se a opção por esses alimentos for apoiada e protegida. O apoio a opções saudáveis de alimentação dependerá essencialmente de políticas fiscais e de abastecimento que aumentem o acesso da população a alimentos frescos ou

minimamente processados. Embora não sejam as únicas alternativas para a proteção de opções saudáveis de alimentação, leis e regulamentações que diminuem a exposição da população ao marketing de alimentos industrializados prontos para consumo são imprescindíveis.

Desde novembro de 2006, o Brasil dispõe de um excelente instrumento regulatório que limitaria eficazmente a publicidade de alimentos não saudáveis. Esse instrumento, elaborado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), entre outras providências, proíbe qualquer publicidade no meio escolar de produtos alimentícios com alto teor de açúcar, sal ou gorduras não saudáveis, interdita o uso de personagens infantis e a distribuição de brindes, restringe ao horário noturno a exibição de peças publicitárias daqueles produtos no rádio e na televisão e obriga o uso de frases de advertência como já ocorre com a propaganda de medicamentos(14).

RESTRIÇÃO APROVADA Durante consulta pública, promovida pela Anvisa entre novembro de 2006 e março de 2007, o instrumento de regulamentação recebeu apoio e sugestões de aperfeiçoamento de sociedades científicas, de associações profissionais, de organizações de consumidores e da sociedade civil em geral, mas foi duramente criticado por representantes da indústria de alimentos e do setor de empresas de publicidade, sob o argumento principal de que feria a liberdade de expressão comercial dos anunciantes. Em 20 de agosto último, a Anvisa promoveu a audiência pública final necessária para a aprovação do texto legal que passou a regulamentar a publicidade de alimentos no Brasil. Houve, novamente, apoio maciço da sociedade civil e oposição ferrenha dos representantes da indústria de alimentos e do setor de empresas de publicidade. Cinco dias após, as filiais brasileiras das maiores transnacionais do setor de alimentos prontos para consumo decidiram estender para o Brasil o compromisso de redução de publicidade dirigida a crianças que assumiram com os países europeus em 2007. Compromissos já tímidos na Europa, foram ainda mais enfraquecidos no Brasil: a restrição da publicidade só valerá para “inserções publicitárias em televisão, rádio, mídia impressa ou internet que tenham 50% ou mais de audiência constituída por crianças de menos de 12 anos” e a não realização de promoções comerciais em escolas, a exemplo das inserções publicitárias, só valerá para produtos que atendam critérios que “serão adotados específica e individualmente pelas em-

presas signatárias”. No Brasil, os compromissos envolvem ainda a inserção no “material publicitário e promocional” das empresas de mensagens que estimulem “a adoção de alimentação balanceada e/ou a realização de atividades físicas”, estratégia de marketing usada há bastante tempo pelas indústrias na tentativa de associar sua marca e seus produtos com saúde e bem-estar.

Carlos Augusto Monteiro é professor titular do Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da USP e membro da Academia Brasileira de Ciências e Inês Rugani Ribeiro de Castro é professora adjunta do Instituto de Nutrição da Uerj e coordenadora do GT Alimentação e Nutrição da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva.

