

DO

ÁTOMO

**PARA DESCOMPLICAR
A ASTRONOMIA**

AO

BURACO

NEGRO

SCHWARZA



Planeta

Trecho anticipado para divulgação. Venda proibida.

INTRODUÇÃO	9	19. MARTE	88
1. O ÁTOMO	14	20. SATURNO	96
2. ESTRELAS	18	21. URANO	102
3. SUPERNOVAS	22	22. NETUNO	106
4. NEBULOSAS	28	23. PLUTÃO	112
5. NEBULOSAS DE EMISSÃO	34	24. PLANETA 9	118
6. NEBULOSAS DE REFLEXÃO	36	25. COMETAS	122
7. NEBULOSAS ESCURAS	38	26. ASTEROIDES	126
8. NEBULOSAS PLANETÁRIAS	40	27. METEOROS	130
9. ESTRELAS DE NÊUTRONS	42	28. OUMUAMUA	132
10. PULSARES	46	29. EXOPLANETAS	136
11. MAGNETAR	50	30. PROXIMA B	138
12. BURACO NEGRO	54	31. TRAPPIST-1	142
13. JÚPITER	64	32. JÚPITERES QUENTES	144
14. SISTEMA SOLAR	68	33. COROT-7B	146
15. PLANETAS	70	34. TRES-2B	148
16. MERCÚRIO	72	35. HAT-P-1B	150
17. VÊNUS	78	36. PSR J1719-1438 B	152
18. TERRA	82	37. TRES-4	154

- 38. ANÃS VERMELHAS** 158
- 39. ANÃS MARRONS** 162
- 40. SUPERGIGANTE AZUL** 164
- 41. SUPERGIGANTE VERMELHA** 168
- 42. UY SCUTI** 172
- 43. A ESTRELA COM
NUVENS DE METAL** 174
- 44. ESTRELA VEGA:
A ESTRELA OVAL** 176
- 45. HV 2112: A ESTRELA
OVO DE CHOCOLATE** 178
- 46. ESTRELA DE TABBY: A ESTRELA
DA MEGAESTRUTURA
ALIENÍGENA** 180
- 47. AGLOMERADOS ESTELARES** 184
- 48. GALÁXIAS** 188
- 49. O OBJETO DE HOAG** 192
- 50. GALÁXIA DO SOMBREIRO** 194
- 51. GALÁXIA DE ANDRÔMEDA** 196
- 52. A1689-ZD1** 198
- 53. GALÁXIA BX442** 202
- 54. GALÁXIA GN-Z11** 204
- 55. GALÁXIA NGC 262** 206
- 56. GALÁXIA IC 1101:
A MAIOR GALÁXIA
JÁ DETECTADA** 208
- 57. QUASARES** 210
- 58. BLAZARES** 214
- 59. BURACOS BRANCOS** 218
- 60. MATÉRIA ESCURA** 224
- 61. ENERGIA ESCURA** 228
- 62. BURACOS DE MINHOCA** 232
- 63. BURACOS NEGROS
SUPERMASSIVOS** 236
- 64. O BIG BANG** 240
- 65. O BOSS GREAT WALL:
A MAIOR ESTRUTURA
JÁ DETECTADA NO
UNIVERSO** 246
- AGRADECIMENTOS** 249



OU
TPO

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

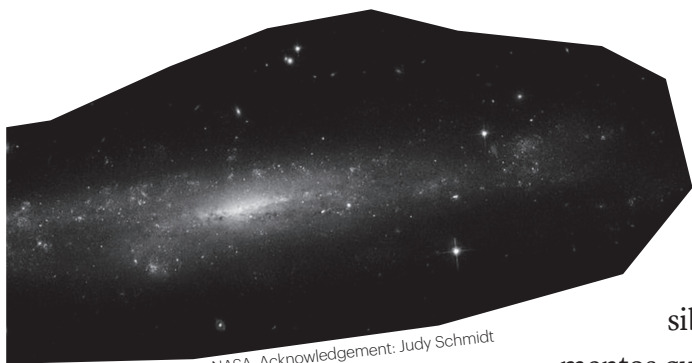
INTRODUÇÃO

Depois de inventar a roda, aprender a manipular o fogo, desbravar os 7 mares e dominar e espalhar nossa presença em torno de todo o globo terrestre, passamos a mirar o céu – ele era o novo “oceano” a ser explorado.

