

REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

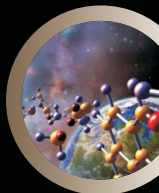
Ano 13 - Nº 50 - Junho/2026

AstroNova

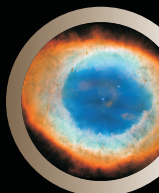
**O BALÉ DAS
ESTELAS BINÁRIAS**



**POR QUE ENSINAR
ASTROBIOLOGIA
NAS ESCOLAS?**



**NUCLEOSSÍNTESE
ESTELAR**



**O PROGRAMA
ESPACIAL VENERA**



UMA "ENTREVISTA" COM GALILEU GALILEI 

ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL 

ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL TIANGONG 

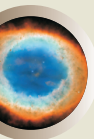
AGENDA DOS LANÇAMENTOS ESPACIAIS 



O BALÉ DAS ESTRELAS BINÁRIAS 09



POR QUE ENSINAR ASTROBIOLOGIA NAS ESCOLAS? 14



NUCLEOSSÍNTESE ESTELAR 19



O PROGRAMA ESPACIAL VENERA 26



UMA "ENTREVISTA" COM GALILEU GALILEI PRIMEIRA PARTE 35

EXPEDIENTE

Conselho editorial:

Adriane Casteleira
Maico A. Zorzan
Rafael Cândido Jr.
Wilson Guerra

Redatores desta edição:

Rafael Cândido Jr.
Ricardo Francisco Pereira
Wilson Guerra

Diagramação:

Wilson Guerra

Astrofotos:

Cristóvão Jacques

Capa:

Lua Crescente
Newton Cesar Florencio

PRINCIPAIS LANÇAMENTOS DO TRIMESTRE

EUA



Foguete: Falcon 9 (SpaceX)
Satélites Starlink
Local: base de Vandenberg
Data: 21/06/2026

Foguete: Falcon 9 (SpaceX)
Starlink
Local: base de Vandenberg
Data: 25/06/2026

Foguete: Falcon 9 (SpaceX)
Teste com cápsula cargueira Starfall
Local: cabo Canaveral
Data: 23/06/2026

Foguete: Atlas 5 (ULA)
Satélites de comunicação Leo Atlas 08
Local: cabo Canaveral
Data: 02/07/2026

RÚSSIA



Foguete: Soyuz 2 (Roscosmos)
Satélites Rassvet-2
Local: Cosmódromo de Plesetsk
Data: 06/2026

Foguete: Soyuz 5 (Roscosmos)
Satélite comercial Kinosputnik
Local: Cosmódromo de Vostochny
Data: 02/09/2026

Foguete: Soyuz 2 (Roscosmos)
Soyuz MS-29 (tripulação para ISS)
Local: Cosmódromo de Baikonur
Data: 14/07/2026

Foguete: Soyuz 2 (Roscosmos)
Progress MS-35 (mantimentos para ISS)
Local: Cosmódromo de Baikonur
Data: 09/09/2026



PRINCIPAIS LANÇAMENTOS DO TRIMESTRE

Foguete: Não confirmado
Satélite da CASC
Local: base de Wenchang
Data: 22/06/2026

Foguete: Não confirmado
Satélite da CASC
Local: lançamento marítimo
Data: 06/2026

CHINA



Foguete: Electron (RocketLab)
Satélite japonês Synspective
Local: Base da península Mahia
Data: 06/2026

Foguete: Electron (RocketLab)
Satélite japonês da empresa IQPS
Local: Base da península Mahia
Data: 06/2026

NOVA ZELÂNDIA



ÍNDIA

Foguete: GSLV-II (ISRO)
Satélite Gisat-2, imageamento da Terra
Local: Satish Dhawan Space Centre
Data: 06/2026



ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

Principais atividades: abril a junho/2026

Tripulação atual



Próximas Expedições

Crew-13: SpaceX (13/09/2026)



Atividades de abril a junho/2026



Astronautas Jack Hathaway e Jessica Meir durante experimentos em microbiologia.

Soyuz MS-30: Roscosmos (14/07/2026)



A astronauta Sophie Adenot com o OCT, dispositivo de imagem usado para exames oftalmológicos que permite monitorar a visão dos astronautas.

O cosmonauta Sergey Ryzhikov na extremidade do braço robótico europeu, trabalha na instalação de uma câmera de alta resolução.



Estação Espacial Tiangong

Principais atividades: abril a junho/2026

Tripulação atual (Shenzhou-23)



Os taikonautas iniciam testes com nova tecnologia mais eficiente de painéis solares.





Nebulosa de Órion (M42)
22/04/2026
Belo Horizonte/MG - Brasil
Astrofotógrafo: Cristóvão Jacques



**WWW.
RECURSOSdeFÍSICA
.com.br**

Página que socializa produção de recursos de ensino adaptados à sala de aula e aos professores. Material produzido nas disciplinas do curso de Licenciatura em Física da UEM e em outros projetos coordenados pelo prof. Dr. Ricardo Francisco Pereira.

O BALÉ DAS ESTRELAS BINÁRIAS



Rafael Cândido Jr.
rafael@astronova.com.br

Ao observarmos as estrelas do céu noturno a olho nu, vemos pontinhos luminosos com maior ou menor intensidade. Alguns desses pontinhos são sistemas de duas estrelas. Neste artigo vamos conhecer um pouco mais sobre estes pares estelares.

Definição

Uma estrela binária, também denominada por sistema estelar binário, é um sistema de duas estrelas

gravitacionalmente ligadas, ou seja, ambas orbitam em torno de um centro de gravidade que pode estar externo ou interno a uma das estrelas.

Sistemas binários são objetos muito importantes no estudo de Astrofísica porque permitem a medição direta das massas estelares. Como não são observáveis a olho nu, os sistemas binários necessitam de equipamentos como telescópios ou radiotelescópios para serem detectados.

As primeiras observações ocorreram após a invenção do telescópio e foram denominadas de estrelas duplas. Atualmente, essa denominação é aplicada a um par de estrelas que, visualmente, parecem próximas no céu quando vistas da Terra através de um telescópio óptico, porém não estão ligadas gravitacionalmente.

É a partir da observação do movimento relativo entre as estrelas que se distingue entre estrelas duplas e estrelas binárias. Porém, a

observação de estrelas binárias de longo período pode ser difícil de distinguir de estrelas duplas, necessitando de técnicas de observação mais acuradas.

Descoberta

As primeiras observações, ainda denominadas de estrelas duplas, foram realizadas por Giovanni Battista Riccioli, em 1650, ao observar a estrela Mizar na constelação da Ursa Maior e pelo padre francês Jean de Fontenay, em 1685, ao observar a estrela Acrux da constelação do Cruzeiro do Sul.

A evidência de que os pares de estrelas eram mais do que simples alinhamentos ópticos surgiu em 1767, quando o clérigo inglês John Michell se tornou a primeira pessoa a aplicar a matemática da estatística ao estudo das estrelas. Ele concluiu que as estrelas em alguns sistemas estelares duplos poderiam ser atraídas umas pelas outras pela força gravitacional, fornecendo assim a primeira evidência da existência de estrelas binárias e aglomerados estelares, como as Plêiades.

Em 1779, William Herschel começou a observar estrelas duplas na esperança de



Sistema binário de Alfa Centauri, o mais próximo do Sistema Solar. Fotografia do Telescópio Espacial Hubble.

encontrar uma estrela próxima emparelhada com uma estrela distante para que pudesse medir a mudança de posição da estrela próxima à medida que a Terra orbitava o Sol, ou seja, medir sua paralaxe. Isso permitiria calcular a distância até a estrela próxima.

Em 1803, Herschel havia observado mudanças nas posições relativas de cerca de 700 estrelas duplas desde as suas primeiras observações. Concluiu que não eram mudanças da paralaxe da órbita da Terra e sim uma estrela orbitando a outra, propondo a expressão

estrelas binárias para diferenciar de estrelas duplas.

A primeira órbita de uma estrela binária foi calculada em 1827 pelo astrônomo francês Felix Savary. Anos depois, descobriu-se que a estrela estudada por ele, Xi Ursae Majoris (a 14ª estrela mais brilhante da constelação da Ursa Maior; pois a 14ª letra do alfabeto grego é a Xi, lida como csi) é um sistema de múltiplas estrelas.

Classificação dos sistemas binários

Há várias classificações para

Tabela 1: Métodos de observação de binárias.

método	característica
visual	através da luz visível
espectroscópico	mudanças periódicas em linhas espectrais da estrela
fotométrico	mudanças no brilho estelar causadas por uma superposição de estrelas na linha de visada (eclipse estelar)
astrométrico	medição de desvio da posição de uma estrela causado pela gravidade da estrela companheira

as estrelas binárias indo desde a forma como é observada a até qual a natureza das estrelas constituintes do sistema.

Conforme a observação

A tabela 1 apresenta a classificação das estrelas binárias de acordo com o método pelo qual foi descoberta.

Alguns sistemas binários podem apresentar mais de

um método de observação. Isto ocorre porque diferentes observatórios podem realizar o registro de um determinado sistema binário utilizando um método diferente. Por exemplo, várias binárias espectroscópicas também são binárias eclipsantes.

Conforme a transferência de gás estelar

Outra classificação baseia-se na transferência de gás

estelar entre as estrelas que constituem o sistema binário.

Binária separada: é um sistema binário onde cada estrela está dentro do seu lóbulo de Roche, ou seja, a área onde a atração gravitacional da própria estrela é maior do que a da outra componente. Enquanto as estrelas estão na Sequência Principal da evolução estelar, elas não possuem uma grande influência uma sobre a outra e, desta forma, evoluem separadamente. A maioria das binárias pertence a esta classe. (figura 1)

Binária semi-separada: é um sistema binário no qual uma das estrelas preenche o seu lóbulo de Roche e a outra não. Neste tipo, o gás da superfície da componente que preenche o lóbulo de Roche (denominada estrela doadora) é transferido para a outra estrela. A

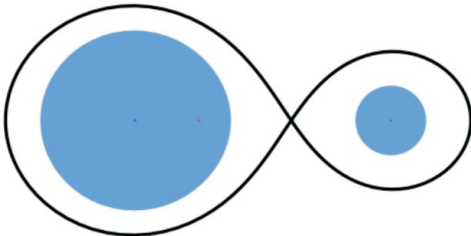


Figura 1. Modelo de binária separada.