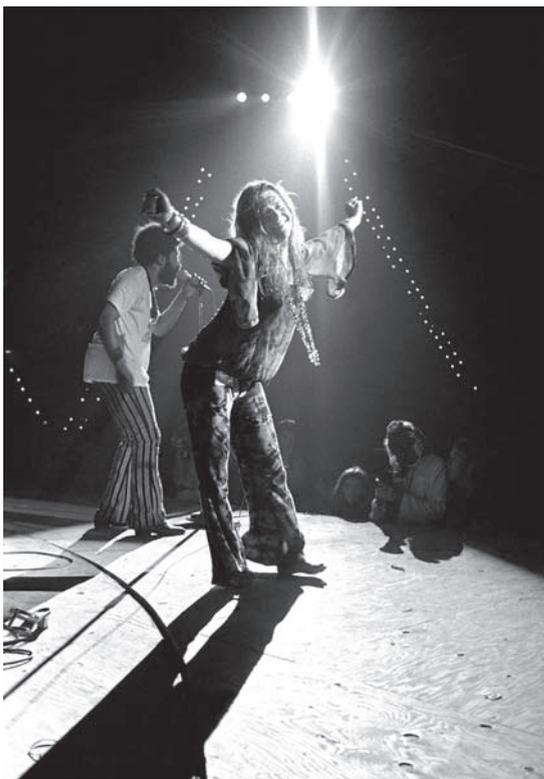
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. [WHO Technical Report Series 916]. Geneva: WHO, 2003.
2. Hawkes C. *Marketing food to children: changes in the global regulatory environment 2004-2006*. Geneva: WHO, 2007. Disponível em www.who.int/dietphysicalactivity/regulatory_environment_CHawkes07.pdf (acesso em 19/08/2009).
3. World Health Organization. *Marketing of food and non-alcoholic beverages to children: report of a WHO forum and technical meeting*, Oslo, Norway, 2-5 May 2006. Geneva: WHO, 2006. www.who.int/dietphysicalactivity/publications/Oslo%20meeting%20layout%2027%20NOVEMBER.pdf (acesso em 19/08/2009).
4. EU Pledge. Food and drink companies pledge to change advertising to children. www.eu-pledge.eu/press.php?id=1 (acesso em 19/08/2009).
5. Monteiro C.A. “Nutrition and health. The issue is not food, nor nutrients, so much as processing”. Invited Commentary. *Public Health Nutrition* 2009; 12 (5): 729-731.
6. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. “Além da conta”. *Revista do Idec*, Fevereiro 2009. p. 16-21. Disponível em www.idec.org.br/rev_idec_texto2.asp?pagina=1&ordem=1&id=962 (acesso em 19/08/2009).
7. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research (2009). *Policy and action for cancer prevention. food, nutrition, and physical activity: a global perspective*. Washington, DC: AICR.
8. Kelly, M.T. e outros. “Associations between the portion sizes of food groups consumed and measures of adiposity in the British National Diet and Nutrition Survey”. *British Journal of Nutrition* 2009; 101: 1413-1420.
9. Ludwig, D.S., Peterson, K.E., Gortmaker, S.L.. “Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a prospective, observation analysis”. *Lancet* 2001; 357: 505-508.
10. Nestlé S.A. *Creating Shared Value Report 2008*, pp 60-69. Disponível em www.nestle.com/Resource.axd?id=10E71FF5-1D5C-461E-8199-5B6B6386A3CE.
11. Roberts, P. *O fim dos alimentos*. São Paulo, Editora Campus/Elsevier, 2008.
12. Contreras Hernández, J., Gracia Arnáiz, M. *Alimentación y cultura: perspectivas antropológicas*. Barcelona: Editora Ariel, 2005.
13. Levy-Costa, R.B. e outros. “Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003)”. *Revista de Saúde Pública* 2005; 39: 530-40.
14. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consulta Pública nº 71, de 10 de novembro de 2006. D.O.U. de 13/11/2006. www4.anvisa.gov.br/base/visado/cp/CP%5B16556-1-0%5D.PDF (acesso em 19/08/2009).

WOODSTOCK

40 ANOS DO FESTIVAL QUE MARCOU A MÚSICA E AS GERAÇÕES

Eles não queriam causar grande sensação, preferiam morrer antes de ficarem velhos. De cabelos compridos e vestindo calças jeans, eles ouviam rock e a música, mais do que entretenimento, era um instrumento de contestação, de mudança social e política. E mudou. Uma das principais manifestações desse movimento aconteceu no Woodstock Music & Art Fair ou, simplesmente Festival de Woodstock, que aconteceu há 40 anos, no verão de 1969, na pequena e até então desconhecida cidade de Bethel, estado de Nova York. Era para ser um encontro para afirmar a cultura hippie, celebrar a paz e o amor e protestar contra a Guerra do Vietnã (1959-1975), mas se tornou um dos marcos culturais do século XX. Realizado com boa dose de improviso, inclusive no nome, o plano era que o encontro ocorresse na cidade de Woodstock, que durasse só três dias, que não chovesse torrencialmente, que os músicos seguissem o programa estabelecido, ao invés de tocarem noite adentro, mas apesar disso, ou por causa disso, o festival causou, sim, muita sensação. Para Emiliano Ravello, sociólogo e pesquisador da Universidade de Brasília, o festival representou um



Woodstock poderia ter gerado lucro, mas o público transformou o festival e a cultura

marco cultural e simbólico para as gerações posteriores. Revolucionou não somente a forma do artista cantar e compor, sua performance no palco, mas também os hábitos culturais da sociedade norte-americana. Woodstock deve ser compreendido dentro de um contexto histórico específico em que os Estados Unidos se defrontavam com a segregação social e racial, com a revolução feminista e com uma guerra para a qual milhares de seus jovens iam, para não mais voltar. “O festival é a base de um processo sociocultural que se desenrola por anos nessa sociedade de maneira conflituosa e se materializa ou tem seu desfecho metaforicamente na presença de um público ávido por mudanças estruturais”, diz ele. “O rock’n roll adquire um grau de legi-

timidade que acaba por catalisar os ideais da contracultura, por meio de uma mensagem musical engajada e contestatória”, continua.

