

# Astronomia no dia a dia

Por Marissa Rosenberg, Pedro Russo (EU-UNAWA, Observatório Leiden/Universidade de Leiden, Holanda), Georgja 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 responder a perguntas como de onde é que nós viemos e como chegámos aqui. É uma disciplina que abre os olhos, dá contexto ao nosso lugar no Universo e que pode remodelar 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 primeiras culturas identificaram os objetos celestes com os deuses e consideraram os seus movimentos pelo céu como profecias do que estava por vir. Atualmente chamaríamos a isto de astrologia, muito longe dos factos e instrumentos caros da astronomia de hoje, mas ainda há pistas desta história na astronomia moderna. Veja, por exemplo, os nomes das constelações: Andrómeda, a donzela acorrentada da mitologia grega, ou Perseus, o semideus que a salvou.

Agora, à medida que a nossa compreensão do mundo avança, a nossa visão do mesmo encontra-se ainda mais entrecruzada com as 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 os nossos corpos, aprofundou a conexão entre nós e o cosmos. Esta conexão toca 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 de hoje.

Ainda há muitas questões por responder em astronomia. A investigação atual está a esforçar-se para compreender questões como: "Quão antigos somos?", "Qual é o destino do Universo?" e, possivelmente a mais interessante: "Quão único é o Universo, e poderia um Universo ligeiramente diferente alguma vez ter suportado a vida?". Mas a astronomia também está quebrando novos recordes todos os dias, estabelecendo as maiores

distâncias, os objetos mais massivos, as temperaturas mais altas e as explosões mais violentas.

Seguir estas 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 das respostas. As dificuldades em descrever a importância da astronomia e da pesquisa fundamental em geral são bem resumidas pela seguinte citação:

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

- Ahmed Zewali, vencedor do Prémio Nobel da Química (1999)

Embora vivamos num mundo que enfrenta muitos problemas imediatos de fome, pobreza, energia e aquecimento global, argumentamos que a astronomia tem benefícios a longo prazo igualmente importantes para uma sociedade civilizada. Vários estudos (ver abaixo) mostraram-nos que o investimento em educação científica, pesquisa e tecnologia proporciona um ótimo retorno - não só economicamente, mas cultural e indiretamente 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 estatística que é uma medida da esperança de vida, educação e ordenado (Truman, 1949).

Existem outros trabalhos que contribuíram para responder à pergunta: "Por que é a astronomia importante?" O Dr. Robert Aitken, diretor do Observatório Lick, mostra-nos que mesmo em 1933 havia uma necessidade de 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 do universo e ajudá-lo 'a aprender humildade e 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, como o GPS, a imagiologia médica e a internet sem fios (Renée James, 2012). Em defesa da radioastronomia, Dave Finley afirma em Finley (2013): "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 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 Astronómica Internacional \(UAI\)](#) para 2010-2020 se foca em três áreas principais: tecnologia e competências; ciência e pesquisa; e cultura e sociedade.

Embora a investigação "blue-skies", como a astronomia, raramente contribua diretamente com resultados tangíveis a curto prazo, a concretização dessa investigação requer tecnologia de ponta e métodos que podem numa 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 software que estão para além das nossas capacidades atuais.

Os frutos do desenvolvimento científico e tecnológico em astronomia, especialmente em áreas como a ótica e a eletrônica, tornaram-se essenciais para o nosso dia a dia, com aplicações como computadores pessoais, satélites de comunicação, telemóveis, [sistemas de posicionamento global](#) (GPS), painéis solares e imagiologia por ressonância magnética (MRI).

Embora o estudo da astronomia tenha proporcionado uma riqueza de ganhos tangíveis, monetários e tecnológicos, talvez o aspecto mais importante da astronomia não seja do ponto de vista económico. A astronomia tem e continua a revolucionar o nosso pensamento a 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. Atua como uma janela para o imenso tamanho e complexidade do Espaço, colocando a Terra em perspectiva e promovendo a cidadania global e o orgulho no 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 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 premente, a astronomia ajuda-nos a estudar como prolongar a sobrevivência da nossa espécie. Por exemplo, é fundamental estudar a influência do Sol sobre o clima da Terra e como isso afetará o clima, os níveis de água, etc. Somente o estudo do Sol e outras estrelas nos 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 nosso mundo, como claramente demonstrado pelo impacto do [meteorito em Chelyabinsk](#), Rússia, em 2013.

A nível pessoal, o ensino da astronomia aos mais jovens também é de grande valor. Verificou-se que os alunos que se envolvem em atividades educacionais relacionadas com astronomia numa escola primária ou secundária têm maior probabilidade de seguir carreiras em ciência e tecnologia e de se manterem atualizados com descobertas científicas (National Research Council, 1991). Isto beneficia não apenas o campo da astronomia, mas outras disciplinas científicas.