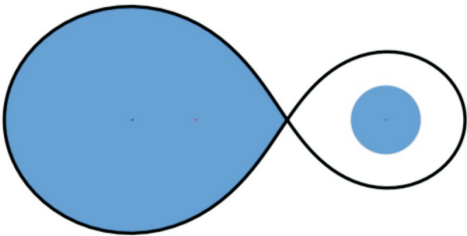
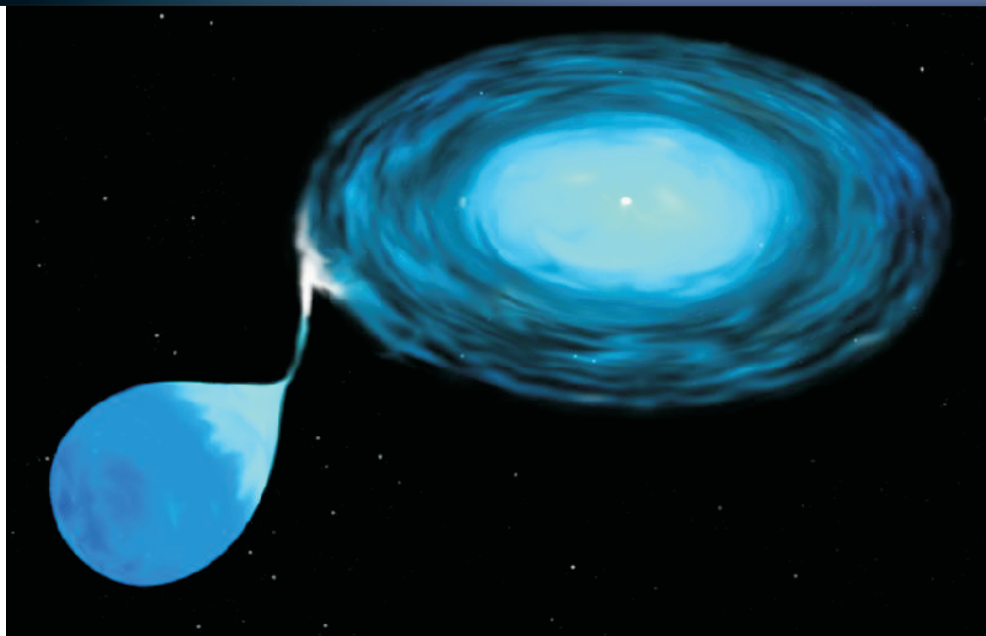


Figura 2. Modelo de binária semi-separada. À esquerda, estrela doadora e à direita, estrela acretrora.



Representação artística de uma variável cataclísmica.

transferência de massa domina a evolução do sistema (figura 2). A estrela que recebe o gás da outra forma um disco de acreção em torno de si, sendo denominada estrela acretora.

Conforme a natureza de uma das componentes

Quando um sistema binário tem como componente uma estrela compacta (anã branca, estrela de nêutrons ou buraco negro); o gás da estrela doadora pode ser atraído em direção ao objeto compacto. Este processo faz com que o gás seja aquecido e emita radiação.

Quando a estrela compacta é uma anã branca, o sistema binário recebe o nome de variável cataclísmica. E quando é uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, o sistema binário é denominado binária de raios X, devido à radiação emitida pelo gás aquecido.

Nomenclatura

De forma simplificada, as estrelas componentes do sistema binário são identificadas pelos sufixos A e B acrescentados à designação do sistema. Assim, o sistema binário de Alfa Centauri pode ser denominado Alfa Centauri

AB, que consiste da estrela Alfa Centauri A e da estrela Alfa Centauri B.

As componentes de um sistema binário também podem ser designadas conforme a sua temperatura de superfície, sendo uma estrela denominada companheira quente e a outra denominada companheira fria. Como exemplo tem-se a estrela Antares, que é uma supergigante vermelha com temperatura de superfície de 3500 K, denominada Antares A. Sua companheira é uma estrela azul, com temperatura de superfície de 18500 K chamada Antares B.



Representação artística de um planeta ofuscado pelas estrelas de um sistema binário.

Sistemas planetários em binárias

Observações feitas por telescópios espaciais mostram que apenas um terço dos sistemas binários possuem planetas. Isto pode ser resultante da dificuldade de detecção de planetas nos sistemas binários.

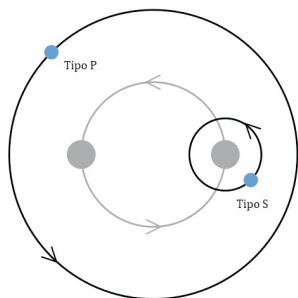


Figura 4. Tipos de órbitas planetárias em sistemas binários.

A figura 4 apresenta duas possibilidades de órbitas planetárias em sistemas binários. A órbita do tipo S aplica-se a planetas que orbitam uma das estrelas do sistema e a órbita do tipo P, que orbitam o centro de rotação de ambas as estrelas.

Na ficção científica encontramos referências a planetas orbitando sistemas binários, ternários ou até múltiplos (cita-se o magnífico *Nightfall* de Isaac Asimov, no qual o planeta orbitava um sistema de seis estrelas).

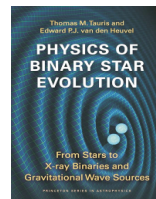
Na realidade, certas faixas orbitais são impossíveis por razões dinâmicas; o planeta poderia ser ejetado para fora do sistema ou, poderia ser “engolido” por uma estrela.

Outro problema seria o planeta manter uma biosfera pois, ao estar em um sistema binário, este planeta pode apresentar variações extremas de temperatura de sua superfície ao longo de sua órbita.

Rafael Cândido Jr. é graduado e mestre em Engenharia Química. Integra o grupo de astronomia Arcturus, da UFABC.

Para saber mais:

Physics of binary star evolution.
Thomas M. Tauris.



POR QUE ENSINAR ASTROBIOLOGIA NAS ESCOLAS?

Ricardo Francisco Pereira
www.recursodefisica.com.br

O que é Astrobiologia?

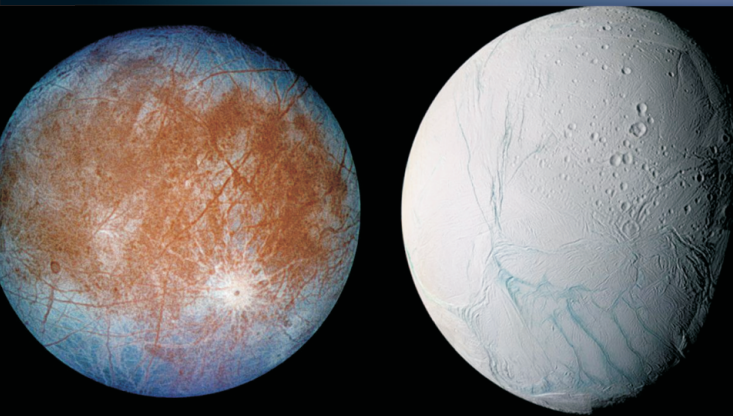
A Astrobiologia é um ramo interdisciplinar da Ciência que se dedica ao estudo da origem, evolução e futuro da vida no Universo. Sua origem remonta à necessidade de compreender a vida não apenas como um fenômeno isolado em nosso planeta, mas integrando conhecimentos de diversas áreas, como Biologia, Química, Física, Astronomia, Geologia e Filosofia. Essa integração é fundamental

para superar a fragmentação do conhecimento nas escolas.

O objetivo central da Astrobiologia é responder as perguntas fundamentais que acompanham a humanidade há muito tempo: Como a vida surge na Terra? O que torna um mundo habitável? Existe vida em outros lugares do Universo? Como detectamos vida fora da Terra? Quais são as condições mínimas necessárias para o surgimento de vida? Qual é o futuro da vida na Terra e

no espaço?

Os conceitos centrais da Astrobiologia são: habitabilidade, que envolve a identificação de zonas habitáveis nas estrelas, que é uma região do espaço que um eventual planeta ou satélite natural possa ter água líquida em sua superfície, além da análise de mundos oceânicos, como as luas Europa (de Júpiter) e Encélado (de Saturno), o estudo de atmosferas planetárias e das condições mínimas para o surgimento da vida.



Europa, lua de Júpiter (esquerda) e Encélado, lua de Saturno (direita).
 Fonte: <https://canaltech.com.br/espaco/europa-ou-encelado-qual-lua-tem-mais-chances-de-abrigar-vida-microbiana-118632/>

A busca por vida extraterrestre baseia-se na identificação de biomarcadores ou bioassinaturas, que são assinaturas químicas ou espectroscópicas indicativas de atividade biológica, como a presença de oxigênio, metano ou clorofila em exoplanetas (planetas orbitando outras estrelas). Além disso, o estudo de extremófilos (organismos capazes de sobreviver em condições extremas na Terra) serve como análogo para entender os limites da vida e as possibilidades de sua existência em outros ambientes planetários, além de também investigar a origem da vida na Terra.

No contexto educacional, a Astrobiologia pode atuar como uma poderosa ferramenta de integração

entre diferentes áreas. Ela ajuda a superar a fragmentação do conhecimento escolar, conectando disciplinas que tradicionalmente são ensinadas de forma isolada. Para complementar, por ser um tema fascinante, possui um grande potencial para engajar os estudantes no aprendizado de Ciências, despertando a curiosidade e o pensamento crítico.

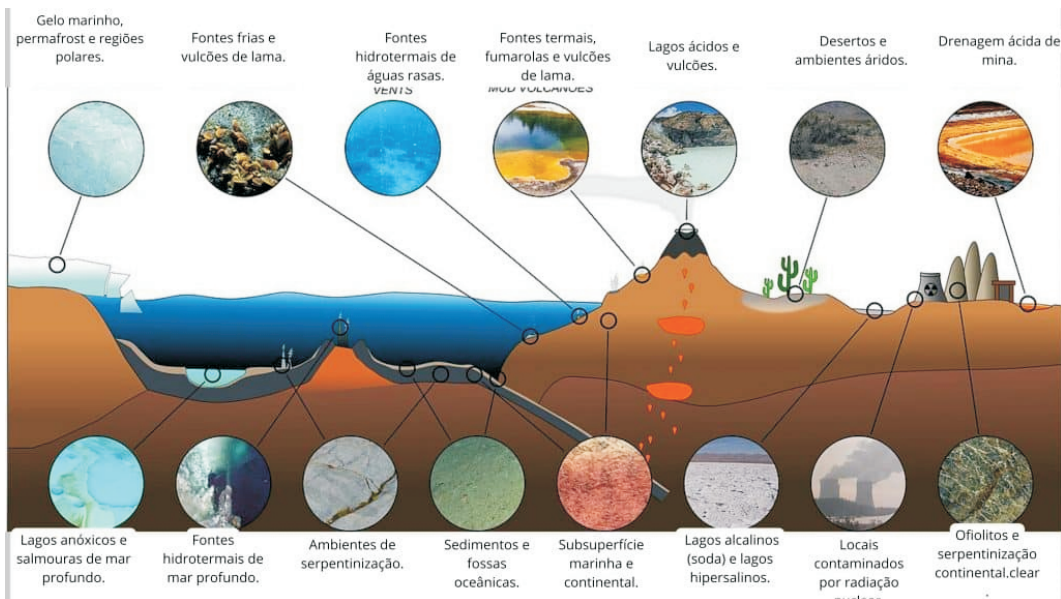
Ensino de Astrobiologia: Desafios e Justificativas

A inserção da Astrobiologia nas escolas no Ensino Fundamental II (disciplina de Ciências) e Ensino Médio (disciplina de Biologia), é justificada por seu imenso potencial motivador e contextualizador. Questões como "estamos sozinhos no Universo?" atrain

naturalmente a atenção dos alunos, permitindo uma discussão de Ciência permeada por incertezas e, de momento, sem respostas.

