

# Astronomia no dia-a-dia

Por Marissa Rosenberg, Pedro Russo (EU-UNAWA, Observatório Leiden/Universidade de Leiden, Holanda), Georgia Bladon, Lars Lindberg Christensen (ESO, Alemanha)

[Introdução](#)

[Transferência de tecnologia](#)

[Da astronomia à indústria](#)

[Da astronomia ao setor aeroespacial](#)

[Da astronomia ao setor da energia](#)

[Astronomia e medicina](#)

[Astronomia no dia-a-dia](#)

[Astronomia e colaboração internacional](#)

[Resumo](#)

[Referências](#)

## Introdução

Ao longo da História, os humanos olharam para o céu para navegar pelos vastos oceanos, para decidir quando plantar as suas colheitas e também para responder a perguntas como de onde viemos e como chegamos aqui. A Astronomia abre os nossos olhos, dá contexto ao nosso lugar no Universo e muda a forma como vemos o mundo. Quando Copérnico afirmou que a Terra não era o centro do Universo, desencadeou uma revolução. Uma revolução através da qual a Religião, a Ciência e a Sociedade tiveram que se adaptar a essa nova visão do mundo.

A Astronomia sempre teve um impacto significativo na nossa visão do mundo. As culturas antigas identificaram os objetos celestes a deuses e consideraram os seus movimentos pelo céu como profecias do que estava por vir. Atualmente chamaríamos isso de Astrologia, muito fora dos fenômenos e dos sofisticados instrumentos da Astronomia moderna, mas que ainda dá pistas de sua história. Veja, por exemplo, os nomes das constelações: Andrômeda, a donzela acorrentada da mitologia grega, ou Perseus, o semi-deus que a salvou.

À medida que a nossa compreensão do mundo avança, nós e a nossa visão de mundo encontra-se ainda mais relacionada às estrelas. A descoberta de que os elementos básicos que encontramos nas estrelas e no gás e poeira ao seu redor, são os mesmos elementos que compõem nossos corpos, aprofundou a conexão entre nós e o Cosmos. Essa conexão impacta as nossas vidas, e a admiração que inspira é talvez a razão pela qual as belas imagens que a Astronomia nos fornece são tão populares na cultura.

Mas ainda há muitas questões por responder em Astronomia. As pesquisas atuais procuram compreender questões como: "Quão antigos somos?", "Qual é o destino do

Universo?" e, possivelmente as mais interessantes: "Quão único é o Universo? Um Universo ligeiramente diferente poderia ter formado vida?". Mas a Astronomia também está quebrando novos recordes todos os dias, ao estabelecer as maiores distâncias, os objetos mais massivos, as temperaturas mais altas e as explosões mais violentas.

Perseguir essas questões é uma parte fundamental do ser humano. Contudo, no mundo de hoje, tornou-se cada vez mais importante ser capaz de justificar a busca de respostas. As dificuldades em descrever a importância da Astronomia e da pesquisa básica são bem resumidas pela seguinte citação:

"Preservar o conhecimento é fácil. Transferir o conhecimento também é fácil. Mas produzir novos conhecimentos não é fácil nem lucrativo a curto prazo. A pesquisa básica prova-se lucrativa a longo prazo e, igualmente importante, é uma força que enriquece a cultura de qualquer sociedade com razão e verdade".

- Ahmed Zewali, vencedor do Prêmio Nobel de Química (1999)

Embora vivamos num mundo que enfrenta muitos problemas imediatos como fome, pobreza, energia e aquecimento global, argumentamos que a Astronomia gera benefícios a longo prazo igualmente importantes para uma sociedade civilizada. Vários estudos (ver abaixo) mostraram que o investimento em educação científica, pesquisa e tecnologia proporciona um ótimo retorno - não só econômico, mas cultural e indireto - para a população em geral e tem ajudado países a enfrentar e superar crises. O desenvolvimento científico e tecnológico de um país ou região está intimamente ligado ao seu índice de desenvolvimento humano - uma medida de expectativa de vida, educação e renda (Truman, 1949).