A astronomia é uma das poucas disciplinas científicas que interage diretamente com a sociedade. Não apenas ultrapassando fronteiras, mas promovendo ativamente colaborações em todo o mundo. No artigo seguinte, resumimos os contributos tangíveis da astronomia em diversas áreas.

## **Transferência de tecnologia**

## Da astronomia à indústria

Alguns dos exemplos mais úteis de transferência de tecnologia entre a astronomia e a indústria incluem avanços na aquisição de imagem e nas comunicações. Por exemplo, um filme chamado [Kodak Technical Pan](#) é amplamente utilizado por especialistas médicos e industriais em espectroscopia, fotógrafos industriais e artistas, e foi originalmente criado para que os astrónomos solares pudessem registar mudanças na estrutura superficial do Sol. Além disso, o desenvolvimento deste filme - novamente devido aos requisitos dos astrónomos - 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 [Prémio Nobel da Física](#) pelo desenvolvimento de outro dispositivo que seria amplamente utilizado na indústria. Os sensores para captura de imagem desenvolvidos para imagens astronómicas, conhecidos como [dispositivos de carga acoplada](#) (Charge-Coupled Device - 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 telemóveis. 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 úteis. Muitas empresas de comunicação bem sucedidas foram fundadas originalmente por radioastrónomos. A linguagem informática [FORTH](#) foi originalmente criada para ser usada pelo telescópio Kitt Peak de 10,07 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 a astronomia e a indústria estão listados abaixo (National Research Council, 2010):

- A General Motors usa a linguagem de programação de astronomia [Interactive Data Language](#) (IDL) para analisar dados de acidentes automóveis.
- As primeiras patentes para técnicas de detecção de radiação gravitacional - produzidas quando corpos massivos 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 [Image Reduction and Analysis Facility](#) (IRAF) - software escrito no [Observatório Nacional de Astronomia Óptica](#) (NOAO, EUA) - para analisar sistemas informáticos e gráficos de física do estado sólido.
- Larry Altschuler, um astrónomo, foi responsável pelo desenvolvimento da tomografia - o processo de aquisição de imagem em seções usando uma onda penetrante - através do 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 instrumentação, aquisição e processamento de imagem.

Desde o desenvolvimento de telescópios localizados no Espaço, 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 pelos seus homólogos astronômicos. Além disso, o processamento de imagens de satélite usa o mesmo software e processos que as imagens astronômicas.

Alguns exemplos específicos de desenvolvimentos astronômicos usados em defesa são dados abaixo (National Research Council, 2010):

- As observações de estrelas e modelos de atmosferas estelares são usados 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 telescópios - também são usadas na engenharia aeroespacial.
- Os astrônomos desenvolveram um contador de fótons "solar-blind" - um dispositivo que pode medir as partículas de luz de uma fonte, durante o dia, sem ser sobrecarregado pelas partículas provenientes do Sol. Este é atualmente usado para detectar [fótons ultravioleta](#) (UV) provenientes da exaustão de um míssil, permitindo um sistema de alerta de míssil UV praticamente isento de falsos alarmes. A mesma tecnologia também 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 da energia

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 cores em torno de campos de petróleo, bem como na pesquisa geral de petróleo.
- Uma empresa australiana, chamada [Ingenero](#), criou coletores de radiação solar para aproveitar o poder do Sol para energia na Terra. Eles criaram coletores com diâmetros até 16 metros, o que só é possível com o uso de um material composto de grafite desenvolvido para uma matriz de telescópios em órbita.
- A tecnologia desenvolvida para a aquisição de imagem em [telescópios de raios X](#) - que devem ser projetados de forma diferente dos telescópios de luz visível - é agora usada para monitorizar a [fusão de plasma](#). Se a fusão - quando dois núcleos atômicos leves se fundem para formar um núcleo mais pesado - for possível de controlar, poderá ser a resposta para uma energia segura e limpa.

## Astronomia e medicina

Os astrônomos lutam constantemente para ver objetos cada vez mais tênues e mais distantes. A medicina luta com problemas semelhantes: ver coisas obscuras no corpo

humano. Ambas as disciplinas requerem imagens de alta resolução, precisas e detalhadas. Talvez o exemplo mais notável de transferência de conhecimento entre estas duas disciplinas seja a técnica de [síntese de abertura](#), desenvolvida pelo radioastrónomo e Prémio Nobel, Martin Ryle (Royal Swedish Academy of Sciences, 1974). Esta tecnologia é utilizada em [tomografia computadorizada](#) (também conhecida como TAC), [ressonância magnética](#) (RM), tomografia por emissão de positrões (TEP) e muitas outras ferramentas de aquisição de imagem médica.