A Astrobiologia favorece a alfabetização científica e o desenvolvimento do pensamento crítico, pois integra diferentes escalas (de átomos e moléculas e ao Universo) e tempos profundos (da atualidade ao início do Universo), facilitando a compreensão de sistemas complexos e da interconexão entre a Terra e o espaço. Apesar de ser um campo em crescente evolução e importância, impulsionada por missões a Marte, luas geladas (de Júpiter e Saturno) e descobertas do telescópio James Webb, a Astrobiologia ainda possui pouca inserção curricular formal no Brasil.

Os professores enfrentam diversos obstáculos para ensinar Astrobiologia, incluindo a falta de formação docente adequada para abordar um tema tão integrado, currículos fragmentados (onde a Biologia ignora a geologia planetária e a Astronomia ignora a química orgânica), visões distorcidas sobre vida extraterrestre (frequentemente associada a humanoides verdes) e a escassez de materiais



Ambientes extremos na terra. Fonte: <https://olhardigital.com.br/2026/01/07/ciencia-e-espaco/o-que-sao-animaais-extremofilos-e-como-eles-desafiam-os-limites-da-vida/>

didáticos de qualidade, acessíveis e de baixo custo.

os Referenciais Curriculares Paranaenses.

Ciências da Natureza, no eixo "Terra e Universo".

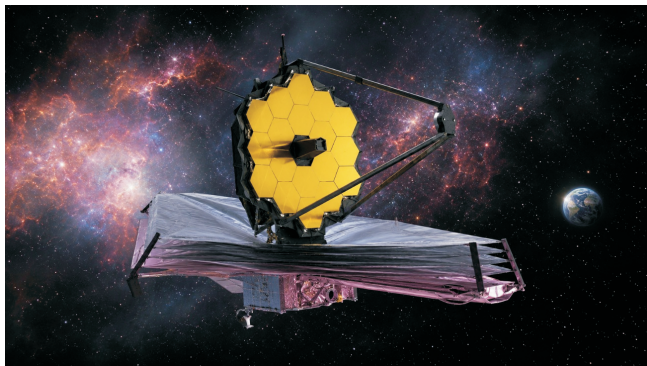
O impacto científico da Astrobiologia vai além da exploração espacial; ela contribui para o avanço do conhecimento em várias áreas e nos ajuda a entender nossa "identidade terrena", situando a vida na Terra em um contexto cósmico.

Na BNCC, a Astrobiologia alinha-se às Competências Gerais 1, 3, 4 e 7, na área de

No 9º Ano do Ensino Fundamental, a habilidade EF09CI16 propõe selecionar

Alinhamento com Documentos Curriculares

A abordagem da Astrobiologia está prevista nos documentos curriculares brasileiros, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e



Telescópio Espacial James Webb.

Fonte: <https://clickpetroleoegas.com.br/james-webb-opera-longe-da-terra-flpc96/>

argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida e nas características dos planetas. Do 6º ao 9º anos, outras habilidades focam na composição do Sistema Solar (EF09CI14) e na evolução das estrelas, fornecendo a base física para entender onde a vida poderia surgir.

No Ensino Médio, a Astrobiologia está prevista na Competência Específica 2, que trata da análise de modelos e teorias sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos. Relacionados a esse competência, temos as habilidades EM13CNT201 (Analisar e discutir teorias sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo) e EM13CNT202 (Analisar as diversas formas de manifestação da vida e as condições ambientais favoráveis ou limitantes a elas).

Nos Referenciais Curriculares Paranaenses, na disciplina de Biologia (Ensino Médio), a Astrobiologia se insere na Unidade Temática III: Origem e evolução da Vida, abordando teorias e modelos sobre a origem da vida e a vida primitiva (Habilidades EM13CNT201 e EM13CNT209) e ideias



Competências Gerais da BNCC.

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-As-10-competencias-gerais-da-BNCC-BRASIL-2018_fig1_374181076

evolucionistas (Habilidade EM12CNT201). Para a disciplina de Ciências (Ensino Fundamental II) não há menções explícitas sobre Astrobiologia, contudo, a temática acaba sendo contemplada por tópicos interdisciplinares que estão relacionados com a área, como por exemplo:

1.Unidade Temática - Terra e Universo (9º Ano): Vida Humana fora da Terra/Condições de vida no Universo e Evolução Estelar.

2.Unidade Temática - Vida e Evolução (7º e 9º Ano): Origem da Vida e Teorias Evolutivas (9º Ano) e

Diversidade de Seres Vivos e Adaptações (7º Ano).

Considerações finais

O ensino da Astrobiologia nas escolas justifica-se por sua capacidade única de integrar diversas áreas do conhecimento em torno de questões fundamentais que despertam uma curiosidade natural dos estudantes. Ao contrário do ensino tradicional de Ciências, que muitas vezes fragmenta o conhecimento em disciplinas isoladas, a Astrobiologia exige uma abordagem interdisciplinar, na qual a Biologia, a Química, a Física, a Geologia



Pensamento crítico.

Fonte: <https://eseg.edu.br/blog/o-que-e-pensamento-critico/>

e a Filosofia convergem para explicar fenômenos complexos, como a origem da vida e a habitabilidade planetária. Essa integração pode permitir que os alunos desenvolvam uma visão sistêmica da Ciência, compreendendo que é de vital importância a colaboração entre diferentes campos de estudo.

Além do benefício educacional, a Astrobiologia pode ajudar a desenvolver um pensamento crítico e científico. Ao investigar a vida em ambientes extremos ou analisar dados de missões espaciais, os alunos podem ser incentivados a formular hipóteses, interpretar evidências e lidar com a incerteza inerente à fronteira do conhecimento humano. Esse processo não apenas ajuda a preparar os

alunos para carreiras nas áreas de Ciência e Tecnologia, mas também forma cidadãos mais aptos a discernir informações e a compreender a importância do investimento em pesquisa e inovação. A Astrobiologia atua transformando o fascínio pelo espaço em um engajamento ativo com o aprendizado.

Por fim, vale a pena ensinar Astrobiologia devido ao profundo impacto ético e social que a disciplina pode promover ao estudar a fragilidade da biosfera terrestre em comparação com o ambiente hostil do espaço. Os alunos são levados a refletirem sobre a singularidade do nosso planeta e a urgência de sua preservação. Essa consciência ambiental,

fundamentada em dados científicos e em uma visão ampliada do Universo, contribui para a formação de uma geração mais responsável e comprometida com a sustentabilidade. Ensinar Astrobiologia é, em última análise, educar para a humildade, para o deslumbramento diante da natureza e para o reconhecimento de que a vida, em todas as suas formas, é um fenômeno extraordinário que merece ser compreendido e protegido.

Ricardo Francisco Pereira é professor do Departamento de Física da UEM. Graduado em Física, é mestre e doutor em Educação para a Ciência e Matemática. Mantém a página *Recursos de Física*.

Para saber mais:

(Livro) Astrobiologia: uma ciência emergente. Douglas Galante (org). São Paulo: Tiknet edição. IAG/USP, 2016.

(Livro) Astrobiologia: uma ciência híbrida contemporânea. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

(Youtube) [LIVE] Minicurso de Astrobiologia - Sociedade Brasileira de Astrobiologia - <https://www.youtube.com/watch?v=Q-EifZqF32g>

(Youtube) Astrobiologia - O Estudo da Vida no Universo - <https://www.youtube.com/watch?v=8gGkMOmhnDw>



NUCLEOSSÍNTESE ESTELAR

A FABRICAÇÃO CÓSMICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Wilson Guerra

wilsonguerra@gmail.com

Observe tudo que nos cerca: o solo, os minerais, os objetos que manipulamos; as páginas dos livros que estamos folheando, a tela do computador ou do smartphone. Pense na água que mata nossa sede, que corre nos rios, que enche oceanos e regularmente cai do céu na forma de chuva. Pense nos seres vivos, os animais silvestres ou domésticos. A própria humanidade, nossos amigos

e até você mesmo! É incrível, mas tudo isso que está a nossa volta é composto de, no máximo, 92 elementos básicos. São os **elementos químicos**.

O que diferencia o mineral dos seres vivos, o orgânico do inorgânico, o natural de um artefato feito por humanos são apenas as proporções e, principalmente, a forma em como esses elementos estão organizados entre si.

No final do século XIX o

estudioso e químico russo Dmitri Ivanovich Mendeleyev notou que grupos destes elementos tinham propriedades parecidas. Mais que isto, estas propriedades pareciam se repetir periodicamente. Mendeleyev então organizou os elementos químicos de acordo com esta periodicidade e deu origem assim à Tabela Periódica dos Elementos. Hoje se sabe que há mais de 92 elementos na tabela periódica, mas os últimos são criados

1A																		2A																	
1																		2																	
H Hydrogen																		He Helium																	
3A																		4A																	
4																		5																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
6																		7																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
8B																		9B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
10																		11																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	
37																		38																	
55																		56																	
Cs Cesium																		Ba Barium																	
87																		88																	
Fr Francium																		Ra Radium																	
1																		2																	
3																		4																	
Li Lithium																		Be Beryllium																	
11																		12																	
Na Sodium																		Mg Magnesium																	
3B																		4B																	
K Potassium																		Ca Calcium																	
20																		21																	
Rb Rubidium																		Sr Strontium																	

Figura 1: Tabela Periódica dos Elementos

Cada elemento é simbolizado com até duas letras de seu nome em Latim. O número superior é chamado de Número Atômico, e diz a quantidade de prótons que existe no núcleo do átomo deste elemento químico.

É o número de prótons que diferencia um elemento do outro.

artificialmente, não têm muita estabilidade e logo se transmutam em outros mais convencionais (figura 1).

É curioso que até praticamente a metade do século XX, ou seja, há pouco mais de 50 anos, não se sabia a origem destes elementos químicos. Até então os cientistas apenas aceitavam suas existências, o que é bem razoável. Mas a Ciência não é um empreendimento intelectual estático. E em pouco tempo descobrimos que a resposta de onde os elementos químicos se originavam estava em todo o Universo.

Átomo: a unidade química elementar

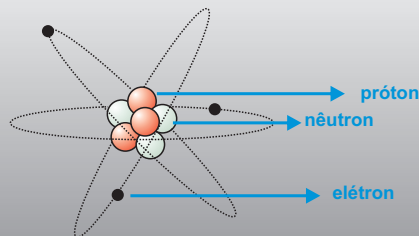
A menor estrutura que a matéria se conforma, mantendo as propriedades químicas dos elementos é o

átomo. A idéia de átomo vem de Grécia Clássica, mas foi abandonada por toda a Idade Média e só foi resgatada com o desenvolvimento da Ciência Moderna.