O espaço já nos fascinava em uma época em que não fazíamos ideia do que ele era e como funcionava; as luzes no céu inspiravam histórias que tentavam explicar sua beleza e seus mistérios.

Os gregos contavam a história de Héracles, filho de Zeus, pai de todos os deuses. Héracles seria conduzido para se alimentar no seio da esposa de Zeus, Hera, para assim conquistar a imortalidade; porém, quando Hera descobriu que Héracles era, na verdade, filho de Zeus com uma mortal, rapidamente afastou a criança de seu corpo e o leite proveniente de seu seio se espalhou pelo céu, criando uma faixa esbranquiçada. Estava batizada a Via Láctea.

É um consenso entre o meio científico que a próxima fronteira a ser superada pela raça humana é o espaço. Já conquistamos a Lua, mas a nossa curiosidade nos levará além, pois é de nossa natureza



©ESA/Hubble & NASA, Acknowledgement: Judy Schmidt

tentar compreender a realidade que nos cerca. E é essa natureza questionadora que possibilitou a criação de instru-

mentos que ampliaram nossos senti-

dos para entender o que o Universo tem a nos dizer.

Objetos que antes existiam apenas nas equações da relatividade geral, hoje são confirmados, como buracos negros e ondas gravitacionais. Telescópios como o Hubble pintam em nossas retinas as cores vibrantes que compõem nebulosas e galáxias – instrumentos que nos levam a uma verdadeira viagem pelo tempo, rumo à origem de tudo, há 13,8 bilhões de anos.

Quando me arrisquei a falar de astronomia no YouTube eu o fiz por 2 motivos: o primeiro era que eu havia acabado de bater 100 mil inscritos. Isso fez brotar em mim um senso de responsabilidade sobre o conteúdo que eu estava compartilhando com as pessoas, queria trazer algo que fosse relevante de alguma maneira. E o outro motivo foi o amor que tenho pela astronomia, amor esse que nasceu em 1986 (sim, sou meio velho) – ano bem agitado para a astronomia, pois tivemos a visita do cometa Halley, que eu só verei novamente em 2061, quando estiver no auge dos meus 82 anos. E outro fato marcante nesse ano foi a explosão do ônibus espacial Challenger, que resultou na morte de todos os seus 7 tripulantes.

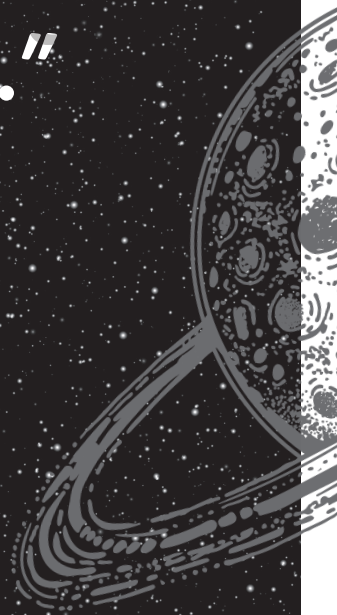
Esses 2 eventos mexeram com a minha cabeça na época. O que era aquele cometa, aquele visitante iluminado oriundo de tão longe? E por que aquelas pessoas arriscaram sua vida? Qual o propósito? De lá para cá, minha curiosidade pelo tema cresceu, e no início de minha vida adulta fui apresentado à série *Cosmos*, de Carl Sagan,

talvez o maior divulgador científico da história. Ele usava uma linguagem simples, muitas vezes até poética, para explicar às massas coisas até então debatidas apenas no meio acadêmico, como velocidade da luz, dilatação do tempo e outras dimensões. Quando o vi naquela série desejei ser como ele, um divulgador de ciência, usar a astronomia como analogia à insignificância de nossas preocupações perante a grandeza de todo o Universo.

