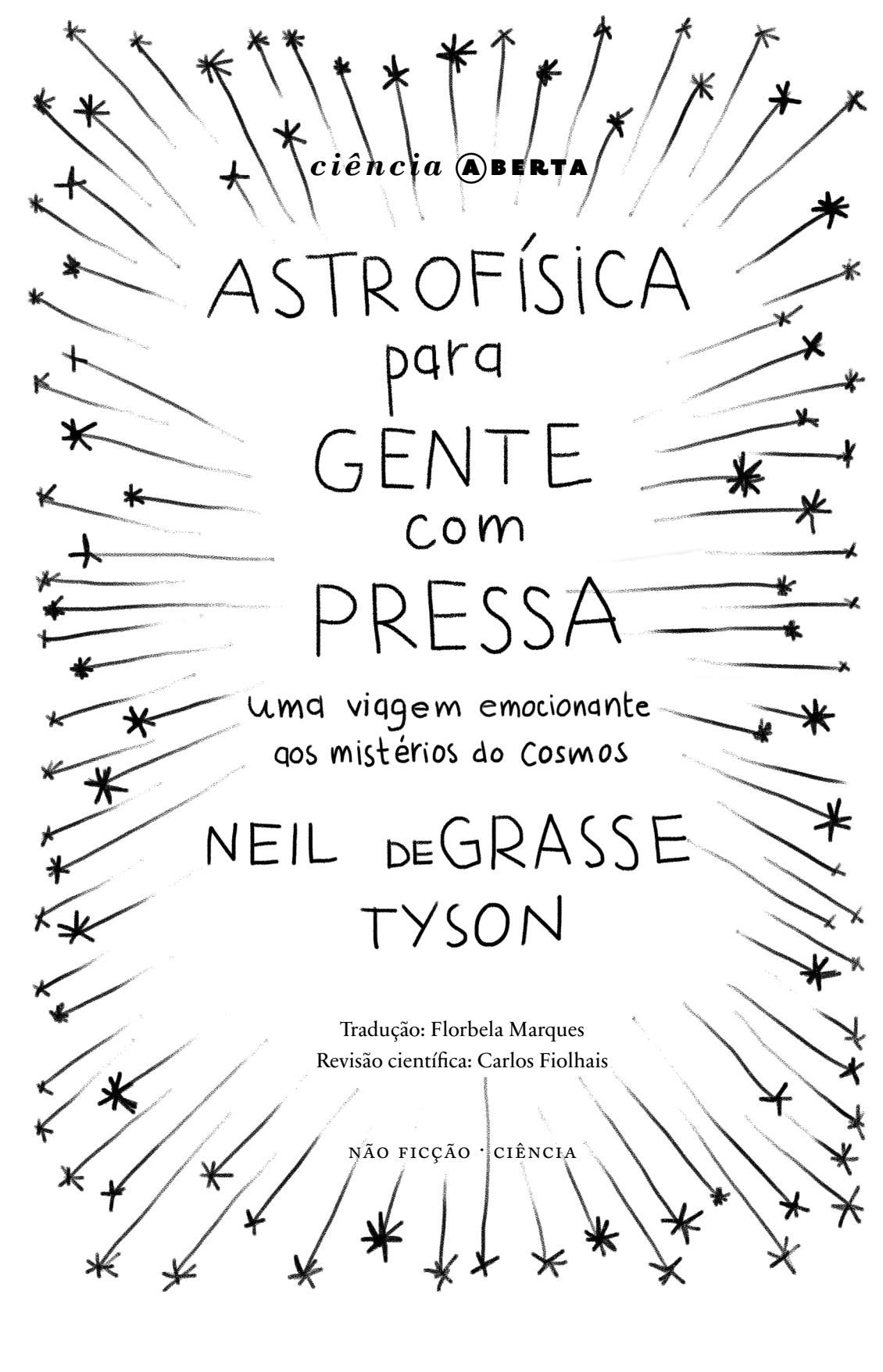


The entire cover is framed by a dense collection of hand-drawn stars and shooting stars. These elements are drawn with simple lines and asterisks, radiating from the center towards the edges of the page, creating a cosmic and dynamic background.

ciência **ABERTA**

ASTROFÍSICA para GENTE com PRESSA

uma viagem emocionante
aos mistérios do Cosmos

NEIL DEGRASSE
TYSON

Tradução: Florbela Marques
Revisão científica: Carlos Fiolhais

NÃO FICÇÃO · CIÊNCIA

*Para todas as pessoas demasiado ocupadas
para lerem livros grandes, mas que ainda assim
procuram um caminho para o Cosmos*

Índice

<i>Prefácio</i>	11
1. A história mais fantástica alguma vez contada..	15
2. Assim na Terra como no Céu.....	27
3. Haja luz!.....	37
4. Entre as galáxias	47
5. Matéria escura.....	57
6. Energia escura	71
7. O Cosmos no centro do debate	85
8. Sobre a forma redonda	99
9. Luz invisível.....	109
10. Entre os planetas.....	123
11. O exoplaneta Terra	133
12. Reflexões sobre a perspectiva cósmica	145
<i>Agradecimentos</i>	156

Prefácio

Nos últimos anos, não houve uma única semana sem notícias de uma descoberta cósmica digna de títulos na primeira página. Embora os guardiões dos *media* possam estar mais interessados no Universo, este crescimento exponencial de notícias vem provavelmente de um apetite crescente do público pela ciência. As provas disso são abundantes, desde programas de televisão com grandes audiências inspirados ou relacionados com ciência, até ao sucesso de filmes de ficção científica protagonizados por actores famosos e transpostos para o grande ecrã por produtores e realizadores de renome. Assim como o recém-criado género cinematográfico de biografias de cientistas importantes. Há ainda um interesse generalizado em todo o mundo, desde festivais de ciência, congressos de ficção científica e documentários científicos na televisão.