Na matéria, os átomos por sua vez são agregados devidamente organizados de três partículas menores: os elétrons, mais externos, e os nêutrons e os prótons, coesos internamente no núcleo. Desde os experimentos de Rutherford no começo do século XX, é

didático entender que a conformação destas partículas para a formação dos átomos é semelhante ao Sistema Solar (figura 2). Os elementos diferenciam-se quimicamente entre si pelo número de prótons que há nos núcleos de seus átomos. O elemento Hidrogênio (H) tem apenas 1 próton em seu núcleo (número atômico igual a 1, ou $Z=1$). O átomo do elemento Hélio (He) tem dois prótons no núcleo ($Z=2$). O elemento Lítio (Li) tem três prótons ($Z=3$). O elemento Carbono (C), essencial para a Vida como a conhecemos, tem $Z=6$. O Oxigênio (O) tem $Z=8$. O Neônio (Ne), gás nobre usado em painéis luminosos, tem $Z=10$. O Cálcio (Ca), presente em nossos ossos, tem $Z=20$. O Ferro (Fe), essencial no nosso sangue, tem $Z=26$. O Cobre (Cu), importante na composição de circuitos elétricos, tem $Z=29$. O cobiçado Ouro (Au) tem $Z=79$. O Urânio (U), usado nos reatores nucleares para produção de eletricidade, tem $Z=92$!

Figura 2: um modelo didático de átomo. Os elétrons compõem a parte mais externa, girando na “elestrosfera”. Os elétrons têm carga elétrica negativa. O núcleo é composto de prótons e nêutrons. Os prótons têm carga elétrica positiva e o nêutrons não têm carga.



Nucleossíntese primordial

Os elementos mais simples e leves já estavam presentes há muito tempo, pouco depois da fase ultradensa e quente do Universo segundo o modelo do *Big Bang*. O Hidrogênio, praticamente todo o Hélio e um pouco de Lítio vem dessa fase inicial do atual ciclo do Universo. Esse processo é denominado Nucleossíntese Primordial. Mas e quanto aos quase 90 outros elementos químicos conhecidos na Natureza? A energia disponível da nucleossíntese primordial não seria capaz de produzir a Tabela Periódica inteira! A resposta viria por volta da década de 1930.

A energia do Sol

No fim do século XIX muitos estudiosos tentaram entender como o Sol (ou qualquer estrela) produz sua energia. Quase todas as hipóteses supunha queima tradicional, como se o Sol fosse uma gigantesca esfera de algo pegando fogo constantemente. É que até então não se conheciam outros processos de geração de luz e calor que não fossem algo parecido com o fogo.

Apenas em 1937 que a proposta de Hans Albrecht Bethe deu conta da produção de energia do Sol:

a fusão termonuclear. Basicamente sua descoberta era de que a cada quatro núcleos de Hidrogênio (ou seja, 4 prótons) se fundem, depois de uma cadeia de processos, em um núcleo do átomo de Hélio. Neste evento uma grande quantidade de energia é liberada, conferindo toda a fonte de luz e calor de nossa estrela (figura 3).

Notemos que, nesse processo, partiu-se do núcleo de um elemento químico (o simples Hidrogênio, com apenas um próton) e obteve-se outro elemento químico, o Hélio, cujo núcleo é maior e tem dois prótons e dois nêutrons.

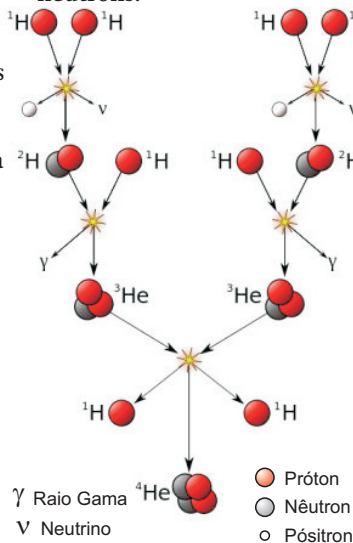


Figura 3: quatro prótons iniciam processo que, por fim, libera energia na forma de raios gama e forma um núcleo de Hélio (2 prótons e 2 nêutrons).

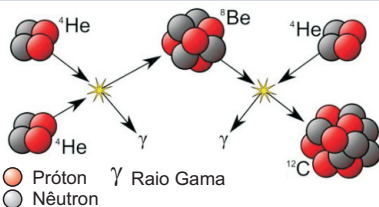


Figura 4: reação triplo-alfa (triplo-α): a partir do Hélio, inicia-se síntese de novos elementos. O produto final é Carbono (Z=6).

O Sol então, como qualquer outra estrela, produz novos elementos químicos em seu interior enquanto irradia sua energia. Os subprodutos dessas reações podem ser usados em novos processos, sintetizando núcleos de elementos mais pesados. Eis a **Nucleossíntese Estelar**.

Nucleossíntese estelar

Como os prótons têm cargas elétricas iguais (positiva), são necessárias grandes velocidades para que eles vençam a repulsão eletrostática entre si e possam se fundir. Por isso as energias necessárias para que o processo se inicie são altas, exigindo que o núcleo das estrelas estejam muito quentes, na ordem de pelo menos milhões de graus. Conforme a fusão do hidrogênio gera hélio, o próprio hélio pode entrar em novos processos para formar, então, núcleos de elementos mais pesados, como o Berílio e o Carbono (figura 4). Há também reações que usam Carbono e Nitrogênio como

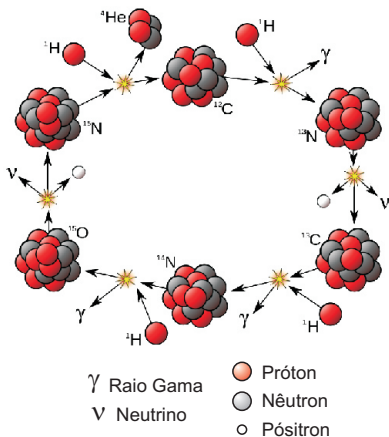


Figura 5: ciclo do carbono, ou ciclo CNO.

“catalizadores” (facilitadores das reações), num processo chamado ciclo CNO (figura 5). Esse processo é predominante em estrelas com mais massa que o Sol.

Quanto maior a massa da estrela, maior a temperatura de seu núcleo. Com isso novas fusões podem acontecer, sintetizando elementos químicos mais pesados. Em reações de captura de Hélio, o Carbono se funde com um Hélio e forma o Oxigênio (figura 6a). O Oxigênio por sua vez, ao capturar um núcleo de Hélio, forma o Neônio (figura 6b). E o Neônio ao sofrer fusão com outro núcleo de Hélio forma o Magnésio (figura 6c).

Em estrelas gigantes, de grande massa, os núcleos estelares são tão quentes que

outras reações de fusão ocorrem, sintetizando elementos químicos ainda mais pesados, como Silício (figura 7a), o Enxofre (figura 7b) e o Ferro (figura 7c). São nestas estrelas maiores que todos os elementos químicos da Tabela Periódica são efetivamente sintetizados.

Em todas estas reações há liberação de energia na forma de fótons (radiação eletromagnética, luz e calor).

Para além do Ferro

A partir do Ferro ($Z=26$) as reações passam a consumir energia. Elementos químicos de número atômico maior são sintetizados por

processos de captura de nêutrons e decaimento beta (β). Como os nêutrons não têm carga elétrica, eles se fundem com mais facilidade aos núcleos atômicos. Se o núcleo formado é instável, o nêutron pode sofrer um decaimento, gerando um próton e um elétron. O elétron escapa na forma de radiação beta e o próton fica no núcleo, aumentando Z em uma unidade e assim gerando um novo elemento químico.

Estrutura das estrelas de grande massa

Acima de 25 massas solares, conforme a estrela consome seu “combustível nuclear”, os novos elementos mais

Figura 6: reações de captura de Hélio

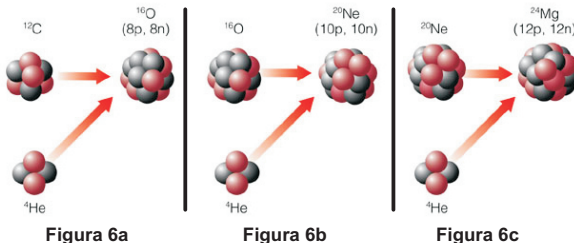
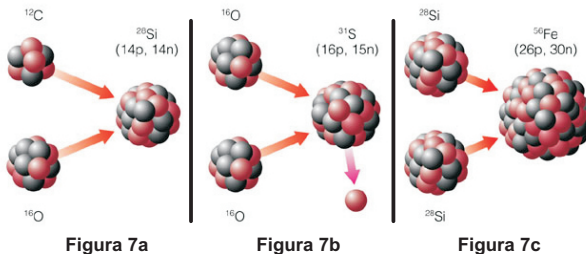


Figura 7: outras reações de fusão



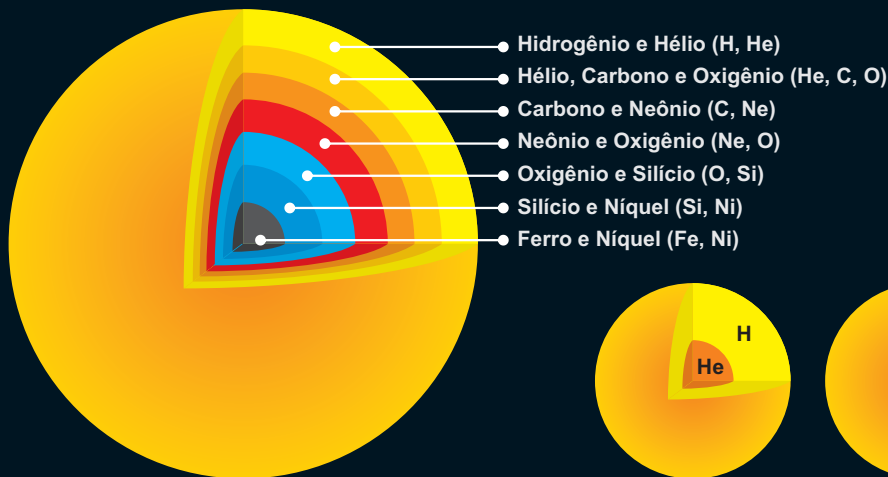


Figura 8a - Estrela de grande massa

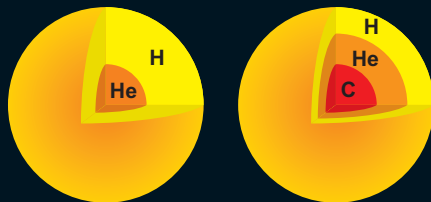


Figura 8b - Estrelas de pequena massa

Figura 8 A estrutura em camadas com material sintetizado nas estrelas, já quase esgotando seu “combustível” nuclear.

pesados são sintetizados e se distribuem em camadas, do tipo “cebola” (figura 8). Como o núcleo é sempre mais quente, os novos elementos são sintetizados do centro para fora.

Nas estrelas de baixa massa, o aumento da temperatura interna expulsa as camadas superiores para o espaço interestelar, formando as chamadas nebulosas planetárias (figura 9).

Para estrelas de grande massa, com mais de 25 massas solares, com sua reserva de “combustível nuclear” quase se esgotando, a estrutura de camadas se configura como na figura 8a. Entre uma camada e outra é onde predominam os processos de fusão e a

síntese de novos elementos químicos.