INDÚSTRIA CULTURAL Nos anos 1960, mais do que música, o rock era uma atitude, um modo de ver o mundo. Na década seguinte, no entanto, na euforia de vendas da indústria fonográfica, o rock foi, pouco a pouco, tornando-se mais produto comercializável do que mensagem ideológica de protesto. “Pode-se dizer que a indústria cultural obliterou, em certos aspectos, os ritmos ideológicos que embalavam o movimento rock’n roll, caracterizado pelo protesto e pela crítica à cultura, substituindo-os por novos elementos como, por exemplo, a fragmentação dos estilos (rock progressivo,

Fotos: Divulgação



heavy metal, new wave), para serem explorados comercialmente”, afirma Rivello. Os anos 1980 assistiram a definitiva conversão do rock à cena da indústria cultural. “Isso não significa que, vez por outra, os próprios jovens consumidores não façam uso criativo e inesperado do pop-rock ofertado pela indústria cultural, ou mesmo que criem circuitos alternativos de música independente como as tendências do punk e do heavy metal”, acredita Luís Antonio Groppo, professor do Centro Universitário Salesiano de São Paulo e pesquisador de movimentos estudantis.

NOVAS CONQUISTAS Para ele a cultura hip-hop, no qual se inclui o rap, tem suas origens ligada à autenticidade perdida pelo rock, como expressão de jovens negros urbanos: seus problemas, seus desejos, suas críticas sociopolíticas. “Parte da cena hip-hop, hoje, tem algo dessa autenticidade; parte importante, entretanto, em especial aquela levada adiante pelos principais setores da indústria cultural, trocaram a politização pela ode ao consumo, as imagens de denúncia pelas imagens sensuais. Não consigo entrever, no momento, alguma tendência de música juvenil, com maior expressão, com elementos contestadores e revolucionários; mesmo que haja, entretanto, só iremos conhecê-la, provavelmente, quando ele se tornar grande por demais, e não puder ser ignorado pelo que pensa e faz a indústria cultural. Conhecemos e pensamos o que passa pela indústria cultural, e hoje por lá não passa aquele tipo de contestação e revolu-

ção que um dia Woodstock anunciou e vendeu”, afirma Groppo.

“Penso que a geração de 1960 lutou por seus ideais com base na matriz cultural daquela época. A geração de hoje se defronta com outra realidade”, aponta Emiliano Rivello. Para ele, no contexto atual, a juventude não tem como propósito a luta por direitos. No entanto, alguns locais, momentos e bandas podem propiciar a interiorização de valores e sentimentos políticos. “Em grandes espetáculos musicais como os do U2 ou da Madonna, o bom senso é aproveitar porque, como diria um dos grandes críticos da indústria cultural, o filósofo frankfurtiano Theodor Adorno: ‘A música não deve olhar a sociedade com um horror desesperado’”, finaliza.

OUTROS VALORES O Festival de Woodstock foi reeditado em 1994 e em 1999, porém sem a repercussão da primeira edição, em 1969. O motivo disso é que a matriz cultural que estru-

turava o movimento hippie, o punk ou o rock’n roll havia se modificado. Na verdade a percepção sociocultural da sociedade norte-americana seria composta por novos ideais. “É a cultura que estrutura a sociedade, e não o contrário”, pontua Rivello. “Não se pode transpor acontecimentos culturais, políticos ou religiosos de uma época específica para outra”, diz. Um exemplo, segundo ele, seria a música de Geraldo Vandré, *Para não dizer que não falei das flores*, vista como canção engajada nos anos da ditadura e hoje esquecida pela indústria do disco e pelo público. “No caso das versões posteriores de Woodstock, os elementos fundantes do festival original ganharam uma nova interpretação: a guerra é vista hoje como parte de uma política expansionista necessária e benéfica; as mulheres ocupam cargos de prestígio; os conflitos raciais encontram terreno específico para debate”, conclui.