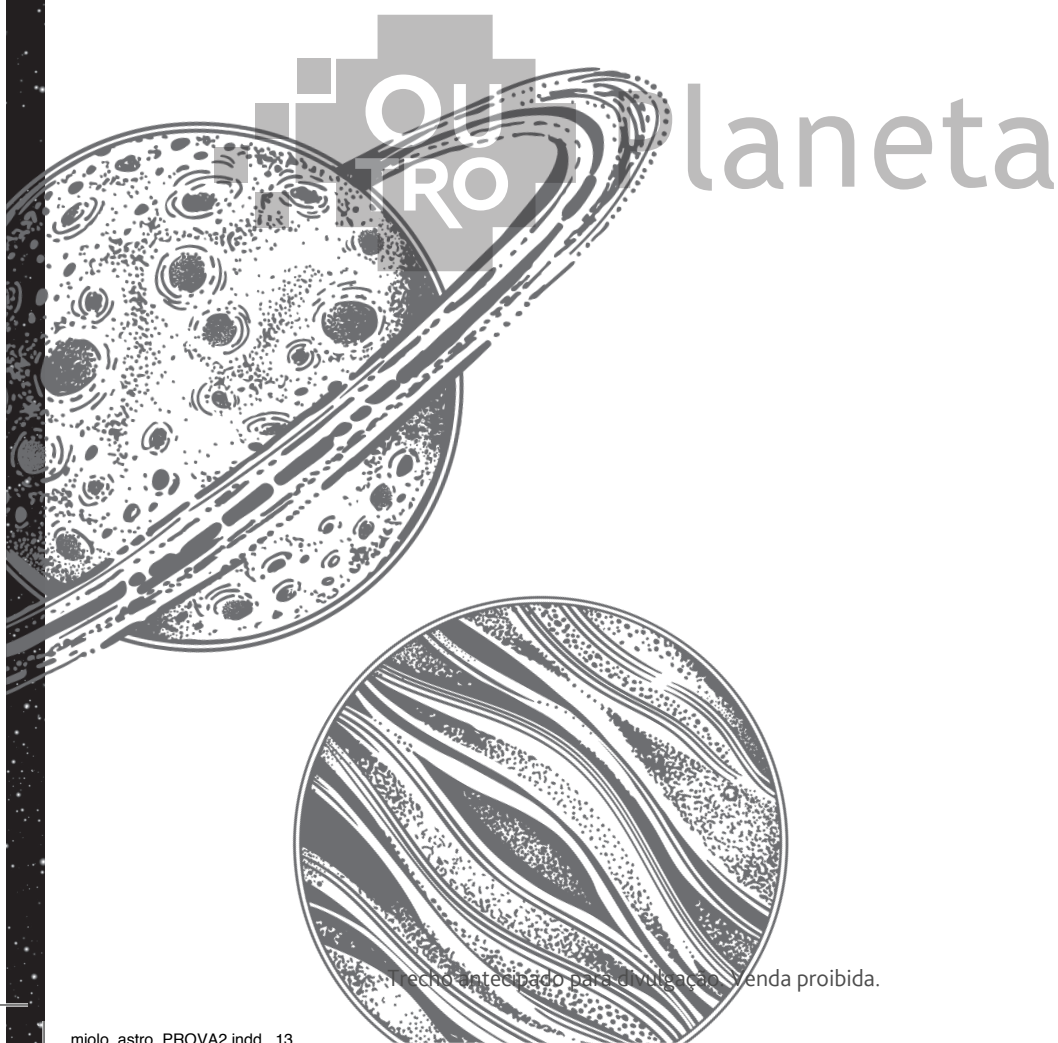
Mas a minha trajetória profissional acabou me levando a outros caminhos. Por muito tempo trabalhei com arte, fiz colorização digital para histórias em quadrinhos, mas sempre que podia eu lia a respeito das descobertas que andavam sendo feitas na área da astrofísica. Acompanhei lançamentos de ônibus espaciais (e revivi o trauma de ver uma explosão desse tipo de nave, desta vez o Columbia, em 2003); em 2006, torci pelo nosso astronauta Marcos Pontes (que tive o prazer de conhecer em 2017), o primeiro brasileiro a ir ao espaço; nunca me distanciei da astronomia completamente, apesar de não tê-la abraçado profissionalmente, deixando-a como um hobby.