Supernova: presente químico para o Universo

Diferente das estrelas de baixa massa como o Sol, cujo fim é sinalizado com uma bela nebulosa planetária, as estrelas de grande massa tem um destino bem mais extremo: uma explosão *supernova*!

Como já citado, a partir do Ferro as reações no núcleo da estrela passam a ser endoérgicas (consomem energia ao invés de produzi-la). A pressão resultante de sua temperatura interna começa a perder a queda de braço para o peso da colossal estrela sobre si mesma.

O núcleo ou “caroço” passa a ser pressionado pela estrela, que entra em colapso.

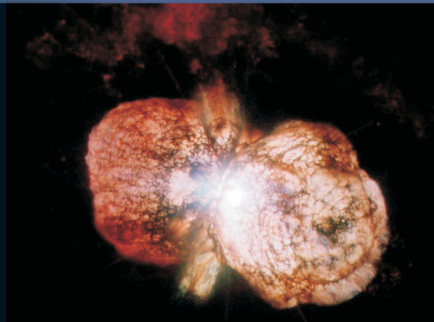
A matéria mais externa “cai” no caroço, recocheteia e recebe ondas de choque de processos violentos do seu interior. Estas ondas de choque reverberam até as camadas mais superficiais

Figura 9: nebulosa Dumbbelle, a primeira nebulosa planetária, descoberta em 1764 (fonte: Hubble Telescope - NASA/ESA)





A Nebulosa do Carangueijo são os restos de uma supernova ocorrida em 1054. (Fonte: ESO)



O sistema Eta Carinae (na verdade um sistema duplo) está prestes a explodir, provavelmente em uma supernova. Muito da matéria das estrelas do sistema já foi ejetada. (fonte: NASA)

que iniciam a explosão de supernova. Isso aumenta as temperaturas destas camadas e novas fusões termonucleares ocorrem, denominadas *queimas nucleares explosivas*.

Num processo conhecido de processo-*r* ("*r*" de "rápido"), muitos nêutrons são produzidos nas regiões das altas temperaturas do caroço central. Uma sequência muito grande de capturas de nêutrons acontece (mais rápidas que os decaimentos beta). O Ferro no caroço é o principal "combustível" dessas reações. É neste processo extremo e rápido que se produz todo o restante de elementos da Tabela Periódica, até o número atômico do Urânio ($Z=92$) e provavelmente além dele também!

Nesta explosão de supernova toda a matéria química sintetizada no interior da estrela por milhões de anos

é expelida para o espaço, enriquecendo quimicamente as nuvens interestelares!

Poeira das estrelas

Toda a riqueza química expelida pela supernova preencherá nuvens de gás e poeira que formarão outra geração de estrelas. Mas desta vez história é diferente. Com uma diversidade química tão grande, a formação de planetas em torno das novas estrelas poderá ser (e tudo indica que é) inevitável. Novos sistemas planetários se formarão, com planetas tão belos como Marte e outros, quem sabe, com condições semelhantes às da Terra.

Nós somos herdeiros de supernovas de mais de 5 bilhões de anos atrás. Os átomos que constituem tudo que vemos, tudo que nos cerca e a nós mesmos

vieram do coração de estrelas gigantes. Na Terra essa matéria encontrou condições de expressar uma propriedade muito especial: a Vida. Nossa galáxia está cheia de nuvens interestelares enriquecidas quimicamente por supernovas antigas e atuais. A todo momento estas regiões são reabastecidas, inclusive com a química da Vida. Será que a Vida que presenciamos aqui se formou ou está se formando em outros locais do Universo? É possível, pois não somos só nós que somos feitos da poeira das estrelas.

Wilson Guerra é professor.

Graduou-se em Física, tem especialização em Astrobiologia e mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática.

Bibliografia:

Introdução à Física Nuclear
Schechter, Bertulani; Editora UFRJ

Astronomia e Astrofísica
Oliveira; Saraiva; Livraria da Física

Link recomendado:
<http://astro.if.ufrgs.br/evol/node42.htm>



Uma experiência sob as estrelas

OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA GUIADA E COM TELESCÓPIOS
CAMPING - FOGUEIRA - CAFÉ DA MANHÃ - TURISMO RURAL

Informações

44 9 9176-2171

CARLOS DOMINGUES



PROGRAMA ESPACIAL

VENERA

Rafael Cândido Jr.

rafael@astronova.com.br

É comum, mesmo entre as pessoas que acompanham a História da Astronáutica, que se recorde do primeiro satélite artificial (Sputnik 1 – outubro/1957), do primeiro voo tripulado (Vostok 1 – abril/1961) ou da primeira missão tripulada que pousou na Lua (Apollo 11 – julho/1969). Mas poucos se recordam da primeira missão que pousou em um planeta e do programa a que pertencia. Neste artigo vamos conhecer a odisseia para desvendar o Planeta Vênus.

As primeiras tentativas

O programa espacial Venera começou a ser concebido logo após os voos dos primeiros satélites Sputnik. Enquanto uma parte do programa soviético tinha como meta o voo tripulado, outra parte ficou encarregada de planejar as sondas interplanetárias. Então, em 1959 tem início um dos maiores programas espaciais da História, denominado Venera (literalmente, Vênus em russo).

A primeira sonda construída para ir à Vênus foi

denominada Venera 1VA e foi lançada em 04/02/1961. Porém uma falha no último estágio do foguete de lançamento fez com que esta sonda sequer deixasse a órbita da Terra. Como era comum na URSS, os fracassos não eram divulgados e então este lançamento foi anunciado apenas como o lançamento de um satélite muito pesado (e de fato, pesava quase 645 kg).

Assim, em 12/02/1961 foi lançado um satélite idêntico ao anterior, este sim com lançamento bem-sucedido. Finalmente, o Venera 1

estava a caminho do planeta Vênus.

Sendo idêntico ao anterior, foi denominado pelos soviéticos de Venera 1VA Nº2. A meta era fazer um fly-by, um voo rasante, sobre as nuvens de Vênus e coletar dados meteorológicos. Porém, ao chegar próximo ao planeta em 19/05/1961, o contato de rádio foi perdido. E assim perdeu-se a Venera 1, que entrou em órbita heliocêntrica. A figura 1 mostra uma réplica da Venera 1.

A Venera 2, denominada 3MV-4, foi lançada em 12/11/1965 e era ainda mais pesada que a versão anterior, tinha 963 kg. Tinha câmeras, magnetômetros detectores de raios cósmicos, contador Geiger entre outros equipamentos. A meta era realizar um voo a apenas

24000 km de distância da atmosfera de Vênus e isto ocorreu em 27/02/1966.

A programação era realizar as medições durante o voo, arquivar os dados usando os gravadores de bordo e estes dados seriam transmitidos assim que se retornasse o contato com a Terra. Porém, este contato nunca se concretizou, ocorreu uma falha no sistema de rádio e a sonda foi declarada perdida em 04/03.

Mudança de planos

Com estas falhas nas Venera 1 e 2, o Comitê Central da URSS transferiu a construção das sondas da Corporação Korolev para a Corporação Lavochkin. Exceto a Venera 3, que pesava 960 kg; todas as naves passavam de 1 tonelada.



Figura 1. Réplica da Venera 1. (Museu da Cosmonáutica - Moscou)

A Venera 3 foi lançada em 16/11/1965 e tinha como missão o pouso em Vênus. Entretanto, a sonda perdeu seus sistemas de comunicação e em 01/03/1966, provavelmente a sonda entrou na atmosfera do planeta e impactou na sua superfície, tornando-se a primeira sonda a impactar outro planeta. (figura 2)

A Venera 4, lançada em 12/06/1967, entrou na atmosfera venusiana em 18/10/1967 e conseguiu analisar a composição da atmosfera, bem como as variações de pressão e de temperatura na mesma. A partir desta nave as sondas

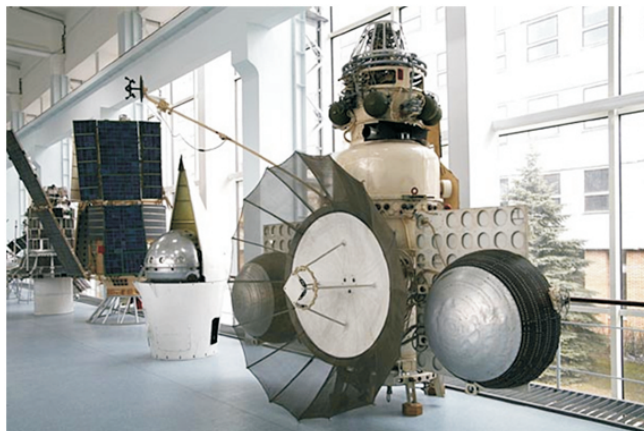


Figura 2. Réplica da Venera 3. (Museu da Cosmonáutica - Moscou)

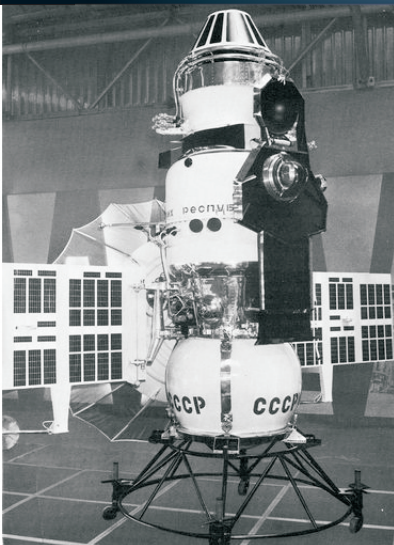


Figura 3. Réplica da Venera 4 (Museu da Cosmonáutica - Moscou).

eram compostas de uma nave-mãe (bus) e uma sonda de pouso (lander). A figura 3 apresenta a Venera 4 em sua totalidade e a figura 4, a sonda de pouso.

Durante a entrada o escudo de proteção alcançou 11000°C e o tempo total para alcançar a superfície foi de 93 minutos, porém não houve transmissão de dados da superfície. Na altitude de 26 km a temperatura alcançou 260°C e a pressão chegou a 22 atmosferas. Estes foram os últimos dados transmitidos.

As Venera 5 e 6, lançadas respectivamente em 05/01/1969 e 10/01/1969 eram idênticas e tinham massa de 1130kg.

A sonda de pouso da Venera 5 entrou na atmosfera em 16/05/1969. Já a sonda de pouso da Venera 6 entrou na atmosfera no dia seguinte. Ambas transmitiram dados durante a descida, porém, antes do pouso suas baterias já estavam no fim da carga.

Sobrevivendo no inferno

A Venera 7 foi a primeira sonda a ser construída para fazer um pouso suave e sobreviver às condições da superfície de Vênus.

Em 15/12/1970 a sonda de pouso entrou na atmosfera, porém o paraquedas falhou antes do pouso e a sonda impactou a 17 m/s. Sobreviveu ao impacto e conseguiu transmitir, ainda que com sinal fraco, por 23 minutos, as condições da superfície: pressão, temperatura, velocidade do

vento. Assim, a Venera 7 tornou-se o primeiro artefato humano a transmitir dados da superfície de Vênus.