Patrícia Mariuzzo

INDÚSTRIA CULTURAL FICOU DE FORA DE WOODSTOCK

Woodstock surpreendeu porque esperava reunir bem menos pessoas. Foram vendidos cerca de 180 mil ingressos, mas diante do intenso fluxo de pessoas chegando à fazenda onde o evento estava acontecendo, os organizadores decidiram torná-lo gratuito. A multidão fez sua própria música, experimentou sexo, drogas, compartilhou comida, convivendo por três dias com sujeira, lama e falta de estrutura. “Woodstock foi pensado como um evento lucrativo. Era a irresistível comunhão entre pop-rock e a indústria cultural. Mas a multidão, em sua criatividade e ilusões, fez parecer que 1969 era o ano zero de uma nova civilização”, conta Luís Antonio Groppo. “Transformado em filme, o festival recuperou facilmente os lucros perdidos com a derrubada das cercas. A indústria cultural não deixou de vencer e absorver, pouco a pouco, a criatividade juvenil expressa na música pop-rock do final dos anos 1970”, finaliza.



Asterix, Obelix e o cão Ideafix: criações inspiradas na identidade nacional francesa

HQs

QUADRINHOS ENTRARAM NA ESCOLA

Há 50 anos, um repórter policial da *Folha da Manhã* se aventurou a mostrar algumas tirinhas que havia criado, com um cão e seu dono como personagens, e o jornal topou publicá-las. Bidu e Franjinha inauguravam ali a bem sucedida carreira do desenhista brasileiro Maurício de Souza. Naquele mesmo ano de 1959, outros personagens com seu cãozinho de estimação nasciam na França, sob a pena do ilustrador Albert Uderzo e do escritor René Goscinny, para ganhar o mundo: Asterix, o gaulês, seu amigo Obelix e o pequenino Ideafix. Além da data de criação, o que mais haveria em

comum entre Asterix e a obra do criador da Turma da Mônica? Embora tenham trajetórias distintas, já que os personagens de Maurício saíram das tiras de jornais para as revistas apenas uma década depois, a Turma da Mônica teve milhões de exemplares vendidos e suas histórias foram traduzidas em diversos países, a exemplo do que aconteceu com as aventuras de Asterix. Ambas as criações, cada uma a seu modo, devem seu sucesso inicial a um trabalho de construção de uma identidade nacional. A Gália invadida pelo Império Romano, que enfrenta a resistência da pequena aldeia de Asterix e seus amigos nas histórias de Uderzo e Goscinny, corresponde ao atual território da França. O contato entre vencedores e vencidos representa a formação da cultura francesa. Já no Brasil, os personagens de Maurício surgiram como uma alternativa aos já consagrados da Disney, como Mickey e Tio Patinhas, que encarnam o *american way of life*. São crianças bem brasileiras que povoam as histórias da Turma da Mônica, e com as quais o público infantil daqui facilmente se identificou.

O sucesso das criações brasileira e francesa seguiu o caminho que a Disney trilhou na indústria do entretenimento, ganhando as telas dos cinemas e se reproduzindo em jogos, brinquedos e parques temáticos. As semelhanças poderiam parar por aí, já que o formato das aventuras de Asterix é mais sofisticado e o preço é bem maior, ficando limitadas a 33 títulos, mesmo Uderzo tendo dado

continuidade ao trabalho após a morte de Goscinny. Mas tanto as histórias dos gaulêses quanto as da Turma da Mônica têm sido usadas como um recurso a mais em salas de aula brasileiras, e estudos recentes analisam o potencial de ambas no ensino de história nas escolas.

VALORIZAÇÃO Selma de Fátima Bonifácio, que pesquisou o tema na Faculdade de Educação da Universidade Federal do Paraná, observa que ainda há desconfiança em relação ao uso didático de histórias em quadrinhos (HQs), vistas até a primeira metade do século XX como um produto cultural inferior. Na década de 1960, porém, o interesse de intelectuais como Federico Fellini, Umberto Eco e Edgar Morin pelas HQs lançou um novo olhar sobre elas. “Hoje têm recebido um pouco mais de atenção, sendo objetos de análise e estudo em pesquisas acadêmicas e também no espaço escolar”, afirma. No Brasil, embora se tenha tentado já nos anos 1940 e 1950 inserir as HQs à cultura de elite tradicionalmente ensinada nas escolas, com as versões em quadrinhos de clássicos das literaturas universal – como *Orçunda de Notre Dame*, de Vitor Hugo – e brasileira – como *O guarani*, de José de Alencar –, é também na década de 1960 que os quadrinhos começam a entrar nos livros didáticos brasileiros, na inovadora obra do professor de história Julierme de Abreu e Castro. E nos anos 1980, surgem em periódicos brasileiros estudos sobre o uso de HQs como *Asterix* em aulas de história. “Apesar de focar a Antiguidade, em determinados momentos ocorrem



