

CARL SAGAN

# Cosmos

*Tradução*  
Paulo Geiger



COMPANHIA DAS LETRAS

Copyright © 2017 by Editora Schwarcz S.A.  
Copyright © 1980, 2013 by Carl Sagan, Druyan-Sagan Associates, Inc.  
Copyright do ensaio “Reflexões sobre Cosmos, de Carl Sagan” © 2013 by Neil deGrasse Tyson  
Copyright do prefácio © 2013 by Ann Druyan  
Todos os direitos reservados, inclusive os direitos de reprodução total ou parcial em qualquer meio.

*Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 2009.*

*Título original*

Cosmos

*Capa*

Alceu Chiesorin Nunes

*Foto de capa*

M. Kornmesser/ SPL/ Latinstock

*Revisão técnica*

Felipe Andrade Oliveira

*Preparação*

Cacilda Guerra

*Índice remissivo*

Luciano Marchiori

*Revisão*

Ana Maria Barbosa

Angela das Neves

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

---

Sagan, Carl

Cosmos / Carl Sagan ; tradução Paul Geiger. — 1ª ed. —  
São Paulo : Companhia das Letras, 2017.

Título original: Cosmos.

ISBN: 978-85-359-2988-1

1. Astronomia I. Título.

---

17-07977

CDD-520

Índice para catálogo sistemático:

1. Astronomia 520

[2017]

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA SCHWARCZ S.A.

Rua Bandeira Paulista, 702, cj. 32

04532-002 — São Paulo — SP

Telefone: (11) 3707-3500

[www.companhiadasletras.com.br](http://www.companhiadasletras.com.br)

[www.blogdacompanhia.com.br](http://www.blogdacompanhia.com.br)

[facebook.com/companhiadasletras](https://facebook.com/companhiadasletras)

[instagram.com/companhiadasletras](https://instagram.com/companhiadasletras)

[twitter.com/cialetras](https://twitter.com/cialetras)

*Para Ann Druyan.*

*Na vastidão do espaço e na imensidão do tempo,  
é uma alegria compartilhar um planeta  
e uma época com Annie.*

# Sumário

Reflexões sobre <i>Cosmos</i> , de Carl Sagan — <i>Neil deGrasse Tyson</i> . . . . .	9
Prefácio — <i>Ann Druyan</i> . . . . .	13
Introdução . . . . .	19
1. As margens do oceano cósmico . . . . .	29
2. Uma voz na fuga cósmica . . . . .	48
3. A harmonia de mundos . . . . .	75
4. Céu e inferno . . . . .	113
5. Blues para um planeta vermelho . . . . .	147
6. Histórias de viajantes . . . . .	186
7. A espinha dorsal da noite . . . . .	216
8. Viagens no espaço e no tempo . . . . .	254
9. A vida das estrelas . . . . .	280
10. Na beira da eternidade . . . . .	310
11. A persistência da memória . . . . .	342
12. <i>Encyclopaedia Galactica</i> . . . . .	368
13. Quem fala em nome da Terra? . . . . .	399

<i>Agradecimentos</i> .....	433
<i>Notas</i> .....	435
<i>Apêndice 1: Reductio ad absurdum e a raiz quadrada de dois</i> ....	451
<i>Apêndice 2: Os cinco sólidos pitagóricos</i> .....	454
<i>Leitura complementar</i> .....	457
<i>Créditos das imagens</i> .....	469
<i>Índice remissivo</i> .....	470
<i>Sobre o autor</i> .....	487

# Reflexões sobre *Cosmos*, de Carl Sagan

Neil deGrasse Tyson\*

Nem todo aquele que consegue impactar corações e mentes de uma geração inteira terá essa aceitação de sua influência nas gerações posteriores. O continuado sucesso de *Cosmos*, a obra-prima de Carl Sagan, depõe fortemente a favor da afabilidade e inteligência de seu autor. Mas também revela uma ânsia oculta de todos nós por conhecer o lugar que ocupamos no universo e compreender por que isso é tão importante em termos intelectuais, culturais e emocionais.