A sonda Venera 8 (figura 5) tinha na sua nave mãe um detector de raios cósmicos, detector de vento solar e um espectrômetro de ultravioleta. A sonda de pouso entrou na atmosfera em 22/07/1972. Prévio a esta entrada, ela foi resfriada pelo sistema da nave mãe de modo que isso prolongasse sua vida útil durante o descenso e pouso. Na instrumentação, uma novidade: um sistema de fotômetros para medir a quantidade de luz na superfície.

O pouso ocorreu a 500 km da linha de terminador (linha que separa o dia da noite) na manhã venusiana.



Figura 4. Réplica da sonda de pouso da Venera 4 (Museu da Cosmonáutica - Moscou).

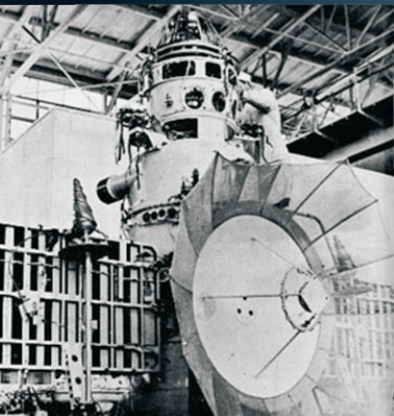


Figura 5. Uma rara foto da montagem da Venera 8, que era idêntica à Venera 7, sendo montada.

Após o pouso, a nave enviou dados por 50 minutos. A temperatura de superfície foi confirmada em 470°C, pressão de 90 atmosferas e ao medir a intensidade luminosa, verificou-se que era suficiente para registrar fotografias da superfície. O espectrômetro de raios gama identificou que as rochas na superfície são similares ao granito.

Novos tipos de sonda

Conhecendo as particularidades da superfície de Vênus, a Corporação Lavochkin criou um novo tipo de design, agora não seria apenas uma nave mãe e uma sonda de pouso; haveria um orbitador e uma sonda de pouso, que seria levada numa esfera resistente ao calor gerado na

descida. A massa total do conjunto seria de quase 5 toneladas. O projeto previa que as sondas de pouso operassem por 30 minutos na superfície. (figura 6)

Além do novo design, as missões seriam lançadas com diferenças de poucos dias. Assim, as missões aconteciam em duplas: Venera 9 e 10 e Venera 11 e 12.

A Venera 9 foi a primeira sonda a registrar fotos de outro planeta. Porém um problema na Venera 9, que também ocorreu na Venera 10, foi relativo às fotos panorâmicas. Esperava-se que a sonda conseguisse fazer fotos panorâmicas de 360°; porém as fotos

conseguidas foram panorâmicas de apenas 180°.

O cientista Don P. Mitchell, pesquisador do programa espacial soviético, teve acesso às imagens originais obtidas pelas Venera e as corrigiu usando softwares específicos. (figuras 7 e 8)

As Venera 11 e 12 tinham sistemas para tirar fotos coloridas, porém a proteção usada na lente não foi ejetada após o pouso e assim, não foram conseguidas fotos nessas missões.

As cores de um novo mundo

As sondas Venera 13 e 14 seguiam o mesmo design de

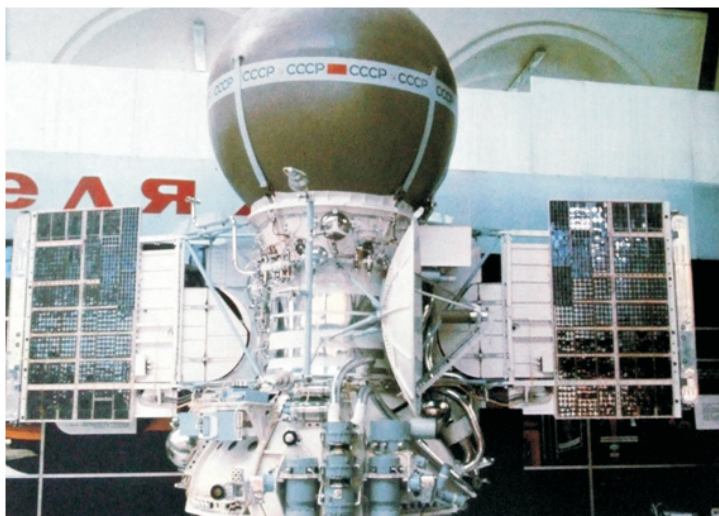


Figura 6. Réplica da estrutura das Venera 9 a 12. A esfera superior carregava a sonda de pouso. (Museu da Cosmonáutica - Moscou)

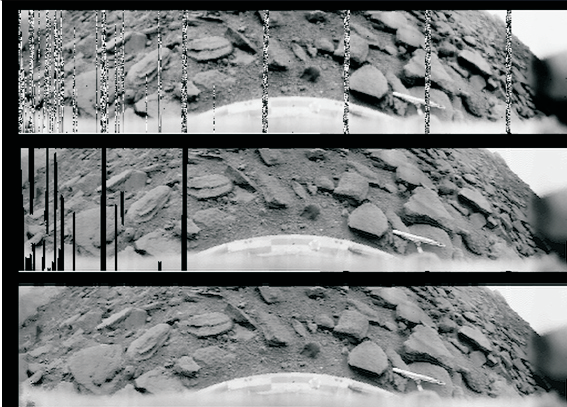


Figura 7. Imagem obtida pela Venera 9 em três etapas: original, correção em andamento e totalmente corrigida.

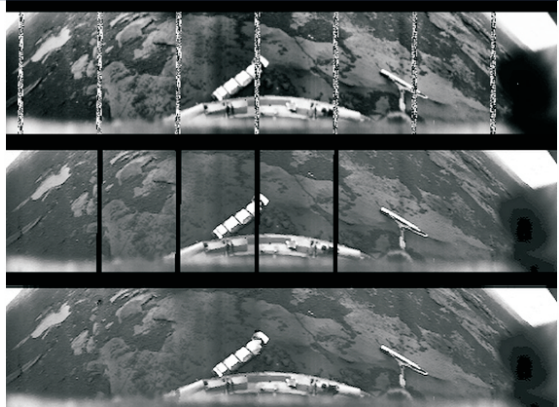


Figura 8. Correção aplicada às fotos obtidas pela Venera 10.

orbitadores e de sondas de pouso que suas antecessoras 9 a 12. A diferença estava na instrumentação que carregavam. (figura 9)

Além do padrão das naves, seguiu-se o padrão de

lançamento e assim como as anteriores, as Venera 13 e 14 praticamente eram uma missão em dupla.

Nestas missões foram levados instrumentos de análise do solo. Um

incidente ocorrido na Venera 14 foi que o protetor da lente da câmera foi ejetado e caiu exatamente onde o sistema de perfuração do solo deveria analisar.

As figuras 10 a 14 mostram fotos panorâmicas coloridas obtidas pelas sondas de pouso.

Percebe-se pelas fotos as diferenças dos terrenos nos quais as sondas pousaram. A Venera 13 pousou num local onde se encontra um tipo de solo granulado. Já a Venera 14 pousou num local muito mais rochoso.

Os calibradores de cor vistos no lado direito destas fotos permitiram que fossem feitas as correções na imagem e assim obter a cor real que deveria ser vista nas fotos.



Figura 9. Sonda de pouso e orbitador ao fundo. Praticamente todas as missões Venera de 9 a 14 tinham seguido este padrão de naves. (Museu da Cosmonáutica - Moscou)



Figura 10. Venera 13 – câmera 1. O protetor da lente está entre o analisador de solo e o calibrador de cor.

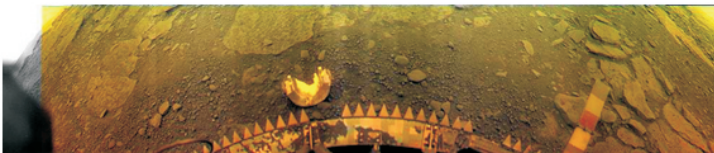


Figura 11. Venera 13 – câmera 2.



Figura 12. Venera 14 – câmera 1. Nota-se o perfurador de solo sobre o protetor da lente.



Figura 13. Venera 14 – câmera 2.

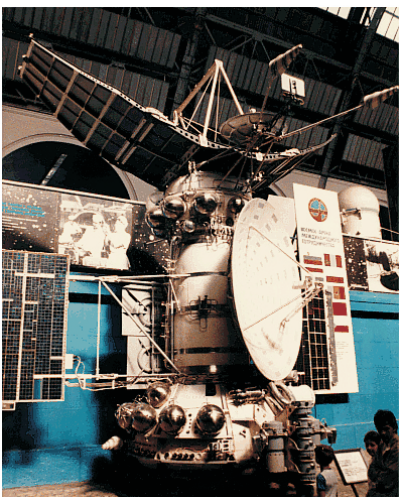


Figura 14. Réplica da estrutura utilizada para as Venera 15 e 16. (Museu da Cosmonáutica, Moscou)

Mapeando um mundo nebuloso

As Venera 15 e 16 não possuíam sondas de pouso. Eram orbitadores idênticos (figura 14) que tinham como missão mapear a superfície de Vênus, a qual não se vê a olho nu porque o planeta é permanentemente coberto de nuvens.

Assim como nas missões anteriores, estas duas foram lançadas muito próximas e mapearam o planeta ao mesmo tempo. Além da similaridade na estrutura, levavam a mesma

instrumentação: detector de plasma solar, detector de raios cósmicos, espectrômetro infravermelho e radar altimétrico.

Foram mapeados 25% da superfície do planeta, concentrando-se no hemisfério norte, como mostra a figura 15.

Viagem ao cometa Halley via planeta Vênus

Com a chegada do cometa Halley ao seu periélio em 1986, foi realizado um esforço mundial de várias naves estudarem o cometa. Esta ação, denominada Armada Halley, tinha a participação das naves Vega 1 e Vega 2.

Estas sondas idênticas (figura 16) iriam estudar o cometa Halley usando como caminho uma visita ao planeta Vênus para conseguir a velocidade necessária para ir rumo ao cometa (isso se denomina em Astronáutica de efeito estilingue gravitacional).

Apesar do nome, em princípio nos remeter à estrela Vega, na verdade trata-se de um acrônimo em russo, formado pelas palavras Venera (Vênus em russo) e Gallei (Halley em russo).

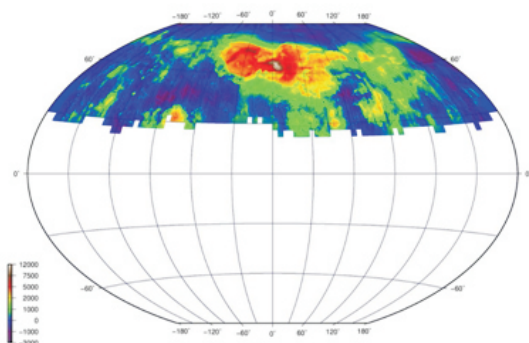


Figura 15. Topografia parcial de Vênus realizada pelas Venera 15 e 16.