Quadrinhos são utilizados dentro da sala de aula como ferramentas para o ensino da história

fusões cronológicas, como no álbum *Asterix e os normandos*, uma ponte entre história antiga e medieval”, diz o historiador Johnni Langer, da Universidade Federal do Maranhão, outro incentivador da potencialidade das HQs no ensino. “Os estereótipos e anacronismos podem tanto ser trabalhados com alunos da 5ª série do fundamental quanto do ensino médio, especialmente os vinculados ao comportamento da figura do outro (romanos, escandinavos) em relação aos gauleses (franceses modernos)”, explica. “O mais importante é fazer com que os alunos percebam a importância de refletir o que veem e,

a partir disto, poder criar um entendimento sobre a história e suas possíveis reinterpretações. Não importa a faixa etária do estudante ou o nível de escolaridade. O que importa é o mecanismo de reflexão, tanto para o ensino fundamental quanto o médio”, explica.

Tanto Langer quanto Selma defendem a combinação do uso de HQs com outras fontes no ensino de história, o que não exclui uma visão crítica sobre elas. “Por serem veículos portadores de mensagens, representações e concepções de mundo, os quadinhos possuem inúmeras possibilidades

de articulação política e ideológica. Ao abordarem temas como cidadania, política e outros valores sociais, as histórias transmitem mensagens, que podem se aproximar do público leitor, na medida em que seus personagens, inseridos em determinados contextos, assumem posturas, defendem princípios, criticam sistemas”, avalia Selma.

Em seu estudo, ela analisou, entre outras obras, a coleção *Você sabia?*, lançada por Maurício de Souza a partir de 2003, e dividida em fascículos dedicados a temas da história do Brasil, como o descobrimento, a independência, a abolição dos escravos

e a proclamação da República. Neles, os personagens de Maurício assumem os papéis de D. João VI, D. Pedro e Carlota Joaquina, ente outros. Selma observa as referências clássicas retomadas por Maurício em alguns fascículos e que poderiam ser usadas junto com as HQs nas aulas de história. “Ao lerem a obra quadrinizada de *O descobrimento do Brasil*, crianças e adolescentes passam a tomar contato com fontes escritas, como a Carta de Caminha, e iconográficas, como o quadro clássico de Victor Meirelles retratando a 1ª Missa no Brasil. Elas são didatizadas e transformadas para a linguagem dos quadinhos, dentro da perspectiva e do estilo consagrado do quadrinista”, aponta.

Selma acrescenta, no entanto, que certas simplificações decorrentes da brevidade das narrativas em HQs devem ser consideradas pelo professor que usá-las como um suporte a mais no ensino. Ela dá como exemplo o fascículo de Maurício sobre a Abolição, que resume à assinatura da princesa Isabel o episódio da conquista da liberdade pelos escravos. Selma e Langer, contudo, concordam que é possível trabalhar com as HQs como algo muito além do mero entretenimento. “O professor não pode utilizar a HQ apenas como uma ilustração ou reforço para o conteúdo desenvolvido nas aulas, mas sim enfatizar a mesma como um instrumento de reflexão”, afirma Langer. “Ela não é simplesmente uma obra de diversão ou passatempo, mas um produto social e histórico, portanto, com ideias e valores sobre o passado”, conclui o historiador.

Rodrigo Cunha

PATRIMÔNIO CULTURAL

GUIAS HISTÓRICO—TURÍSTICOS BUSCAM IDENTIDADE E ATRATIVOS NACIONAIS

A criação de um guia histórico-cultural deveria ser a primeira ação de instituições públicas interessadas na promoção e difusão de seu patrimônio. Eles cumprem um papel importante não apenas para o incremento do turismo em determinada região ou país, mas, principalmente, na formação da identidade de sua população. “É uma forma de seus moradores conhecerem a própria história, dos bens culturais que marcam o seu passado, e definem suas origens”, considera a pesquisadora italiana Anna Cipparonne, responsável pelo guia histórico-artístico da região de Cosenza, na Calabria.