Essas propriedades distinguem a obra de Carl Sagan e seus colaboradores de todas as outras iniciativas de divulgação científica. A maior parte dos bons livros do gênero lhe ensina o que o autor supõe que você deva saber no campo de sua especialização — aquilo que é “quente”, que é interessante — numa linguagem clara

\* Neil deGrasse Tyson é astrofísico do Museu Americano de História Natural, onde atua como diretor Frederick P. Rose do Planetário Hayden. Foi o apresentador e narrador do relançamento na TV, no século XXI, da série *Cosmos*, transmitida pelo canal FOX em 2014.

e simples. Mas raramente essa informação tem o cunho de algo maravilhoso, que é o fundamento da visão de mundo de *Cosmos*. Seria ousadia minha afirmar que *Cosmos* maneja esse poder de uma forma que influenciou de maneira profunda o modo como observamos, interpretamos e conduzimos nossas vidas?

Um dos fatos menos observados no que concerne a *Cosmos*, mas que talvez seja sua mais significativa contribuição à cultura humana, é como essa obra repetidas vezes poliniza, cruzando e entrelaçando, ciências tradicionais — astronomia, biologia, química e geologia. Tomados separadamente, cada um desses campos é nobre e consagrado pelo tempo. Mas quando vistos em conjunto — quando *Cosmos* os entretetece numa tapeçaria de concepções sobre nosso lugar no universo —, sua justaposição torna-se potente e indelével. *Cosmos* foi um dos primeiros, se não o primeiro, nesse empreendimento. Nas décadas que se seguiram à sua publicação, veríamos o surgimento de campos de estudo híbridos, como a astrobiologia, a física de astropartículas, a astroquímica, a geologia planetária — alguns ainda vestindo seus hifens ou juntando seus termos.

Porém a publicação e o sucesso de vendas de *Cosmos* realizou muito mais do que isso. O tratamento que o livro dá aos temas científicos está sempre mesclado com outros campos de estudo tradicionais, como história, antropologia, arte e filosofia, mostrando pela primeira vez como e por que os leitores devem abranger todas as formas de ciência que importam em nossa cultura.

Na época, não havia nada mais inovador, mais edificante ou mais capacitante do que os temas e as mensagens de *Cosmos*. Talvez pela primeira vez, em qualquer mídia, a pessoa que lhe estava ensinando ciência — Carl Sagan — preocupava-se com os intrincados caminhos mentais que podem nos privar de uma forma racional de pensar. Sua motivação era falar com você, não lhe dar uma aula. Nesse nível de conforto pedagógico, milhões de pessoas por todo o mundo convidaram sua imagem televisiva a en-

trar em suas salas de estar, e suas palavras impressas a compartilhar suas poltronas de leitura.

Quando *Cosmos* apareceu pela primeira vez, em 1980, a corrida armamentista da Guerra Fria estava diminuindo, mas assim mesmo continuava a manter as nações do mundo reféns de um arsenal nuclear de imenso poder destrutivo, oriundo das mentes de físicos. A exploração espacial, contudo, ainda era promissora. A Nasa já havia pousado a *Viking* em Marte, sete anos depois de termos caminhado na Lua. E as sondas espaciais gêmeas *Voyager* prosseguiram em seu voo de passagem pelos planetas jovianos, em seu caminho de saída do sistema solar. Isso tudo eram notícias dignas de manchetes. Mas muito mais ainda estava por vir. O ônibus espacial ainda não tinha sido lançado. A Estação Espacial Internacional só existia no papel. O Telescópio Espacial *Hubble* estava a onze anos de ser projetado. Os primeiros exoplanetas — ou planetas extrassolares, que orbitam outros sóis, que não o nosso — estavam a quinze anos de serem detectados. A rede mundial de computadores ainda estava uma década distante de se tornar uma utilidade doméstica. E mais dezenas de missões espaciais ainda seriam lançadas e chegariam a seus respectivos destinos.

Num campo que se desenvolve com tanta rapidez como a astrofísica, poderíamos pensar ser impossível escrever sobre ele um tratado atemporal. Mas em *Cosmos* você nunca está focado na última palavra do desenvolvimento da ciência. Isso está sempre mudando. Em vez disso, o foco é aquilo que a épica aventura da investigação científica significa para a Terra, para nossa espécie — para você. E essa receita funciona em qualquer época, em qualquer lugar, em qualquer geração.