Existem outros trabalhos que contribuíram para responder à pergunta: "Por que a Astronomia é importante?" Já em 1933, o Dr. Robert Aitken, diretor do Observatório Lick, mostrou que era necessário justificar a nossa ciência, no seu artigo intitulado "The Use of Astronomy (A Utilidade da Astronomia)" (Aitken, 1933). A sua última frase resume a sua opinião: "Dar ao homem cada vez mais conhecimento sobre o Universo e ajudá-lo 'a aprender a ser humildade e a conhecer a exaltação': é essa a missão da Astronomia". Recentemente, C. Renée James escreveu um artigo descrevendo os recentes avanços tecnológicos que devemos à Astronomia, tais como o GPS, a imageamento médico e a internet sem fio (Renée James, 2012). Em defesa da Radioastronomia, Dave Finley em Finley (2013) afirma: "Em suma, a Astronomia tem sido uma pedra angular do progresso tecnológico ao longo da história, tem muito a contribuir no futuro e oferece a todos os seres humanos um sentido fundamental do nosso lugar num universo imensamente vasto e excitante".

A Astronomia e disciplinas a ela relacionadas estão na vanguarda da ciência e da tecnologia, respondendo a questões fundamentais e impulsionando a inovação. É por esta razão que o plano estratégico da [União Astronômica Internacional](#) (IAU) para 2010-2020 foca-se em três áreas principais: tecnologia e competências; ciência e pesquisa; e cultura e sociedade.

Embora a pesquisa de "céus azuis", ou pesquisa sem aplicação direta, como a Astronomia, raramente contribua diretamente com resultados práticos a curto prazo, a concretização dessa investigação requer tecnologia de ponta e métodos que podem

em uma escala de tempo mais longa e através da sua aplicação mais ampla, fazer a diferença.

Uma grande variedade de exemplos - muitos dos quais estão descritos abaixo – mostram como o estudo da Astronomia contribui para a Tecnologia, a Economia e a Sociedade, ao necessitar constantemente de instrumentos, processos e softwares que estão para além das capacidades atuais.

Os frutos do desenvolvimento científico e tecnológico em Astronomia, especialmente em áreas como a Óptica e a Eletrônica, tornaram-se essenciais para o nosso dia-a-dia, como computadores pessoais, satélites de comunicação, telefones celulares, [sistemas de posicionamento global](#) (GPS), painéis solares e imageamento por ressonância magnética (MRI).

Embora o estudo da Astronomia tenha proporcionado uma riqueza de ganhos práticos, monetários e tecnológicos, talvez o aspecto mais importante e não avaliado da Astronomia seja do ponto de vista econômico. A Astronomia continua a revolucionar o nosso pensamento em uma escala mundial. No passado, a Astronomia foi usada para medir o tempo, marcar as estações e navegar pelos vastos oceanos. Como uma das mais antigas ciências, a Astronomia faz parte da história e das raízes de cada cultura. Ela inspira-nos com imagens bonitas e promete respostas às grandes questões. Funciona como uma janela para o imenso tamanho e complexidade do Espaço, colocando a Terra em perspectiva e promovendo a cidadania global e o orgulho do nosso planeta.

Vários relatórios nos EUA (National Research Council, 2010) e na Europa (Bode et al., 2008) indicam que as principais contribuições da Astronomia não são apenas as aplicações tecnológicas e médicas (transferência de tecnologia, ver abaixo), mas também o fornecimento de uma perspectiva única que estende os nossos horizontes e nos ajuda a descobrir a grandeza do Universo e o nosso lugar dentro dele. Num nível mais urgente, a Astronomia ajuda-nos a estudar como prolongar a sobrevivência de nossa espécie. Por exemplo, é fundamental estudar a influência do Sol sobre o clima da Terra e como isso afeta o tempo, os níveis de água, etc. Somente o estudo do Sol e outras estrelas pode ajudar a entender esses processos na sua totalidade. Além disso, o mapeamento do movimento de todos os objetos do nosso Sistema Solar, permite-nos prever as ameaças potenciais para o nosso planeta a partir do espaço. Tais eventos podem causar mudanças importantes no mundo, como claramente demonstrado pelo impacto do [meteorito em Chelyabinsk](#), Rússia, em 2013.