Mas foi quando me vi falando para milhares de pessoas na internet que o desejo de abordar a astronomia voltou com tudo. Com a necessidade de realizar algum trabalho que fizesse sentido para mim, passei a me especializar no assunto com todo o tempo livre que tinha. Fiz cursos de astronomia geral, dinâmica e evolução estelar, reconhecimento do céu na Escola Municipal de Astrofísica (EMA), também fiz um curso para professores no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP) – não sou professor, mas consegui uma vaga por ser divulgador científico – e me aproximei de pessoas que me ajudaram muito nessa complicada tarefa que é entender o que se passa acima de nossa cabeça.

**“ENXERGANDO
NOSSO LUGAR
NA ESCALA DO
UNIVERSO, TEMOS
A PERCEPÇÃO DO
QUANTO É EFÊMERA
E GRANDIOSA A
NOSSA EXISTÊNCIA.”**



Neste livro, quero levar você por um passeio pelo cosmos usando 65 objetos celestes. A ideia é ter como ponto de partida os objetos microscópicos do universo quântico, ir para planetas, luas, sistemas estelares e galáxias. Uma viagem em escala que parte de objetos pequenos demais para serem visualizados a olho nu a buracos negros monstruosos que chegam a ter 40 bilhões de vezes a massa do Sol. Espero que esta obra faça por você o mesmo que a astronomia fez por mim: ela redefiniu a minha concepção de tempo, existência e humildade. Será um passeio pelas estruturas que possibilitam que eu, você e todos os seus amigos e parentes possam contemplar a existência neste momento no espaço-tempo.



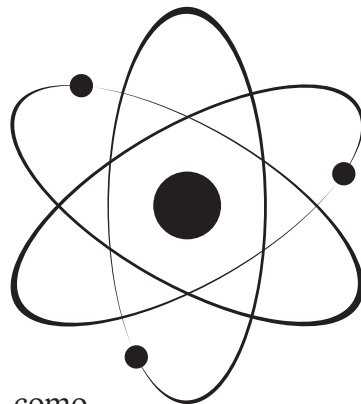
1

O ÁTOMO

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

PARA COMEÇAR NOSSA VIAGEM

pelo cosmos, podemos falar da menor parte dele. O átomo é o formador da matéria, que é tudo aquilo que ocupa espaço e possui massa. Você e eu somos feitos de átomos. Bom, na verdade, os átomos não são a menor parte da matéria, como



já se acreditou um dia; eles são constituídos por partículas de prótons, nêutrons e elétrons. Os átomos foram descobertos por John Dalton. Inicialmente acreditava-se que eles eram partículas sólidas e indivisíveis, mas com a descoberta da radioatividade, que é o processo pelo qual os átomos perdem partículas em forma de radiação, o modelo de Dalton foi colocado em dúvida. Um cara chamado Ernest Rutherford trouxe uma revolução para a teoria. O neozelandês propôs um modelo de átomo em que as partículas negativas (elétrons) giram em torno do núcleo, onde estão partículas positivas (prótons) e neutras (nêutrons). Para Rutherford, os elétrons permaneciam gravitando em torno do núcleo, de maneira semelhante à que os planetas orbitam ao redor do Sol. A questão da estabilidade dos átomos foi resolvida pelo dinamarquês Niels Bohr, que aperfeiçoou a tese de Rutherford. Em seu modelo, os elétrons encontram-se girando em alta velocidade ao redor do núcleo.

Mas você deve ter ficado com uma dúvida agora, pois, se o átomo não é a menor parte da matéria, então qual é?

Existem os fótons e os glúons, que são os menores componentes do átomo, formados por energia pura. Os fótons são as partículas de luz, nomeadas por Einstein. Já os glúons são chamados de partículas mensageiras, pois ligam os quarks (outro tipo de partícula subatômica) ao interior dos prótons e nêutrons.

Já entre as partículas que têm alguma massa, a menor é o neutrino, que pode ter 4×10^{-33} grama, o equivalente a 1 bilionésimo de trilionésimo de grama, uma massa 100 milhões de vezes menor do que a do próton, que tem $1,67 \times 10^{-24}$ grama. Ao contrário dos prótons, os neutrinos não são como bloquinhos de LEGO que compõem a matéria, mas sim partículas ejetadas por átomos a partir do interior de estrelas como o Sol. Neste exato momento, bilhões e bilhões delas estão atravessando o seu corpo enquanto você lê este texto.