# Prefácio

Ann Druyan\*

Uma vez estive na beira do oceano cósmico com Carl Sagan.

Quarenta anos atrás tremíamos ao sol nos penhascos batidos pelo vento de Monterey, na costa do Pacífico no norte da Califórnia, junto com nosso coescritor, o astrônomo Steven Soter, e uma pequena equipe da televisão. Brigávamos com as provas tipográficas — com 65 centímetros de comprimento — deste livro, que se agitavam ao vento, furiosas, enquanto tentávamos não largar os cartões que eu e Steve tínhamos preparado para a fala de Carl no programa da TV. (O livro e a série de TV original que o acompanhou em 1980 foram criados ao mesmo tempo num frenesi que durou três anos, embora cada um deles contenha passagens e sequências que

\* Ann Druyan trabalhou como diretora de criação da Mensagem Interestelar Voyager, da Nasa, e foi coautora, com Carl Sagan, de *Cosmos*, assim como cocriadora, também com Sagan, do filme *Contato* e de muitas outras obras. É produtora executiva e escritora de *Cosmos: Uma odisséia do espaço-tempo*, série televisiva apresentada no canal FOX em 2014. Foi casada com Sagan até sua morte. Os asteroides que levam seus nomes formam uma perpétua aliança em sua órbita em torno do Sol.

não existem no outro.) As páginas de roteiro e os manuscritos eram únicos em seu gênero, naquela época de relativo *low-tech*. A cada lufada vinda das ondas que brilhavam na luz, as folhas ameaçavam levantar voo em direção ao mar, como os dentes-de-leão que Carl ficava soprando para o cosmos.

As cenas que escrevemos e filmamos naquele dia acabaram constituindo a abertura do programa e as primeiras palavras do livro: “O cosmos é tudo o que existiu, existe ou existirá”.

Estávamos entrando conscientemente num ritmo bíblico, com palavras que abrangeriam o ambicioso âmbito territorial de nossas explorações no espaço e no tempo. Começar a saga de 40 mil gerações de pesquisadores num mundo minúsculo tentando encontrar sua posição no cosmos exigia nada menos do que um épico floreio.

Isso se tornou o “Bem-vindo a bordo” numa viagem pessoal na nave da imaginação, viagem que 1 bilhão de pessoas fizeram, e ainda fazem, em grande número, em quase cada uma das línguas faladas em nosso “pálido ponto azul”.\* Desde o outono de 1980, em suas duas manifestações, *Cosmos* mobilizou multidões para os domínios mais extremos de nossa compreensão do universo, levando-as a lugares inimaginavelmente pequenos e incompreensivelmente vastos.

Alguns fundamentalistas religiosos acharam que essa primeira linha era ofensiva. Para eles, isso seria uma advertência de que Carl pretendia roubar a primazia deles quanto aos conceitos sobre o universo. Eles não estavam longe da verdade. Como em tudo que Carl escreveu, a ciência de *Cosmos* é sólida, com grandes bandeiras vermelhas retóricas advertindo o leitor nos casos em que o autor está se aventurando em especulações. (E quase qua-

\* Título de um livro de Carl Sagan, *Pálido ponto azul*, de 1994, inspirado na fotografia da Terra tirada a mais de 6 bilhões de quilômetros de distância. (N. T.)

renta anos depois, quão espantosamente proféticas têm sido a maioria das conjecturas de Sagan sobre tudo, desde as mudanças climáticas na Terra, as ambiguidades que o *Viking Lander* descobriu em Marte, até seus sonhos sobre o que poderia estar nos aguardando na lua de Saturno, Titã.) Mas Carl não parou por aí.