A nível pessoal, o ensino da Astronomia na juventude também é de grande valor. Verificou-se que os alunos que se envolvem em atividades educacionais relacionadas com Astronomia na escola primária ou secundária têm maior probabilidade de seguir carreiras em Ciência e Tecnologia e de se manterem atualizados em descobertas científicas (National Research Council, 1991). Isso beneficia não apenas o campo da Astronomia, mas outras áreas científicas.

A Astronomia é um das poucas áreas científicas que interagem diretamente com a sociedade. Não apenas ultrapassando fronteiras, mas promovendo ativamente colaborações em todo o mundo. No artigo seguinte, resumimos as contribuições práticas da Astronomia em diversas áreas.

# Transferência de tecnologia

## Da Astronomia à Indústria

Alguns dos exemplos mais úteis de transferência de tecnologia entre Astronomia e indústria incluem avanços na aquisição de imagem e nas comunicações. Por exemplo, um filme chamado [Kodak Technical Pan](#), que é amplamente utilizado por especialistas médicos e industriais em espectroscopia, fotógrafos industriais e artistas, e foi originalmente criado para que os astrônomos solares pudessem registrar mudanças na estrutura superficial do Sol. Além disso, o desenvolvimento do filme Technical Pan (ou Pan Técnico) – novamente devido aos requisitos dos astrônomos - foi usado por várias décadas (até ser descontinuado) para detectar culturas e florestas doentes, em odontologia e diagnóstico médico, e para examinar camadas de pinturas na identificação de falsificações (Conselho Nacional de Pesquisa, 1991).

Em 2009, Willard S. Boyle e George E. Smith receberam o [Prêmio Nobel da Física](#) pelo desenvolvimento de outro dispositivo que seria amplamente utilizado na Indústria. Os sensores para captura de imagem desenvolvidos para imagens astronômicas, conhecidos como [dispositivos acoplados por carga](#) (ou Charge Coupled Devices), os CCD, foram utilizados pela primeira vez em Astronomia em 1976. Em poucos anos, eles substituíram o filme, não apenas em telescópios, mas também em muitas câmaras pessoais, webcams e telefones celulares. A melhoria e a popularidade dos CCDs são atribuídos à decisão da NASA de usar a tecnologia CCD super sensível no [Telescópio Espacial Hubble](#) (Kiger & English, 2011).

No domínio da comunicação, a Radioastronomia forneceu inúmeras ferramentas, dispositivos e métodos de processamento de dados. Muitas empresas de comunicação bem sucedidas foram fundadas originalmente por radioastrônomos. A linguagem de programação [FORTH](#) foi originalmente criada para ser usada pelo telescópio Kitt Peak de 10,97 metros e acabou por servir de base para uma empresa altamente lucrativa ([Forth Inc.](#)). É atualmente usada pela FedEx em todo o mundo nos seus serviços de rastreamento.

Outros exemplos de transferência de tecnologia entre Astronomia e Indústria estão listados abaixo (National Research Council, 2010):

- A General Motors usa a linguagem de programação de Astronomia chamada [IDL](#) (ou Interactive Data Language) para analisar dados de acidentes de carro;
- As primeiras patentes para técnicas de detecção de radiação gravitacional – produzidas quando corpos maciços aceleram - foram adquiridas por uma empresa para ajudá-los a determinar a estabilidade gravitacional de reservatórios de petróleo subterrâneos;
- A empresa de telecomunicações [AT&T](#) usa o programa [IRAF](#) (ou Image Reduction and analysis Facility) - um conjunto de softwares escrito no [Observatório Nacional de Astronomia Óptica](#) - para analisar sistemas informáticos e gráficos de física de estado sólido;

- O astrônomo Larry Altschuler foi responsável pelo desenvolvimento da tomografia – o processo de aquisição de imagem em seções usando uma onda penetrante - em seu trabalho de reconstrução da coroa solar a partir das suas projeções (Schuler, MD 1979).

## Da Astronomia ao Setor Aeroespacial

O Setor Aeroespacial compartilha a maior parte da sua tecnologia com a Astronomia - especificamente em hardware de telescópios e de instrumentos, imageamento e técnicas de processamento de imagem.