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

Outro exemplo importante de como a investigação em astronomia 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 astronómicas em medicina estão listadas abaixo:

- Uma colaboração entre uma empresa farmacêutica e o [Cambridge Automatic Plate Measuring Facility](#) 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 radioastrónomos 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 cancro da mama (Barret et al., 1978).
- Os pequenos sensores térmicos desenvolvidos inicialmente para controlar as temperaturas de componentes telescópicos 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 ambulatória, lesões desportivas e em clínicas do terceiro mundo. Também foi usado pela Agência norte-americana de Alimentos e Medicamentos (FDA) para estudar se determinados medicamentos foram contaminados (National Research Council, 1991).
- O software para processamento de imagens de satélite está atualmente a ajudar investigadores em medicina a estabelecer um método simples para implementar triagem em grande escala para a doença de Alzheimer (ESA, 2013).
- Olhar através do olho cheio de fluido e constantemente em movimento de uma pessoa não é muito diferente de tentar observar objetos astronómicos através da atmosfera turbulenta, e a mesma abordagem fundamental parece funcionar para ambos. A ótica adaptativa usada na astronomia pode ser usada para imagens de

retina em pacientes vivos para estudar doenças como a degeneração macular e a retinite pigmentosa nos estágios iniciais (Boston Micromachines Corporation 2010).

## Astronomia no dia a dia

Há muitas coisas que as pessoas vivenciam diariamente que são derivadas de tecnologias despoletadas pela astronomia. 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 que foram desenvolvidas originalmente para astronomia estão listadas abaixo (National Research Council, 2010):

- A tecnologia de observação de raios X também é usada nas correias transportadoras de bagagem de raios X nos atuais aeroportos.
- Nos aeroportos, um cromatógrafo de gás - para separar e analisar compostos - projetado para uma missão a Marte é usado para pesquisar drogas e explosivos em bagagens.
- A polícia usa fotômetros de mão de carência química de oxigênio (COD) - instrumentos desenvolvidos pelos astrónomos para medir a intensidade da luz - para verificar se as janelas dos carro são transparentes, conforme determina a lei.
- Um [espectrómetro de raios-gama](#), usado originalmente para analisar o solo lunar, é agora usado como um método não-invasivo para investigar o debilitamento estrutural de edifícios históricos ou observar por detrás de mosaicos frágeis, como na Basílica de São Marcos em Veneza.

Mais subtil do que as contribuições para a tecnologia é a contribuição que a astronomia fez 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 de Efemérides Astronómico - uma antiga escala temporal astronómica padrão adotada pela UAI em 1952. Isso levou à redefinição internacionalmente acordada do segundo (Markowitz et al., 1958).

Todos estes são exemplos muito tangíveis do efeito que a astronomia teve 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-astrónomos. “[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: A Personal Voyage](#), foi vista em mais de 60 países por mais de 500 milhões de pessoas (NASA , 2009).

Muitos não-astrónomos 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 alcançou mais de 800 milhões de pessoas, através de milhares de atividades, em mais de 148 países (UAI, 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 enquanto investigadores 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 astrónomos de todo o mundo juntaram as suas imagens de telescópio e fizeram o primeiro mapa global do céu - têm existido colaborações internacionais em astronomia e, em 1920, a União Astronómica Internacional tornou-se a primeira união científica internacional.

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

- O [Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array \(ALMA\)](#), uma parceria internacional entre a Europa, América do Norte e Ásia Oriental, em cooperação com a República do Chile, é o maior projeto astronómico existente.
- O [Observatório Europeu do Sul](#) (ESO) inclui 14 países europeus e o Brasil, estando localizado no Chile.
- Colaborações em observatórios essenciais, como o Telescópio Espacial Hubble NASA/ESA entre os EUA e a Europa.

## Resumo

No texto acima, descrevemos as razões tangíveis e intangíveis pelas quais a astronomia é uma parte importante da sociedade. Embora nos tenhamos focado principalmente na transferência de tecnologia e conhecimento, talvez o contributo mais importante seja ainda o facto de que a astronomia nos torna conscientes de como nos encaixamos no vasto Universo. O cientista americano Carl Sagan mostrou-nos uma das contribuições mais simples e inspiradoras da astronomia para a sociedade no seu livro [Pálido Ponto Azul](#) (The Pale Blue Dot):

*"Foi dito que a astronomia é uma experiência de humildade e de construção de personagens. Talvez não haja uma melhor demonstração da loucura das presunções humanas do que essa imagem distante do nosso minúsculo mundo. Para mim, ressalta a nossa responsabilidade de lidar mais gentilmente uns com os outros e preservar e apreciar o pálido ponto azul, a única casa que alguma vez 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/inagural20jan1949.htm](http://www.trumanlibrary.org/whistlestop/50yr_archive/inagural20jan1949.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 Astronómico Nacional do Japão) e pelo [IAU Office for Astronomy Outreach](#) (Gabinete da União Astronómica Internacional - UAI - para Divulgação da Astronomia).

Traduzido por André Freitas  
Revisão de Catarina Leote  
Revisão científica de Tiago Campante  
Data: 12 outubro 2018