“Um povo que bem se conhece e ama a sua história é um povo que consegue se propor aos outros”. Anna acrescenta que embora sua cidade tenha rico patrimônio histórico como a maioria das cidades italianas, Cosenza não dispunha até 2008 de um guia desse tipo, com base em apurada pesquisa científica, mas numa linguagem acessível a todos. “Nem para os cosentinos nem para os turistas”.

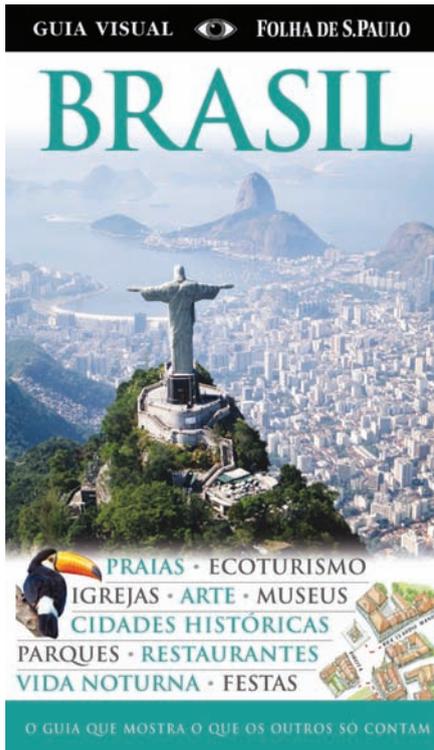
No Brasil, esse tipo de publicação começa a ficar mais frequente. “Não existe uma definição acadêmica para um guia turístico-histórico-cultural. Por pressuposto, ele deve oferecer informações sobre um determinado local, ressaltando características predominantes sob o aspecto da cultura e da história, eventualmente ilustran-

do com paisagens, informações sobre tradições locais, opções de compras e gastronomia”, afirma Caio Luiz de Carvalho, presidente da SP Turismo S/A, empresa de turismo e eventos da prefeitura de São Paulo. Segundo ele, existem boas publicações de guias histórico-culturais no país, entretanto, destaca Carvalho, existem diferenças entre o turismo brasileiro e o da Europa, mais pautado na vocação histórico-cultural. “O turismo no Brasil tem um perfil histórico rico, principalmente nas cidades do interior, mas que acaba ficando concentrado na combinação ‘sol e praia’ do Nordeste, Rio de Janeiro e Sul, além do turismo de negócios e grandes eventos culturais que acontecem em São Paulo”, diz ele.

Para José Newton Coelho Meneses, do Departamento de História da Universidade Federal de Minas Gerais, guias histórico-culturais também devem dar subsídios para a interpretação do atrativo histórico-cultural. “Deveriam ser textos problematizadores das questões ou eventos a serem visitados/conhecidos, mas raramente perseguem esse objetivo”, explica ele, que também é autor do livro *História e turismo cultural* (2004). Meneses considera que na Europa há guias em profusão porque eles são motivados pela demanda diferenciada, pela excelente estrutura da atividade turística