Desde o desenvolvimento de telescópios espaciais, a aquisição de informações para defesa passou do uso de técnicas baseadas em terra para técnicas aéreas e espaciais. Os satélites de defesa são essencialmente telescópios apontados para a Terra e requerem tecnologia e hardware idênticos aos usados em Astronomia. Além disso, o processamento de imagens de satélite usa os mesmos software e processos que as imagens astronômicas.

Alguns exemplos específicos de desenvolvimentos astronômicos usados para defesa estão listados abaixo (National Research Council, 2010):

- As observações de estrelas e modelos de atmosferas estelares são usadas para diferenciar entre plumas de foguetes e objetos cósmicos. O mesmo método está sendo estudado para uso em sistemas de alerta precoce;
- As observações de distribuições estelares no céu - que são usadas para apontar e calibrar os telescópios - também são usadas na engenharia aeroespacial;
- Os astrônomos desenvolveram um contador de fótons solar-cego - um dispositivo que pode medir as partículas de luz de uma fonte, durante o dia, sem ser sobrecarregado pelas partículas provenientes do Sol. Atualmente é utilizado para detectar [fótons ultravioleta](#) (UV) provenientes da exaustão de um míssil, permitindo um sistema UV de alerta de míssil praticamente isento de falsos alarmes. A mesma tecnologia pode ser usada para detectar gases tóxicos;
- Os satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS) dependem de objetos astronômicos, como quasares e galáxias distantes, para determinar posições precisas.

## Da Astronomia ao Setor de Energia

Os métodos astronômicos podem ser usados para encontrar novos combustíveis fósseis e avaliar a possibilidade de novas fontes de energia renováveis (National Research Council, 2010):

- Duas empresas de petróleo, a [Texaco](#) e a [BP](#), usam IDL para analisar amostras de núcleos em torno de campos de petróleo, bem como na pesquisa geral sobre petróleo;
- Uma empresa australiana, chamada [Ingenero](#), criou coletores de radiação solar para aproveitar a energia do Sol para energia na Terra que possuem diâmetros de até 16 metros, o que só é possível com o uso de um material composto de grafite desenvolvido para um conjunto de telescópios em órbita;

- A tecnologia desenvolvida para imageamento em [telescópios de raios X](#) - que foram projetados de forma diferente aos telescópios ópticos - é agora usada para monitorar a [fusão de plasma](#). Se a fusão - quando dois núcleos atômicos leves se fundem para formar um núcleo mais pesado - for controlável, poderá se tornar a solução para uma energia segura e limpa.

## Astronomia e Medicina

Os astrônomos lutam constantemente para ver objetos cada vez mais fracos e mais distantes. A Medicina luta com problemas semelhantes: ver coisas obscuras dentro do corpo humano. As duas áreas requerem imagens de alta resolução, precisas e detalhadas. Talvez o exemplo mais notável de transferência de conhecimento entre estas duas áreas seja a técnica de [síntese de abertura](#), desenvolvida pelo radioastrônomo e Prêmio Nobel, Martin Ryle (Academia Real de Ciências da Suécia, 1974). Essa tecnologia é utilizada em [tomografia computadorizada](#) (TAC), [ressonância magnética](#) (RM), tomografia por emissão de pósitrons (TEP) e muitas outras ferramentas de aquisição de imagem médica.

Juntamente com essas técnicas de imageamento, a Astronomia desenvolveu muitas linguagens de programação que tornam o processamento de imagens muito mais fácil, principalmente a IDL e o IRAF. Essas linguagens são amplamente utilizadas em aplicações médicas (Shasharina, 2005).

Outro exemplo importante de como a pesquisa astronômica contribuiu para o mundo da Medicina é o desenvolvimento de áreas de trabalho limpas. A fabricação de telescópios espaciais requer um ambiente extremamente limpo para evitar poeiras ou partículas que possam obscurecer ou obstruir os espelhos ou instrumentos nos telescópios (como na missão STEREO da NASA, Gruman, 2011). Os protocolos de salas limpas, os filtros de ar e os uniformes de salas limpas (“trajes de coelho”) que foram desenvolvidos com esse propósito são agora também utilizados em hospitais e laboratórios farmacêuticos (Clark, 2012).