O filme mais lucrativo de todos os tempos, *Avatar*, foi feito por um célebre realizador que usa um planeta em órbita de uma estrela distante como cenário para a sua história e tem como protagonista uma famosa actriz que desempenha o papel de uma astrobióloga. Embora a maioria dos ramos da ciência tenha tido uma crescente divulgação na nossa época, a área da astrofísica mantém-se persistentemente no topo. Penso

que sei porquê. Numa ou noutra ocasião, já todos olhámos para o céu e perguntámos: O que é que tudo isto significa? Como é que funciona? Qual é o meu lugar no Universo?

Se não tem tempo para absorver o Cosmos em aulas, manuais ou documentários e procura uma introdução breve, mas relevante nessa área, aqui tem *Astrofísica para Gente com Pressa*. Neste pequeno volume, vai ficar a conhecer as grandes ideias e as descobertas fundamentais que impulsionaram, e impulsionam, a compreensão actual do Universo. Se eu me sair bem, a leitora ou o leitor ficará familiarizada(o) com a minha área de especialização e talvez fique com vontade de saber ainda mais.

*O Universo não tem qualquer obrigação
de ter sentido só para si.*

Neil deGrasse Tyson

1

A história mais fantástica alguma vez contada

*O mundo tem persistido durante muitos anos,
depois de ter sido posto, pela primeira vez, no
movimento certo. E tudo decorre daí.*

LUCRÉCIO, ca 50 a. C.

No início, há cerca de catorze mil milhões de anos, todo o espaço e toda a matéria e toda a energia do Universo conhecido estavam contidos num volume inferior a um bilionésimo do ponto final que termina esta frase.

O ambiente era tão quente que as forças básicas da Natureza que descrevem colectivamente o Universo estavam unificadas. Embora ainda desconheçamos como surgiu, este Cosmos mais pequeno do que a cabeça de um alfinete só podia expandir-se. Rapidamente. Foi aquilo que hoje chamamos *Big Bang*.

A teoria da relatividade geral de Einstein, apresentada em 1916, dá-nos a perspectiva actual da gravidade, segundo a qual a presença de matéria e energia curva o tecido do espaço e do tempo envolvente. Nos anos 20,

seria descoberta a mecânica quântica que forneceria a nossa explicação actual sobre tudo o que é pequeno: moléculas, átomos e partículas subatómicas. No entanto, estas duas visões da natureza são formalmente incompatíveis, pondo os físicos a competir na corrida a uma única teoria coerente da gravidade quântica que una a teoria das pequenas coisas com a teoria das grandes coisas. Embora ainda não tenhamos chegado à meta, sabemos exactamente onde estão as barreiras mais altas. Uma destas barreiras situou-se na «era de Planck» do início do Universo. Trata-se do intervalo de tempo de $t = 0$ até $t = 10^{-43}$ segundo (um décimo de milionésimo de bilionésimo de bilionésimo de bilionésimo de segundo) após o início, e antes de o Universo crescer até 10^{-35} metro (dez vezes um bilionésimo de bilionésimo de bilionésimo de metro) de diâmetro. O físico alemão Max Planck, cujo nome foi dado a estas quantidades inimaginavelmente pequenas, apresentou a ideia de energia quantizada em 1900, sendo habitualmente considerado o pai da mecânica quântica.

O confronto entre gravidade e mecânica quântica não coloca qualquer problema de ordem prática ao Universo contemporâneo. Os astrofísicos aplicam os princípios e as ferramentas da relatividade geral e da mecânica quântica a categorias muito diversas de problemas. Mas no início, durante a era de Planck, o grande era pequeno, e suspeitamos que tenha havido uma espécie de casamento apressado entre os dois. Infelizmente, os votos trocados durante a cerimónia continuam a escapar-nos, não existindo leis da física (conhecidas) que descrevam de modo fiável o comportamento do Universo durante esse tempo.

Contudo, supomos que até ao final da época de Planck a gravidade se tenha esquivado das outras forças da natureza, ainda unificadas, assumindo uma

identidade independente tão bem descrita pelas nossas teorias modernas. À medida que o Universo crescia durante 10^{-35} segundos, continuou a expandir-se, diluindo todas as concentrações de energia, e o que restava das forças unificadas dividiu-se em forças «electrofracas» e forças «nucleares fortes». Mais tarde ainda, a força electrofraca dividiu-se em força electromagnética e força «nuclear fraca», revelando as quatro forças distintas que conhecemos e amamos: com a força fraca a controlar o decaimento radioactivo, a força forte a unir o núcleo atómico, a força electromagnética a unir moléculas e a gravidade a unir a matéria sólida.

*

Entretanto, passou um bilionésimo de segundo desde o início.

*

Enquanto isso, a interacção entre matéria, sob a forma de partículas subatómicas, e energia, na forma de fotões (receptáculos sem massa de energia luminosa que são tanto ondas como partículas) foi incessante. O Universo estava suficientemente quente para que estes fotões convertessem espontaneamente a sua energia em pares de partículas de matéria e antimatéria, que se aniquilaram imediatamente a seguir, devolvendo a sua energia aos fotões. Sim, a antimatéria existe. E fomos nós que a descobrimos e não os escritores de ficção científica. Estas metamorfoses estão claramente patentes na mais famosa equação de Einstein: $E = mc^2$, uma receita bidireccional para saber quanta energia equivale à matéria e quanta matéria equivale à energia. O c^2 é a velocidade