O universo revelado pelo implacável mecanismo de correção de erros da ciência era para ele infinitamente preferível às hipóteses não testadas da crença tradicional. Para Carl, o “espiritual” tinha de ter raízes na realidade da natureza. Ele prezava essas ideias sobre o cosmos que permaneciam, após os mais rigorosos experimentos e a mais rigorosa observação. O insight científico o fazia *sentir* algo, uma sensação crescente, um reconhecimento que ele só podia comparar ao que temos quando nos apaixonamos. E ele costumava dizer: “Quando você está apaixonado, você quer contar isso ao mundo”.

Esse é o grande e aberto abraço de boas-vindas de *Cosmos*, tão longe do tédio mortal de uma aula de ciências em que se vive consultando o relógio quanto Titã está da Terra. A questão é não ter medo de levar as descobertas da ciência para o *coração*.

Para muitos, *Cosmos* é o primeiro encontro com o universo, de que você pensava estar de antemão excluído porque não é bom em matemática, ou porque vive num lugar onde não há cientistas que o convidem a entrar. Carl queria que todos embarcassem nessa viagem, experimentassem o poder da visão científica e as maravilhas que ela revela. Seu segredo foi reevocar a pessoa que ele mesmo era antes de compreender o conceito e então rastrear suas próprias *etapas de pensamento* em direção à compreensão. Funcionou. Ele inspirou legiões a estudar, ensinar e fazer ciência.

A Biblioteca do Congresso apontou *Cosmos* como um dos 88 livros “que moldaram os Estados Unidos”. É uma lista que inclui obras tão impactantes como *Senso comum*, de Thomas Paine, *Moby Dick*, de Herman Melville, *A cabana do Pai Tomás*, de Har-

riet Beecher Stowe, e *On the Road — Pé na estrada*, de Jack Kerouac. Estão listadas em ordem cronológica, a primeira delas, publicada em 1751 (décadas antes que se consolidasse o conceito de um governo pelo, para e do povo), também um livro sobre ciência. Escrito por outro que acreditava que a democracia requer que exista um público informado de tomadores de decisão. A lista começa com *Experiments and Observations on Electricity* [Experimentos e observações sobre eletricidade], de Benjamin Franklin. Aquele livro e este aqui são atos apaixonados de cidadania de dois cientistas que quiseram que a ciência pertencesse a todos nós.

Nesta primavera voltei pela primeira vez às margens do oceano cósmico. Estive lá com outra equipe de televisão para fazer as tomadas das cenas de abertura da nova série *Cosmos*. Nosso anfitrião, o astrofísico Neil deGrasse Tyson, é um dos muitos cientistas cujas jovens vidas foram marcadas por Carl. Fico feliz em poder relatar que aquele terreno continua tão intacto, deslumbrante e inspirador quanto era na primeira vez.

Enquanto olhava as águas cintilantes do Pacífico, eu estava buscando Carl. Ele sabia que não caberia a qualquer geração isolada ver o quadro completo. Essa é a questão. O quadro nunca está completo. Há sempre muito mais ainda por ser descoberto.

Bem-vindo a bordo. Mais uma vez, chegou o momento de sair navegando para as estrelas.

COSMOS

## NOTA DA REVISÃO TÉCNICA

Publicado pela primeira vez em 1980, *Cosmos* reproduz alguns dos conhecimentos mais avançados da época sobre a natureza, a vida e o universo — e se mantém até hoje como uma das mais importantes obras de divulgação científica da história. Muito disso se deve à devoção de Carl Sagan à prática e à divulgação da ciência, além da incomparável habilidade de transmitir ao leitor sua admiração pela natureza.

Embora diversas descobertas fascinantes tenham ocorrido nos últimos quarenta anos — o genoma humano foi mapeado, nosso conhecimento acerca do cérebro vem sendo profundamente modificado, a astrobiologia e a busca por exoplanetas se tornaram uma área de intensa atividade científica, a confirmação da existência de matéria escura ampliou o que se entende sobre o universo —, o tema central deste livro nunca estará desatualizado: o nosso fascínio pelo conhecimento e a prática da ciência como atividade cultural.

Optou-se nesta edição por não incluir de forma exaustiva notas que atualizassem novas descobertas a respeito dos temas aqui tratados, preservando a missão original de *Cosmos*: dar a medida de nosso ínfimo tamanho no universo e de nossa infinita singularidade como seres.