Algumas aplicações mais diretas de ferramentas astronômicas em Medicina estão listadas abaixo:

- Uma colaboração entre uma empresa farmacêutica e as Instalações de [Medição Automática de Placas de Cambridge](#) permite que amostras de sangue de pacientes com leucemia sejam analisadas mais rapidamente, garantindo assim mudanças mais precisas na medicação (National Research Council, 1991);
- Os radioastrônomos desenvolveram um método que agora é usado como uma maneira não-invasiva de detectar tumores. Em combinação com outros métodos tradicionais, há uma taxa de detecção de verdadeiros positivos de 96% em pacientes com câncer de mama (Barret et al., 1978);
- Pequenos sensores térmicos desenvolvidos inicialmente para controlar as temperaturas dos instrumentos dos telescópios são agora utilizados para controlar o aquecimento em unidades de neonatologia - unidades para o cuidado de recém-nascidos (National Research Council, 1991);



- Um scanner de raios-X de baixa energia desenvolvido pela NASA é atualmente usado para cirurgia ambulatorial, lesões desportivas e em clínicas de terceiro mundo. Também foi usado pela Agência norte-americana de Alimentos e Medicamentos (FDA) para verificar se determinados medicamentos foram contaminados (National Research Council, 1991);
- O software para processamento de imagens de satélite obtidas a partir do espaço está ajudando os médicos pesquisadores a estabelecer um método simples para implementar a triagem em larga escala para a doença de Alzheimer (ESA, 2013);
- Olhar através do olho cheio de fluido e constantemente em movimento de uma pessoa viva não é muito diferente de tentar observar objetos astronômicos através da atmosfera turbulenta, e uma mesma abordagem parece funcionar para ambos. A Óptica Adaptativa usada na Astronomia pode ser usada em imageamento na retina de pacientes vivos para estudar doenças como a degeneração macular e a retinite pigmentosa em seus estágios iniciais (Boston Micromachines Corporation 2010).

## Astronomia no dia-a-dia

Há muitas coisas que as pessoas encontram na vida diária que são derivadas de tecnologias astronômicas. Talvez a invenção derivada da Astronomia mais utilizada seja a [rede de área local sem fio](#) (WLAN). Em 1977, John O'Sullivan desenvolveu um método para melhorar a nitidez de imagens de um radiotelescópio. Esse mesmo método foi aplicado aos sinais de rádio em geral, especificamente aos dedicados ao fortalecimento de redes de computadores, que agora são parte integrante de todas as implementações de WLAN (Hamaker et al., 1977).

Outras tecnologias importantes para o dia-a-dia e que foram desenvolvidas originalmente para Astronomia estão listadas abaixo (National Research Council, 2010):

- A tecnologia de observatórios de raios X também é usada nas esteiras transportadoras de bagagem nos aeroportos. Nos aeroportos, um cromatógrafo de gás - que separa e analisa compostos - projetado para uma missão a Marte, é usado para identificar drogas e explosivos em bagagem;
- A polícia usa fotômetros manuais de carência química de oxigênio (COD) – instrumentos desenvolvidos pelos astrônomos para medir a intensidade da luz - para verificar se as janelas dos carros são transparentes, conforme determina a lei;
- Um [espectrômetro de raios-gama](#), usado originalmente para analisar o solo lunar, é agora usado como um método não-invasivo para investigar o enfraquecimento estrutural de prédios históricos ou observar por detrás de mosaicos frágeis, como na Basílica de São Marcos em Veneza.

Mais sutil do que essas contribuições para a Tecnologia é a contribuição da Astronomia para a nossa visão do tempo. Os primeiros calendários foram baseados no movimento da Lua e até mesmo a forma como definimos um segundo é devido à Astronomia. O relógio atômico, desenvolvido em 1955, foi calibrado usando o Tempo das Efemérides astronômico - uma antiga escala padrão de tempo astronômico

adotada pela IAU em 1952. Isso levou a uma redefinição do segundo internacionalmente acordada (Markowitz et al., 1958).