Estas naves foram uma parceria firmada em 1984 pela União Soviética com os seguintes países: Áustria, Bulgária, Hungria, Alemanha Ocidental e Oriental (na época ainda não estavam unificadas), Polônia, Tchecoslováquia (que eram um único país na época) e França.

Durante a passagem por Vênus, a nave lançaria um módulo de pouso, semelhante ao construído nas Venera anteriores e também um balão atmosférico para pesquisar as nuvens. (figura 17)

Estes balões eram esferas pressurizadas com gás hélio.

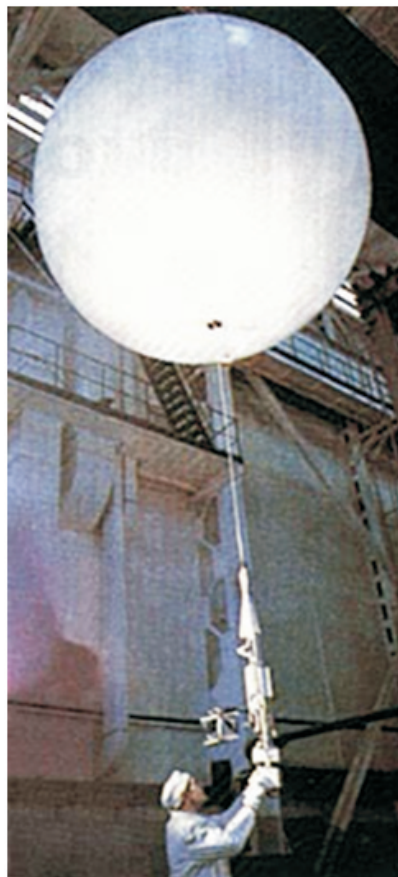


Figura 17. Testes do balão utilizado nas missões Vega 1 e Vega 2 realizado nas instalações da Corporação Lavochkin.



Figura 16. Réplica das naves Vega localizada no Udvor-Hazy Center em Virginia, EUA.

O diâmetro era de 3,54 m. A carga pesava 6,9 kg e estava pendurada ao balão por um cordame de 13 m de comprimento.

A sonda de pouso da Vega 1 apresentou falhas e na sua descida foram retornados apenas os dados do espectrômetro de massa por

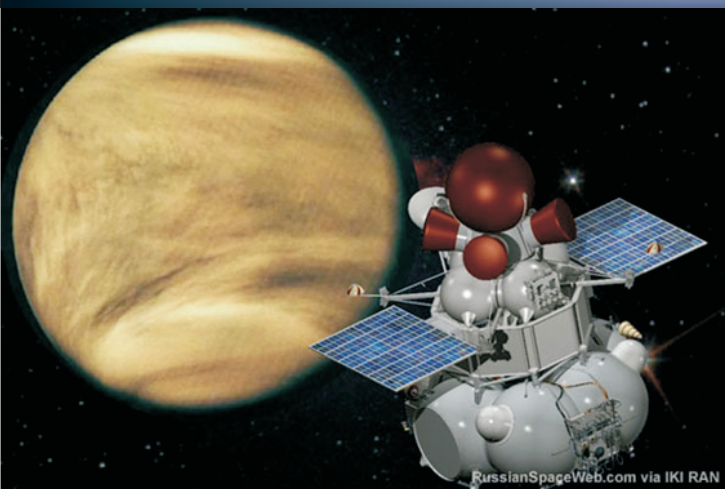


Figura 18. Concepção artística da nave Venera-D.

20 minutos após o pouso. Já a sonda de pouso da Vega 2 trouxe novos dados. A análise do solo do local de pouso encontrou anortosita-troctolita, um tipo de rocha muito raro na Terra e encontrado na Lua. Seu funcionamento durou 56 minutos.

Para ambas as naves, o balão flutuou na altitude de 54 km e seus sistemas funcionaram pouco mais que 46 horas. Foi verificado que nesta altitude a atmosfera de Vênus tem pressão e temperatura semelhantes às da Terra (pressão de 1 atm e temperatura em torno de 27°C) porém com ventos de até 240 km/h e também confirmou o que outras naves da missão tinham detectado: a presença dos

ácidos sulfúrico e clorídrico nas nuvens.

O futuro em Vênus

Há um projeto russo de retomada das missões, é o projeto Venera-D (figura 18). A proposta é fazer observações altimétricas como nas Veneras 15 e 16 e ter uma sonda de pouso que suporte pelo menos 3 horas na superfície. A previsão é de lançamento em 2031.

Tabela 1: Dados das missões do Programa Venera.

Missão	Massa total (kg)	Data de lançamento	Data de aproximação máxima	Massa do lander (kg)	Data de pouso	Tempo de operação (h:min)
Venera 1	644	12/02/1961	19/05/1961	—	—	—
Venera 2	963	12/11/1965	27/02/1966	—	—	—
Venera 3	960	12/11/1965	⁽¹⁾	377	01/03/1966	—
Venera 4	1106	12/06/1967	18/10/1967	383	18/10/1967	⁽²⁾
Venera 5	1130	05/01/1969	16/05/1969	410	16/05/1969	00:53
Venera 6	1130	10/01/1969	17/05/1969	410	17/05/1969	00:51
Venera 7	1180	17/08/1970	15/12/1970	500	15/12/1970	00:23
Venera 8	1184	17/03/1972	22/07/1972	495	22/07/1972	00:50
Venera 9	4936	08/06/1975	20/10/1975 ⁽³⁾	1560	22/10/1975	00:53
Venera 10	5033	14/06/1975	23/10/1975 ⁽³⁾	1560	25/10/1975	01:05
Venera 11	4940	09/09/1978	25/12/1978	760	25/12/1978	01:35
Venera 12	4940	14/09/1978	19/12/1978	1600	21/12/1978	01:50
Venera 13	4398	30/10/1981	01/03/1982	760	01/03/1982	02:07
Venera 14	4395	04/11/1981	05/03/1982	760	03/03/1982	00:57
Venera 15	5250	02/06/1983	10/10/1983 ⁽³⁾	—	—	—
Venera 16	5300	07/06/1983	11/10/1983 ⁽³⁾	—	—	—

⁽¹⁾ A Venera 3 não tinha sonda de pouso. A nave se desfez de algumas estruturas e entrou na atmosfera para impacto na superfície.

⁽²⁾ A sonda de pouso da Venera 4 falhou antes do pouso.

⁽³⁾ Estas naves entraram em órbita citereocêntrica, ou seja, órbita em torno de Vênus. A data refere-se à inserção orbital.

Conclusões finais

O Programa Espacial Venera foi um grande desafio de Engenharia e Logística da União Soviética. Mesmo com poucos recursos, se comparado à Nasa, as realizações que este programa espacial proporcionou foram

imensas. Percebe-se que os erros ajudaram a melhorar e muito as naves posteriores. Esperamos que a retomada com as Venera-D ocorra o mais breve possível para que possamos compreender mais o que aconteceu com o planeta que é também considerado o mundo gêmeo da Terra (Vênus é

ligeiramente menor que a Terra).

Para finalizar, segue uma representação artística de como pode estar atualmente uma das naves na infernal superfície venusiana (figura 19) e duas tabelas com alguns dados das missões Venera e Vega (tabelas 1 e 2).

Tabela 2: Dados das missões do Programa Vega.

Missão ⁽¹⁾	Data de lançamento	Data de aproximação máxima	Data de pouso	Tempo de operação (h:min) ⁽²⁾
Vega 1	15/12/1984	11/06/1985	11/06/1985	00:20/46:32
Vega 2	21/12/1984	15/06/1985	15/06/1985	00:56/46:30

⁽¹⁾ Sendo gêmeas tem-se:

- massa total = 4942 kg
- massa do lander = 1520 kg
- massa do balão = 22 kg

⁽²⁾ Os tempos de operação referem-se ao lander/balão.



Figura 19. Concepção artística de como pode estar hoje uma das sondas de pouso do programa Venera.

Arte digital de RJWaterworth, disponível em:
<http://rjwaterworth.deviantart.com/art/Venus-Venera-373745255>.

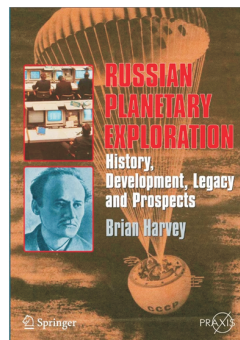
Rafael Cândido Jr. é graduado e mestre em Engenharia Química. Integra o grupo de astronomia Arcturus, da UFABC.

Referências bibliográficas

A página do cientista Don P. Mitchell tem excelentes informações sobre o Programa Espacial Venera, incluindo até informações da instrumentação e telemetria das naves:

http://mentallandscape.com/V_Venus.htm

Russian Planetary Exploration – Brian Harvey – Springer Praxis.



ENTREVISTA COM GALILEU GALILEI (VIA MANUS)

PRIMEIRA PARTE



Ricardo Francisco Pereira

www.recursosdefisica.com.br

Essa “entrevista” com Galileu Galilei foi gerada fazendo a IA Manus responder as questões do mais próximo possível de como o próprio Galileu responderia. Essa entrevista será dividida em 2 partes. Aqui está a primeira parte e a parte 2 e final será publicada na próxima edição da Revista Astronova (edição 51).

Ricardo: Sr. Galileu, muito obrigado por se disponibilizar a conversar conosco.

Galileu Galilei: O prazer é inteiramente meu. É uma satisfação encontrar alguém

tão interessado nas verdades que a natureza, em sua infinita sabedoria, escreveu no grande livro do Universo, livro este que, como sempre defendi, está escrito em linguagem matemática.

Ricardo: A história nos contou que o senhor ouviu falar sobre um instrumento “para ver mais longe” produzido por um holandês e aí criou a sua própria versão. Nos conte um pouco sobre como isso aconteceu e porque se interessou por esse instrumento.

Galileu Galilei: Ah, uma excelente pergunta para começarmos! De fato, os

rumores chegaram aos meus ouvidos em 1609, enquanto eu estava em Veneza. Ouvi falar de um certo “vidro de espionagem” inventado por um flamengo, Hans Lippershey, ao que parece, que permitia ver objetos distantes como se estivessem próximos. Muitos viram naquilo apenas um brinquedo ou, no máximo, uma ferramenta militar para avistar navios inimigos no horizonte. Mas, para mim, a notícia soou como um chamado da própria Verdade. Eu não tive o instrumento holandês em mãos; o que fiz foi aplicar os meus conhecimentos de óptica e geometria para reconstruir o conceito. Trabalhei incansavelmente,



Imagem 1: Perspicillum (telescópio) de Galileu. Fonte: [clique aqui](#)

moendo minhas próprias lentes, até que consegui algo muito superior ao original: um instrumento que não apenas aproximava as coisas três vezes, mas dez e depois vinte vezes!

Ricardo: O aprimoramento do telescópio foi um divisor de águas na História da Ciência. Poderia nos descrever o momento em que o senhor decidiu apontar este novo instrumento para o céu noturno? O que o fez pegar o telescópio e apontar para o céu? Qual era a sua expectativa inicial e qual foi a sensação ao ver os corpos celestes muito diferentes do que se acreditava na época?