# Introdução

*Há de vir o tempo no qual uma pesquisa diligente durante longos períodos revelará coisas que hoje estão ocultas. A duração de uma vida, mesmo que toda dedicada ao céu, não seria suficiente para a investigação de um tema tão vasto [...]. E por isso esse conhecimento só se desdobrará ao longo de sucessivas eras. Virá um tempo no qual nossos descendentes ficarão espantados com o fato de que não sabíamos de coisas que para eles serão tão evidentes [...]. Muitas descobertas estão reservadas para épocas ainda por vir, quando a lembrança sobre nós estará apagada. Nosso universo é um caso lamentavelmente ínfimo, a menos que encerre coisas que cada época terá de investigar [...]. A natureza não revela seus mistérios de uma só vez.*

Sêneca, *Questões naturais*, livro 7, século I

Em tempos antigos, na fala e nos hábitos cotidianos, os acontecimentos mais mundanos eram relacionados aos maiores eventos cósmicos. Um exemplo delicioso é um encantamento contra o

verme que, segundo os assírios em 1000 a.C., causava dor de dente. Ele começa com a origem do universo e termina com uma cura para a dor de dente:

*Após Anu ter criado o céu,  
E o céu ter criado a Terra,  
E a Terra ter criado os rios,  
E os rios terem criado os canais,  
E os canais terem criado os pântanos,  
E os pântanos terem criado o verme,  
O verme foi procurar Samas, chorando,  
Suas lágrimas rolando diante de Ea:  
“O que você vai me dar para comer,  
O que vai me dar para beber?”  
“Vou lhe dar o figo seco  
E o damasco.”  
“E o que são eles para mim? O figo seco  
E o damasco!  
Suspenda-me, e deixe-me morar  
entre os dentes e as gengivas!...”  
Por ter dito isso, oh, verme,  
Possa Ea golpeá-lo com a potência  
De sua mão!  
(Encantamento contra dor de dente)*

O tratamento: Pegue cerveja de segunda [...] e óleo e misture tudo; Você deve pronunciar o encantamento três vezes e em seguida pôr o medicamento sobre o dente.

Nossos antepassados estavam ansiosos por compreender o mundo, mas ainda não conseguiam encontrar um método. Imaginavam um universo pequeno, singular, arrumado, no qual as



forças dominantes eram deuses, como Anu, Ea e Samas. Nesse universo os seres humanos desempenhavam um papel importante, se não central. Estamos intimamente ligados ao resto da natureza. O tratamento da dor de dente com cerveja de segunda tinha a ver com os mais profundos mistérios cósmicos.

Em nossos dias, descobrimos um modo poderoso e elegante de compreender o universo, um método chamado ciência; ele nos revelou um universo tão antigo e tão vasto que as questões humanas parecem, à primeira vista, ter pouca importância. Crescemos distantes do universo. Ele parecia remoto e irrelevante para nossas questões do dia a dia. Mas a ciência descobriu não só que o universo tem uma grandeza vertiginosa e extática, não só que ele é acessível à compreensão humana, mas também que somos, num sentido muito real e de grande alcance, parte desse cosmos, nascidos dele, nosso destino profundamente conectado ao dele. Os mais básicos e triviais eventos que dizem respeito ao homem levam ao universo e a suas origens. Este livro é dedicado à exploração dessa perspectiva cósmica.

No verão e no outono de 1976, como membro da equipe de voo do veículo de solo da *Viking* para obtenção de imagens, eu me envolvi, com uma centena de colegas cientistas, na exploração do planeta Marte. Pela primeira vez na história humana tínhamos pousado dois veículos espaciais na superfície de outro mundo. Os resultados, descritos com mais detalhes no capítulo 5, foram espetaculares, deixando evidente o significado histórico da missão. Mesmo assim, o grande público não aprendeu quase nada desses grandes acontecimentos. A imprensa quase não lhes deu atenção, a televisão ignorou a missão quase por completo. Quando ficou claro que não se apresentaria uma resposta definitiva quanto à questão de haver ou não vida em Marte, o interesse diminuiu ainda mais. Não havia muita tolerância com a ambiguidade. Ante a descoberta de que a cor do céu marciano era uma espécie de ama-