Um fato curioso é que o núcleo de um átomo é muito pequeno. Vamos imaginar que temos um átomo do tamanho do estádio do Maracanã; o seu núcleo seria uma formiga no centro do campo. Seria necessário enfileirar 50 milhões desses Maracanãs microscópicos para poder formar uma linha de apenas 1 centímetro.

Acho que todos nós, cedo ou tarde, passamos por um momento na vida em que temos a impressão de não fazer parte de lugar nenhum, de não nos encaixar em nenhum grupo e acabamos nos sentindo estranhos mesmo em família. Nós nos preocupamos em nos atualizar sobre modismos, aplicativos e opiniões para não transparecer nossa implicância (às vezes inconsciente) em nos sentirmos deslocados. Mas pode ser que boa parte de você realmente não faça parte da sua cidade nem de lugar nenhum aqui da Terra. Pesquisas recentes feitas na Universidade Northwestern apontam que mais de 50% dos átomos da nossa galáxia se originaram de fora dela, uma porcentagem muito maior do que se acreditava.

O estudo foi baseado em simulações feitas por supercomputadores que medem transferências intergalácticas usadas para ajudar a entender melhor a evolução das galáxias. Os astrofísicos estabeleceram alguns modelos, em que as explosões de supernovas com liberação excessiva de gás podem ter varrido material de uma galáxia para outra. Então não é errado pensar que parte da matéria

da Via Láctea estivesse em outras galáxias e chegou até aqui devido aos fortes ventos oriundos de uma explosão estelar e que viajou pelo espaço intergaláctico por bilhões de anos até finalmente encontrar seu novo lar aqui na nossa galáxia. Sendo assim, nós, seres humanos, assim como os animais, as plantas e o próprio planeta, somos feitos, em grande parte, de matéria vinda de outras galáxias. Podemos nos considerar viajantes do espaço, verdadeiros imigrantes intergalácticos. Por mais que a velocidade desse vento tenha sido alta, devido à grandeza do Universo, acredita-se que o fenômeno tenha durado bilhões de anos. Nossa constante sensação de deslocamento talvez faça sentido e nossa ideia de uma origem local para a vida pode ser um equívoco. Enquanto criamos motivos para nos separar, rotular e odiar, o cosmos nos diz que somos mais conectados do que se imaginava, não só entre nós mesmos, mas com o próprio Universo.

Os elementos essenciais para a vida como a conhecemos dependem de diversos tipos de átomos, como os de hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre. Acredito que deve estar ecoando na sua cabeça: “Mas onde esses elementos são formados?”. E a resposta você encontrará olhando para cima: nas estrelas.

EXISTEM OS FÓTONS E OS GLÚONS, QUE SÃO OS MENORES COMPONENTES DO ÁTOMO, E FORMADOS POR ENERGIA PURA. OS FÓTONS SÃO AS PARTÍCULAS DE LUZ, NOMEADAS POR EINSTEIN. JÁ OS GLÚONS SÃO CHAMADOS DE PARTÍCULAS MENSAGEIRAS, POIS LIGAM OS QUARKS (OUTRO TIPO DE PARTÍCULA SUBATÔMICA) AO INTERIOR DOS PRÓTONS NÊUTRONS.

2

ESTRELAS

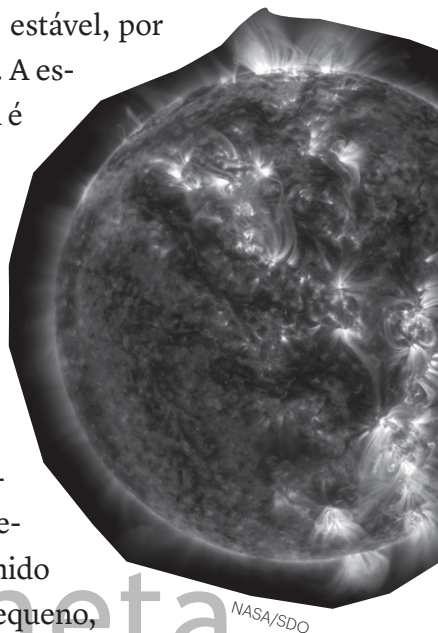
Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