Todos esses são exemplos muito práticos do efeito que a Astronomia tem no nosso dia-a-dia. Mas a Astronomia também desempenha um papel importante na nossa cultura. Existem muitos livros e revistas sobre Astronomia para não-astrônomos. “[Uma Breve História do Tempo](#)” de Stephen Hawking é um best-seller que vendeu mais de dez milhões de cópias (Paris, 2007) e a série de televisão de Carl Sagan “[Cosmos: Uma Viagem Pessoal](#)” foi observada em mais de 60 países por mais de 500 milhões de pessoas (NASA, 2009).

Muitos não-astrônomos também se envolveram com a Astronomia durante o [Ano Internacional da Astronomia 2009](#) (IYA2009), o maior evento de educação e divulgação pública de Ciência. O IYA2009 atingiu mais de 800 milhões de pessoas, através de milhares de atividades, em mais de 148 países (IAU, 2010).

## **Astronomia e colaboração internacional**

As conquistas científicas e tecnológicas oferecem uma grande vantagem competitiva para qualquer país. As nações orgulham-se de ter as tecnologias mais eficientes e competem para alcançar novas descobertas científicas. Mas talvez seja mais importante a forma como a Ciência pode unir as nações, encorajando a colaboração e criando um fluxo constante de pesquisadores que viajam pelo mundo para trabalhar em instalações internacionais.

A Astronomia é particularmente adequada à colaboração internacional devido à necessidade de ter telescópios em diferentes lugares do mundo, a fim de conseguir observar todo o céu. Pelo menos desde 1887 - quando astrônomos de todo o mundo juntaram as suas imagens de telescópio e fizeram o primeiro mapa global do céu – existiram colaborações internacionais em Astronomia e, em 1920, a União Astronômica Internacional tornou-se a primeira organização científica internacional.

Além da necessidade de observar o céu a partir de diferentes pontos na Terra, construir observatórios astronômicos no solo e no espaço é extremamente caro. Assim, a maioria dos observatórios atuais planejados são propriedades de várias nações. Todas essas colaborações foram até agora pacíficas e bem-sucedidas. Algumas das mais notáveis são:

- [Grande Arranjo Milimétrico e Submilimétrico do Atacama \(ALMA\)](#), uma parceria internacional entre Europa, América do Norte e Ásia Oriental, em cooperação com a República do Chile, é o maior projeto astronômico existente;
- [O Observatório Europeu do Sul](#) (ESO) inclui 14 países europeus e o Brasil, sendo localizado no Chile;
- Colaborações em observatórios principais, como o Telescópio Espacial Hubble das agências NASA e ESA, respectivamente dos EUA e da Europa.

## **Resumo**

No texto acima descrevemos as razões práticas e básicas pelas quais a Astronomia é uma parte importante da sociedade. Embora tenhamos focado principalmente na



transferência de tecnologia e conhecimento, talvez a contribuição ainda mais importante seja o fato de que a Astronomia nos torna conscientes de como nos encaixamos no vasto Universo. O cientista norte-americano Carl Sagan nos mostrou uma das contribuições mais simples e inspiradoras da Astronomia para a sociedade em seu livro [\*Pálido Ponto Azul\*](#) (The Pale Blue Dot):

*“Foi dito que a Astronomia é uma experiência de humildade e de construção do caráter. Talvez não haja uma melhor demonstração da loucura das presunções humanas do que esta imagem distante do nosso minúsculo mundo. Para mim, ele ressalta a nossa responsabilidade de lidar mais gentilmente uns com os outros e preservar e cuidar do pálido ponto azul, o único lar que já conhecemos ”.*

## Referências

Aitken, R.G. 1933, *The Use of Astronomy*. Astronomical Society of the Pacific. Leaflet 59, December 1933, 33-36

Bode, Cruz & Molster 2008, *The ASTRONET Infrastructure Roadmap: A Strategic Plan for European*

*Astronomy*, [http://www.eso.org/public/archives/books/pdfsm/book\\_0045.pdf](http://www.eso.org/public/archives/books/pdfsm/book_0045.pdf), August 2013

Boston Micromachines

Corporation, [http://www2.bostonmicromachines.com/Portals/1703/docs/AO\\_101\\_White\\_Paper.pdf](http://www2.bostonmicromachines.com/Portals/1703/docs/AO_101_White_Paper.pdf), 2010