relo-rosado, e não o azul que, de maneira equivocada, tinha sido relatado a princípio, o anúncio foi saudado pelo grupo de repórteres com um coro de vaias bem-humoradas — eles queriam que Marte fosse, até quanto a esse aspecto, parecido com a Terra. Achavam que seu público iria pouco a pouco se desinteressar à medida que o planeta se revelasse cada vez menos parecido com o nosso. Ainda assim, as paisagens marcianas são espantosas, com vistas de tirar o fôlego. Eu estava ciente, por experiência própria, de que existe um enorme interesse global pela exploração dos planetas e por muitos tópicos científicos — a origem da vida, a Terra e o cosmos, a busca por inteligência extraterrestre, nossa conexão com o universo. E tinha certeza de que esse interesse poderia ser estimulado por meio do mais poderoso dos meios de comunicação, a televisão.

Essa minha percepção foi compartilhada com B. Gentry Lee, o diretor de análise de dados e do planejamento da missão Viking. Dispostos a enfrentar qualquer parada, decidimos fazer nós mesmos alguma coisa em relação a isso. Lee propôs que criássemos uma produtora dedicada à comunicação e divulgação científica de um modo envolvente e acessível. Durante os meses seguintes consideramos e avaliamos vários projetos. Porém o mais interessante, de longe, foi o de uma investigação proposta pela KCET, emissora de TV em Los Angeles afiliada ao Serviço Público de Radiodifusão. Mais tarde, concordamos todos em produzir uma série de televisão em treze partes, orientada à astronomia, mas com uma ampla perspectiva humana. Deveria ser dirigida a uma audiência popular, ser visual e musicalmente impactante, envolver tanto o coração quanto a mente. Conversamos com subscritores, contratamos um produtor executivo e vimos-nos engajados num projeto de três anos chamado *Cosmos*. No momento em que isto é escrito, ele tem uma audiência em âmbito mundial estimada em 200 milhões de pessoas, ou quase

5% da população humana do planeta. Baseia-se na premissa de que o público é muito mais inteligente do que em geral se acredita; de que as mais profundas questões científicas sobre a natureza e a origem do mundo instigam o interesse e as paixões de espantosas quantidades de gente. A época atual representa uma grande encruzilhada para a nossa civilização, e talvez para a nossa espécie. Seja qual for o rumo que tomarmos, nosso destino está indissolúvelmente ligado à ciência. Para nós é essencial, como simples questão de sobrevivência, compreender a ciência. Além disso, a ciência é um deleite; a evolução nos fez ter prazer quando compreendemos — e os que compreendem têm mais probabilidade de sobreviver. A série de televisão *Cosmos* e este livro representam um esperançoso experimento na comunicação de algumas das ideias, dos métodos e das alegrias da ciência.

O livro e a série evoluíram juntos. Em certo sentido, um é baseado no outro. Muitas ilustrações destas páginas baseiam-se nas impactantes imagens visuais que foram preparadas para a série televisiva. Mas livros e séries de TV têm públicos diferentes e demandam abordagens diversas. Uma das grandes virtudes de um livro é que ele possibilita ao leitor retornar várias vezes a passagens obscuras ou difíceis; isso só agora começa a ser possível na televisão, com o desenvolvimento do videoteipe e da tecnologia do videodisco. Um escritor tem muito mais liberdade para escolher a abrangência e a profundidade de um tema no capítulo de um livro do que nos procutianos 58 minutos e trinta segundos de um programa de TV não comercial. Este livro aborda muitos itens com mais profundidade do que a série. Nele são discutidos temas que não são tratados na série de TV e vice-versa. Por exemplo, as representações do Calendário Cósmico da série não aparecem aqui — em parte porque o Calendário Cósmico é discutido em meu livro *Os dragões do Éden*; da mesma forma, não abordo aqui a vida de Robert Goddard em detalhes, porque há no livro

*Broca's Brain* [O cérebro de Broca] um capítulo dedicado a ele. Porém cada episódio da série acompanha bem de perto o capítulo deste livro a ele correspondente; e gosto de pensar que o prazer suscitado por cada um é aumentado com a referência que faz ao outro. Apenas algumas poucas das mais de 250 ilustrações em cores das edições em capa dura e brochura puderam entrar nesta edição, mas todas as imagens necessárias para a compreensão do texto foram incluídas.