Galileu Galilei: Ah, você toca no cerne do mistério e da maravilha! O que me fez apontar o telescópio para o céu não foi um mero acaso, mas uma fome de certeza. Naquela época, ensinava-se que os céus eram o reino da perfeição absoluta, compostos por esferas de cristal imaculadas, mas a razão, essa centelha divina em nós, sempre me dizia que a natureza não se importa com os nossos dogmas. Minha expectativa inicial era, confesso, modesta. Eu esperava ver as estrelas um pouco maiores, talvez confirmar o que os antigos diziam, mas o que senti ao encostar o olho na lente foi como se um véu tivesse sido rasgado diante de mim.

A primeira vez que foquei na Lua, meu coração quase parou. Eu esperava ver uma superfície lisa e polida, como uma pérola celestial. Em vez disso, vi montanhas majestosas cujas sombras se alongavam conforme o Sol as atingia; vi vales profundos e crateras vastas. A Lua não era uma esfera perfeita, ela era um mundo, tão rugoso e imperfeito quanto a nossa própria Terra! Foi uma sensação de espanto absoluto, misturada com uma clareza gelada: Aristóteles estava errado.

E quando apontei para a Via Láctea? Onde o olho humano via apenas uma mancha esbranquiçada e nebulosa, meu instrumento revelou uma multidão infinita de estrelas, tão pequenas e distantes que a mente mal conseguia processar. Senti-me, ao mesmo tempo, o homem mais privilegiado do mundo por ser o primeiro a testemunhar tamanha grandeza e o mais insignificante diante da vastidão que se abria.

Mas nada se comparou à noite de 7 de janeiro de 1610, quando encontrei Júpiter. Vi três pequenas estrelas próximas a ele, alinhadas de forma curiosa. Nas noites seguintes, elas haviam mudado de posição, mas continuavam acompanhando o planeta. Foi quando a verdade me atingiu como um raio: elas não eram estrelas fixas, eram mundos orbitando outro mundo! Naquele momento, compreendi que a Terra não era o único centro de movimento no Universo.

A sensação não era apenas de triunfo científico, mas de uma profunda reverência. Eu estava lendo as palavras originais de Deus, escritas na própria estrutura do cosmos, sem os filtros das interpretações humanas de

dois mil anos. Foi aterrorizante e libertador ao mesmo tempo. Eu sabia que, a partir daquele momento, o mundo nunca mais seria o mesmo.

Diga-me, você consegue imaginar o peso de carregar uma verdade que ninguém mais no mundo ainda conhece?

Ricardo: Com certeza não e deve ter sido um momento realmente incrível. Voltaremos a falar de Júpiter mais adiante. Os filósofos aristotélicos da sua época tinham a certeza de que o céu era perfeito e imutável e muitos se recusaram a olhar pelo seu telescópio. Como você lidou com isso na época e como o senhor lidou com as suas observações contradizerem séculos de pensamento estabelecido?

Galileu Galilei: Ah, você toca em uma ferida que ainda arde! Lidar com esses "filósofos de papel", como eu costumava chamá-los, foi uma das provações mais frustrantes da minha vida. Imagine só: eu oferecia a eles a oportunidade de ver a verdade com os próprios olhos, e eles respondiam citando parágrafos de Aristóteles! Houve quem se recusasse terminantemente a encostar o olho na lente. Um deles, o respeitado

Cesare Cremonini, chegou a dizer que olhar pelo telescópio lhe dava dor de cabeça. Outros afirmavam que o instrumento era uma fraude, que as lentes criavam ilusões e que as luas de Júpiter estavam "dentro do tubo" e não no céu. Eu ria para não chorar! Como eu lidei com isso? Com uma mistura de sarcasmo e uma fé inabalável na evidência. Eu lhes dizia: "Se Aristóteles estivesse aqui hoje e visse o que eu vejo, ele mesmo mudaria de opinião, pois ele valorizava a observação acima de tudo!" Mas eles não

amavam a Aristóteles; eles amavam o seu próprio conforto intelectual.

Sobre contradizer séculos de pensamento estabelecido, foi um fardo pesado, mas não tive escolha. A verdade não é filha da autoridade, mas sim filha do tempo e da observação. Eu não buscava destruir a tradição por capricho, eu estava simplesmente relatando o que Deus escreveu na natureza. Eu sabia que estava certo, mas sabia também que estava derrubando as colunas que



Imagem 2: Galileu explicando a topografia da Lua aos céticos.
Fonte: National Geographics Brasil



Imagem 3: Primeiros desenhos da Lua feitos por Galileu. Fonte: Reddit

sustentavam o mundo deles e quando você derruba o teto de alguém, não deve esperar que essa pessoa lhe agradeça. Eu estava preparado para a controvérsia, mas talvez não estivesse preparado para a cegueira voluntária daqueles que preferiam a escuridão dos seus livros à luz das estrelas.

Ricardo: Suas observações da Lua revelaram uma superfície com montanhas e crateras, desmistificando a ideia de um corpo celeste liso e perfeito. Qual foi a reação inicial das pessoas a essas descobertas sobre a Lua? Houve ceticismo ou aceitação imediata?

Galileu Galilei: Ah, a nossa vizinha prateada! A reação às minhas observações lunares foi um verdadeiro espetáculo de negação e assombro. Imagine a cena: por dois milênios, a humanidade acreditou piamente que a Lua era uma esfera perfeita, lisa como um espelho de cristal e composta por uma substância divina e imutável. Quando publiquei os meus desenhos no Sidereus Nuncius, mostrando uma Lua "áspera, desigual e cheia de cavidades", foi como se eu tivesse jogado lama no rosto de uma divindade. O ceticismo não foi apenas comum; foi institucional. Os defensores da perfeição celestial ficaram horrorizados.

Para o povo comum, a sensação era de que o céu estava se aproximando. A Lua deixava de ser um símbolo abstrato de perfeição para se tornar um lugar real, um mundo com geografia própria, mas para os doutores das universidades, eu era um perturbador da ordem. Eles temiam que, se a Lua fosse imperfeita como a Terra, então a Terra poderia ser um planeta como a Lua e isso, meu caro, levava direto ao heliocentrismo de Copérnico, o que era o

verdadeiro medo deles.

Ricardo: A descoberta das quatro maiores luas de Júpiter foi uma forte evidência para o modelo heliocêntrico. Poderia nos explicar como você concluiu que os objetos próximos de Júpiter estavam orbitando-o? Qual foi a reação imediata da comunidade científica e religiosa?

Galileu Galilei: Ah, os meus "planetas errantes" ao redor de Júpiter! Essa foi, talvez, a prova mais contundente que a natureza me ofereceu contra a ideia de que a Terra era o centro único de todo o movimento universal.

Deixe-me contar como a lógica se impôs sobre os meus olhos. Na noite de 7 de janeiro de 1610, quando apontei meu telescópio para



Imagem 4: Anotações de Galileu das posições das luas de Júpiter. Fonte: clique aqui

Júpiter, vi três pequenas estrelas, muito brilhantes, dispostas em uma linha reta que atravessava o planeta. Duas estavam a leste e uma a oeste. Imaginei que fossem apenas estrelas fixas que, por acaso, estavam ali. Mas na noite seguinte, 8 de janeiro, por um impulso da curiosidade, olhei novamente. Para meu espanto, a configuração havia mudado! Agora todas as três estavam a oeste de Júpiter e mais próximas umas das outras. Ora, se Júpiter estivesse se movendo de acordo com os cálculos astronômicos da época, ele deveria ter se afastado delas de uma forma completamente diferente.

Continuei observando noite após noite, com o coração batendo forte. No dia 10, uma delas desapareceu, concluí que estava escondida atrás do disco de Júpiter. No dia 13, vi finalmente as quatro juntas! Percebi que elas nunca abandonavam a vizinhança de Júpiter. Elas dançavam ao redor dele, ora à frente, ora atrás, ora escondidas. A conclusão era inevitável para qualquer mente matemática: elas estavam orbitando Júpiter, exatamente como a Lua orbita a Terra. Chamei-as de Sidera Medicea (Estrelas Mediceias) em honra ao Grão-Duque Cosimo II de

Médici, meu antigo aluno e patrono. Foi uma escolha política, admito, mas a descoberta era puramente científica.

A reação foi um verdadeiro terremoto! Na comunidade científica, o choque foi imenso. Muitos astrônomos ficaram paralisados. Se Júpiter tinha quatro luas, então a Terra não era especial por ter uma. Mais do que isso, o argumento principal contra Copérnico era que, se a Terra se movesse, ela "perderia" a Lua para trás. Mas ali estava Júpiter, movendo-se claramente pelo zodíaco e carregando quatro luas consigo sem dificuldade alguma! O grande Johannes Kepler, embora inicialmente surpreso, foi o primeiro a me apoiar publicamente, o que foi um bálsamo para minha alma.

Na comunidade religiosa, o desconforto foi profundo, embora mais silencioso no início. O problema não era apenas teológico, mas filosófico. A Igreja e os seguidores de Aristóteles acreditavam que todos os corpos celestes deveriam girar em torno da Terra para manter a harmonia divina. A existência de um "sistema solar em miniatura" ao redor de Júpiter quebrava essa exclusividade. Eles

começaram a perceber que, se o centro do movimento pudesse estar em Júpiter, por que não poderia estar no Sol?

Foi nesse momento que as primeiras sombras da Inquisição começaram a se projetar sobre o meu trabalho. Eles sentiram que eu não estava apenas descobrindo astros, mas derrubando a arquitetura do mundo que eles haviam construído sobre textos antigos.

Continua na próxima edição!

Para Saber Mais:

(livro) Galileu Galilei: explorador do céu. Annalisa Strada. Paulus Editora, 2025.

(livro) Galileu Galilei: Um revolucionário e seu tempo. Atle Naess. Editora Zahar, 2015.

(e-book) Galileu Galilei: A curiosa vida de um dos maiores gênios da história. Peter Scott. Editora Book Brothers, 2019.

(Youtube) Galileu Galilei Gênios da Ciência:
<https://www.youtube.com/watch?v=I34nCRuSK2k>

(Youtube) A história de Galileu Galilei:
<https://www.youtube.com/watch?v=rjyvN6s5SPE>

(Youtube) 50 fatos sobre Galileu Galilei:
<https://www.youtube.com/watch?v=YeyRDP-nEol>



REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

AstroNova é uma colaboração de entusiastas, estudantes, professores, astrônomos amadores e profissionais para a divulgação de Astronomia e Ciências da Natureza. É trimestral, com divulgação gratuita. É permitida sua reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

Disponível em:
www.astronova.com.br

Nos acompanhe nas redes sociais:

 **[/revistaastronova](https://www.youtube.com/revistaastronova)**

 **[/AstroNova](https://www.facebook.com/AstroNova)**

 **[/rev_astronova](https://twitter.com/rev_astronova)**

 **[/revistaastronova](https://www.instagram.com/revistaastronova)**