ESTRELA É UMA GRANDE ESFERA LUMINOSA FEITA DE

plasma, tipo um *hadouken*, mas muito maior, o Ryu não daria conta de criar. Ela se mantém assim, bela e estável, por causa da gravidade e da pressão de radiação. A estrela mais próxima da Terra é o Sol; sim, o Sol é uma estrela, é bom ressaltar isso, pois reza a lenda que, segundo uma pesquisa, 45% dos americanos não sabem que o Sol é uma estrela... pois é.

Uma curiosidade bacana sobre o Sol é que nos ajuda a dimensionar a coisa toda é que o nosso astro-rei detém 99,8% da massa do Sistema Solar, sendo que ele é 332.900 vezes maior que a Terra. Para você visualizar melhor, se o Sol fosse oco, ele poderia ser preenchido com 960 mil Terras (se você está se sentindo pequeno, a coisa piora. Estamos só no começo!).

Em breve saberemos um pouco mais sobre a nossa estrela: a sonda Parker Solar Probe, da NASA, será a primeira missão a “tocar” o Sol. A sonda, de tamanho próximo ao de um Fusca, viajará em direção à atmosfera do Sol ficando cerca de 6 milhões de quilômetros da superfície do nosso astro-rei. O lançamento está programado para meados de 2018. A nova sonda vai chegar mais perto do Sol do que a Helios 2, instrumento lançado em 1976, que chegou a 43 milhões de quilômetros da superfície da estrela. Com um valor estimado em 1,5 bilhão de dólares, a missão NASA Solar Probe deve ser lançada ao espaço em agosto de 2018. O que diferencia essa sonda das demais é o seu escudo térmico feito de carbono com 11,5 centímetros de espessura. Tudo isso é para aguentar temperaturas extremas, que podem se aproximar de 1.400 °C.



Uma estrela brilha em virtude da fusão nuclear em seu núcleo, que funde átomos de hidrogênio, transformando-os em hélio. Esse processo libera a energia que faz a estrela brilhar e emitir calor. Quase todos os elementos químicos que encontramos na natureza e que são mais pesados que o hélio foram formados no interior das estrelas, que, quando chegam ao fim de sua vida, explodem, mandando para o espaço todos os elementos dos quais são constituídas. Você só está aí sentado lendo este livro porque estrelas morreram há bilhões de anos, espalhando pelo espaço matéria composta de elementos químicos que viriam nos formar tempos depois.

O tempo de vida de uma estrela está relacionado à massa que ela tem. Por exemplo, estrelas com massa semelhante à do Sol podem durar algo em torno de 10 bilhões de anos, e, ao esgotar seu combustível de hidrogênio, elas se expandem, tornando-se uma gigante vermelha. Então, ao expelir suas camadas mais externas de gás, geram algo que chamamos de nebulosa planetária com uma anã branca no centro. Esse será o destino do nosso Sol; mas fique tranquilo: o Sol ainda é uma estrela de meia-idade e vai demorar para ela se tornar uma gigante vermelha e nos engolir como se fôssemos pastilhas de M&M's. Agora, estrelas com 10 vezes a massa do nosso Sol têm vida mais curta, durando alguns milhões de anos, e seu fim é um tanto mais trágico: ao esgotar o combustível, o seu núcleo se contrai de forma violenta devido ao colapso gravitacional e as camadas externas são ejetadas em uma enorme explosão a qual damos o nome de supernova (que deveria se chamar supervelha, já que se refere ao fim da vida da estrela, mas às vezes os cientistas não são muito criativos com nomes).

**UMA ESTRELA BRILHA
EM VIRTUDE DA
FUSÃO NUCLEAR EM
SEU NÚCLEO, QUE
FUNDE ÁTOMOS
DE HIDROGÊNIO,
TRANSFORMANDO-OS
EM HÉLIO. ESSE
PROCESSO LIBERA
A ENERGIA QUE FAZ A
ESTRELA BRILHAR
E EMITIR CALOR.**