TURISMO SOB PNEUS

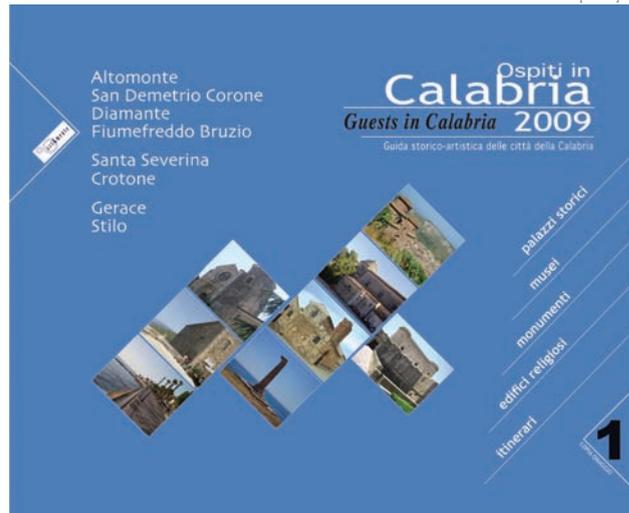
O Guia Michelin foi criado pelos irmãos Edouard e André Michelin, fundadores da Compagnie Générale des Établissements Michelin, fabricante de pneus. O objetivo dos industriais era facilitar a mobilidade dos motoristas e, com isso, vender mais pneus. Era distribuído gratuitamente nas oficinas e revendedoras de pneus. No prefácio do primeiro volume lia-se: “este guia terá uma edição a cada ano e fornecerá ao motorista as informações úteis para abastecer e consertar seu carro, também deve lhe permitir encontrar hospedagem e alimentar-se”. Na Segunda Guerra Mundial os soldados norte-americanos que desembarcaram na Normandia utilizaram o Guia para facilitar seu avanço no território francês após a libertação de Paris. Com a popularização dos pequenos livros, a publicação ultrapassa as fronteiras francesas e abre caminho para uma nova coleção de guias em outros países. A preocupação em fornecer um bom guia de restaurantes deu origem aos guias gastronômicos Michelin e suas famosas e temidas estrelas da boa mesa. Elas são o sonho (e o pesadelo) de todo chef que se preze. O Guia Michelin França 2009, em sua centésima edição e publicado em francês e inglês, contém 26 restaurantes três estrelas, 73 duas estrelas, 449 uma estrela e ainda 527 Bib gourmants, uma menção especial para estabelecimentos com uma excelente relação qualidade-preço.



Guias turísticos são acessório de consulta ao longo das viagens, enquanto a internet é principal fonte de informação no momento da escolha dos destinos

ca e pelo interesse dos governos em promover o turismo como fator de desenvolvimento sustentável. Para Meneses, o principal objetivo desse perfil de publicação turístico-histórica é estimular a interpretação criativa de quem vê e nesse sentido incentivar o turismo e a preservação dos locais visitados. “Pasteurizar a interpretação é empobrecê-la. Por isso, [os guias] deveriam ser produzidos por profissionais de diferentes formações, com capacidade de promover o interesse e a crítica interpretativa”, conclui.

EQUIPE MULTIDISCIPLINAR Há no Brasil, iniciativas privadas, como o *Guia Quatro Rodas Brasil*, com tiragem de 250 mil exemplares e criado em



1966, que possui equipe interdisciplinar para a etapa de elaboração, embora a edição fique por conta de jornalistas e comunicadores. Mas também existem publicações que resultam da iniciativa de instituições públicas, ligadas aos poderes locais ou regionais como secretarias de cultura, turismo, como a São Paulo Turismo (SPTuris). A empresa tem como meta promover a capital paulistana com foco no turismo urbano e na cultura. Para isso disponibiliza em seu site na internet uma série de guias informativos em três idiomas (português, inglês e espanhol). “Um resultado interessante desse trabalho foi a menção de São Paulo como um dos principais destinos turísticos urbanos para 2009 no guia *Lonely Planet’s Best Travel*, referência para viajantes do mundo todo. O argumento para esse mérito foi a variedade de experiências culturais e históricas que a cidade oferece”, conta o presidente Caio Carvalho. Prova que os guias impressos têm vida longa é que, apenas neste ano, a Editora Abril vai lançar 58 novos títulos para viajantes.

Fotos: Reprodução

Na mesma trilha comercial também está a Publifolha, do Grupo Folha. Os primeiros guias foram lançados em 1995, com os títulos Londres, Nova York, Paris e Roma. Segundo a editora responsável, Luciana Maia, os roteiros são selecionados de acordo com a importância das atrações históricas ou culturais de deter-

minado destino, o que coincide com a popularidade das atrações. “Mas alguns guias contemplam o contrário: os destinos menos conhecidos”, diz ela.

CONCORRÊNCIA COM A INTERNET O número de guias turísticos, históricos e culturais tem crescido, mas a disseminação dessa informação qualificada é bem incipiente no país e já sofre com o avanço da internet, fonte de informações turísticas preferida por 69% dos entrevistados, segundo pesquisa recente do Ministério do Turismo. Luciana, da Publifolha, não vê na internet um concorrente direto para os guias impressos. “A busca de informações na internet tem caráter de pesquisa e, especialmente, para resolver questões práticas, pois muita gente agenda voos e hotéis por esse meio. A maioria dos turistas se sente mais confortável com o guia na mão, pois a informação capturada na internet é muito fragmentada. Já com o guia é diferente. Está tudo ali, reunido e organizado de forma a facilitar, ao máximo, a viagem”, conclui.