Para maior clareza, em alguns casos apresento uma ideia mais de uma vez — na primeira, de forma superficial, com passagens mais profundas em menções subsequentes. Isso ocorre, por exemplo, na introdução aos objetos cósmicos, no capítulo 1, que são examinados com mais detalhes adiante; ou na discussão das mutações, das enzimas e dos ácidos nucleicos, no capítulo 2. Em alguns casos, são apresentados conceitos fora de sua cronologia histórica. Por exemplo, as ideias dos cientistas gregos são apresentadas no capítulo 7, bem depois da discussão sobre Johannes Kepler, no capítulo 3. Mas acredito que uma apreciação dos gregos será mais apropriada se apresentada após constatarmos o que eles não chegaram a realizar.

Como a ciência é inseparável do resto do empreendimento humano, ela não pode ser discutida sem que se faça contato, às vezes de relance, às vezes frente a frente, com várias questões sociais, políticas, religiosas e filosóficas. Mesmo quando se está filmando uma série de TV sobre ciência, a ocorrência frequente, em âmbito mundial, de atividades militares pode se tornar intrusiva. Ao simular, no deserto de Mojave, a exploração de Marte com uma réplica em escala natural do veículo de solo da *Viking*, fomos interrompidos várias vezes pela Força Aérea dos Estados Unidos, em seus exercícios de bombardeio numa área de teste nas proximidades. Em Alexandria, no Egito, toda manhã, das nove às onze horas, nosso hotel era o objetivo em exercícios de metralhamento da For-

ça Aérea egípcia. Em Samos, na Grécia, a permissão para filmar, em qualquer lugar, era retida até o último momento devido a manobras da Otan e, claramente, à construção de um labirinto de posições subterrâneas e nas montanhas para artilharia e tanques. Na Tchecoslováquia, o uso de walkie-talkies na organização da logística de filmagem numa estrada rural chamou a atenção de um caça da Força Aérea tcheca, que ficou voando em círculos até assegurarmos, em tcheco, que não estava sendo perpetrada nenhuma ameaça à segurança nacional. Na Grécia, no Egito e na Tchecoslováquia nossas equipes de filmagem eram acompanhadas em toda parte por agentes do serviço de segurança estatal. Sondagens preliminares para filmar em Kaluga, na União Soviética, para uma pesquisa sobre a vida do pioneiro russo da astronáutica Konstantin Tsiolkóvski, foram desencorajadas — porque, descobrimos mais tarde, lá iriam se realizar julgamentos de dissidentes. Nossas equipes foram tratadas inúmeras vezes nos países que visitamos com a maior gentileza; mas a presença militar global, o medo que habita os corações das nações, estava por toda a parte. A experiência ratificou minha decisão de tratar, sempre que relevante, de questões sociais, tanto na série quanto no livro.

A ciência é um processo contínuo. Nunca termina. Não existe uma única e definitiva verdade a ser alcançada, após a qual todos os cientistas poderão se aposentar. E, por ser assim, o mundo é muito mais interessante, tanto para os cientistas quanto para os milhões de pessoas em cada nação que, conquanto não sejam cientistas profissionais, estão profundamente interessados nos métodos e nos achados da ciência. Assim, embora muito pouca coisa apresentada no livro *Cosmos* tenha ficado obsoleta desde sua primeira publicação, houve muitas novas e significativas descobertas.