Clark, H. 2012, *Modern-day cleanroom invented by Sandia physicist still used 50 years later*, [https://share.sandia.gov/news/resources/news\\_releases/cleanroom\\_50th](https://share.sandia.gov/news/resources/news_releases/cleanroom_50th), June 2013

ESA 2013, *Identifying Alzheimer’s using space software*, [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Technology/TTP2/Identifying\\_Alzheimer’s\\_using\\_space\\_software](http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/TTP2/Identifying_Alzheimer’s_using_space_software), July 2013

Finley, D., *Value of Radio*

*Astronomy*, <http://www.nrao.edu/index.php/learn/radioastronomy/radioastronomyvalue>, Retrieved November 2013

Gruman, J. B. 2011, *Image Artifacts-Telescope and Camera*

*Defects*, [http://stereo.gsfc.nasa.gov/artifacts/artifacts\\_camera.shtml](http://stereo.gsfc.nasa.gov/artifacts/artifacts_camera.shtml), August 2013

Hamaker, J. P., O’Sullivan, J. D. & Noordam J. D. 1977, *Image sharpness, Fourier optics, and redundant-spacing interferometry*, J. Opt. Soc. Am., 67(8), 1122–1123

International Astronomical Union 2010, *International Year of Astronomy 2009 Reached Hundreds of Millions of People: Final Report*

*Released*, <http://www.astronomy2009.org/news/pressreleases/detail/iya1006>, August 2013

International Astronomical Union 2012, *IAU Astronomy for Development Strategic Plan*

*2010–2012*, [https://www.iau.org/static/education/strategicplan\\_2010-2020.pdf](https://www.iau.org/static/education/strategicplan_2010-2020.pdf), June 2013

- Kiger, P. & English, M. 2011, *Top 10 NASA Inventions*, <http://www.howstuffworks.com/innovation/inventions/top-5-nasa-inventions.htm>, June 2013
- Markowitz, W. et al. 1958, *Frequency of cesium in terms of ephemeris time*, *Physical Review Letters* 1, 105–107
- National Research Council 1991, *Working Papers: Astronomy and Astrophysics Panel Reports*, Washington, DC: The National Academies Press
- National Research Council 2010, *New Worlds, New Horizons in Astronomy and Astrophysics*. Washington, DC: The National Academies Press
- Paris, N. 2007, *Hawking to experience zero gravity*, *The Daily Telegraph*, <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/1549770/Hawking-to-experience-zero-gravity.html>, August 2013
- Renée James, C. 2012, *What has astronomy done for you lately?*, [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com), May 2012, 30-35
- Shasharina, S. G. et al. 2005, *GRIDL: high-performance and distributed interactive data language*, *High Performance Distributed Computing, HPDC-14. Proceedings. 14th IEEE International Symposium*, 291–292
- Schuler, M. D. 1979, in *Image Reconstruction from Projections*, (ed. G. T. Herman, Berlin:Springer), 105
- StarChild, *StarChild: Dr. Carl Sagan*, NASA, [http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/whos\\_who\\_level2/sagan.html](http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/whos_who_level2/sagan.html) October 2009
- Truman, H. 1949, *Inaugural Presidential Speech*, [http://www.trumanlibrary.org/whistlestop/50yr\\_archive/inaqural20jan1949.htm](http://www.trumanlibrary.org/whistlestop/50yr_archive/inaqural20jan1949.htm), June 2013
- Wikipedia contributors 2013, *Technical Pan*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Technical\\_Pan](http://en.wikipedia.org/wiki/Technical_Pan), April 2013.
- 

Esta versão em português foi traduzida por voluntários da [Astronomy Translation Network](#) (Rede de Tradução de Astronomia,) coordenada pelo [National Astronomical Observatory of Japan](#) (Observatório Astronômico Nacional do Japão) e pelo [IAU Office for Astronomy Outreach](#) (Gabinete da UAI para Divulgação da Astronomia).

Traduzido por André Freitas  
Revisão de Paulo Sobreira  
Revisão científica de Virgínia Alves



Data: 19 Agosto 2018