Patrícia Mariuzzo



Região do sul da África - print screen de Ana Peluso - Google Earth 2007

ANA PELUSO

A ALDEIA DE IO_U

A imagem acima é a vista aérea virtual da aldeia de io_u. Disse-se de sua ocupação por elementos do meio-oeste alfabético, e do aumento incontrolável de parte de seu território:

A aldeia de io_u só não é próspera por não ter sido colonizada pelo alfabeto inteiro. Mas isso não impede o crescimento ilícito de parte dela. Basta ver a desproporção da região i em relação às regiões o e u. Com isso, alguns elementos do sul de u migraram para o centro de o (o que sequer era cogitado no projeto inicial) numa tentativa – nitidamente desastrosa – de equiparação de territórios.

P R O S A

Não há provas, mas resistentes afirmam que a região i recebeu ajuda não oficial de algumas facções do alfabeto, como do l, e do j disfarçado. E de dois expoentes numéricos. O 1 e o 7.

Há quem acredite que todo expoente numérico participa do aumento ilícito de i, “Afinal, é muito fácil camuflar os números, se grafados de forma digital”, afirma um elemento que mora no centro de i, e que prefere não ser identificado.

Outro, por sua vez, acusa não apenas o expoente numérico, mas o alfabeto inteiro de auxiliar a expansão ilícita de i. “Qualquer letra, grafada de forma digital, pode estar camuflada ali, e encontrando-se sobrepostas, que é o que eu acredito que aconteça, jamais provaremos suas participações clandestinas no aumento do tamanho de i.”

O alto comissariado de io_u, contudo, descarta essas possibilidades, com base na alegação de ‘ilegitimidade do uso corporativo’. “Não faria o menor sentido io_u não receber ajuda de todo o alfabeto durante a sua colonização, para agora sofrer inflação na região i com infiltrações não oficiais. Mesmo do expoente numérico. Essas afirmações são ridículas”, finalizou o representante chefe do centro do comissariado.

A base de dados de io_u demonstra relatórios de chuvas crescentes na região, o que leva alguns cientistas a pensarem na possibilidade de inflação holográfica, que teria por base a refração da luz causada pelo excesso de água na região.

Grosso modo, significaria que a expansão de i em relação a o e u, não passaria de uma ilusão de ótica.

P O E S I A

EDNER MORELLI

ROTA SÉC. XXI

p
a
r
a
c á
p
a
r
a
l á
p
a
r
a
l á
p
a
r
a
c á
a
v
i
d
a
s
e e
g u

Edner Morelli, 1978, é mestre em literatura e crítica literária pela PUC-SP, poeta, compositor, professor de literatura, natural de São Paulo, capital. Estreou em poesia com a publicação de Latência em 2002, pela Editora A-temporal.

DESAPARECIDOS



Ísis Dias de Oliveira



Hiran de Lima Pereira



Rubens Beirodt Paiva



Ana Rosa Kucinski Silva



Honestino Monteiro Guimarães



José Maria Ferreira de Araújo



Ruy Frazão Soares



Lúcia Maria de Souza



Marco Antônio Dias Baptista



Luis Ignácio Maranhão Filho



Walter de Souza Ribeiro



Helenira Resende de Souza Nazareth



Francisco das Chagas



Eduardo Collier Filho



Virgílio Gomes da Silva



Jana Moroni Barroso



Orlando da Silva Rosa Bonfim Junior

São mais de 140 desaparecidos políticos no Brasil durante a ditadura que você pode ajudar a encontrar.

COMO VOCÊ SE SENTIRIA SE NÃO TIVESSE O DIREITO DE ENTERRAR UM FILHO?

Essa é a dor de mais de 140 famílias de desaparecidos políticos que, mesmo depois do Brasil conquistar a democracia plena, ainda não conseguiram enterrar seus mortos. Encontrar esses corpos não é só respeitar o direito sagrado de seus familiares, é também uma forma do Brasil impedir que erros do passado se repitam no futuro.

Para que não se esqueça. Para que nunca mais aconteça.



Se você tem informações ou documentos sobre o período de 1964 a 1985, acesse www.memoriasreveladas.gov.br. O sigilo de sua identidade é garantido.



Realização



Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Produção Editorial



Apoio