As naves *Voyager 1 e 2* chegaram ao sistema de Saturno e revelaram uma grande quantidade de coisas maravilhosas concernentes ao planeta, seu intrincado sistema de anéis e os muitos saté-

lites que o circundam. Talvez o mais interessante entre estes seja Titã, que, sabe-se hoje, tem uma atmosfera parecida com a que havia na Terra em seus primórdios, uma densa camada de névoa composta por moléculas orgânicas complexas, e talvez uma superfície oceânica de hidrocarbonetos líquidos. Tem sido feita nos últimos tempos uma série de observações dos anéis de detritos em torno de estrelas jovens. Esses anéis podem estar em processo de se consolidar em novos sistemas planetários e sugerem que pode haver uma avassaladora abundância de planetas em torno de estrelas da Via Láctea, a nossa galáxia. De maneira inesperada, descobriu-se vida pululando em componentes de enxofre, em correntes de temperatura muito alta no fundo do oceano terrestre. Acumularam-se novas evidências que indicam que de tempos em tempos eles são pulverizados para dentro do sistema solar interior, desencadeando a extinção de muitas espécies na Terra. Foram reveladas grandes regiões de espaço intergaláctico que, ao que tudo indica, se reduzem em galáxias. Foram sugeridos novos e importantes componentes do universo que suscitam a questão concernente ao destino final.

E o ritmo de novas descobertas continua. Espaçonaves do Japão, da Agência Espacial Europeia e da União Soviética estão programadas para interceptar o cometa Halley em 1986. O Telescópio Espacial dos Estados Unidos, o maior observatório em órbita jamais testado, tem seu lançamento previsto para antes do fim da década. Estão surgindo oportunidades importantes de missões espaciais para Marte, para outros cometas, para asteroides, para Titã. A espaçonave americana *Galileo*, programada para chegar ao sistema de Júpiter em 1988, está projetada para largar a primeira sonda na atmosfera de um dos grandes planetas. E há também um lado sombrio nessa sequência de descobertas científicas: um trabalho recente sugere que, na esteira de uma possível guerra nuclear, a fuligem e a poeira resultantes, ao se elevar na at-

mosfera, vão escurecer e esfriar a Terra, produzindo uma catástrofe sem precedentes até em nações nas quais nem uma só bomba tenha sido detonada. Nossa tecnologia permite que exploremos cada vez mais as maravilhas do cosmos e também que reduzamos a Terra ao caos. Temos o privilégio de viver em, e se tivermos sorte de influenciar, uma das épocas mais cruciais na história da espécie humana.

Num projeto dessa magnitude é impossível agradecer a cada um que tenha contribuído para ele. Contudo, quero mencionar, em especial, B. Gentry Lee; os membros da equipe de produção de *Cosmos*, entre eles os produtores seniores Geoffrey Haines-Stiles e David Kennard e o produtor executivo Adrian Malone; os artistas Jon Lomberg (que desempenhou um papel crucial no projeto original e na organização dos aspectos visuais de *Cosmos*), John Allison, Adolf Schaller, Rick Sternbach, Don Davis, Brown e Anne Norcia; os consultores Donald Goldsmith, Owen Gingerich, Paul Fox e Diane Ackerman; Cameron Beck; a direção da KCET — sobretudo Greg Andorfer, que foi quem nos trouxe a proposta da emissora —, Chuck Allen, William Lamb e James Loper; e os subscritores e coprodutores da série de televisão *Cosmos*, entre os quais Atlantic Richfield Company, Corporation for Public Broadcasting, Arthur Vining Davis Foundations, Alfred P. Sloan Foundation, British Broadcasting Corporation e Polytel International. Outros, que ajudaram a esclarecer questões referentes a fatos ou abordagens, são listados no final do livro. No entanto, a responsabilidade final pelo conteúdo da obra, claro, é minha. Agradeço à equipe da Random House, em especial minha editora, Anne Freedgood, por seu trabalho competente e sua paciência quando os prazos finais para a série de TV e para o livro pareceram estar em conflito. E tenho uma dívida de gratidão especial com Shirley Arden, minha assistente executiva, que datilografou os primeiros rascunhos deste livro e conduziu os esboços seguin-

tes por todos os estágios de produção, com sua costureira e animada competência. Esse é apenas um dos muitos motivos pelos quais o projeto de *Cosmos* lhe é tão profundamente devedor. Sou mais grato do que seja capaz de expressar à Universidade Cornell, por me conceder uma licença de dois anos para realizar este projeto, a meus colegas e alunos daquela instituição, e a meus colegas da Nasa, do Laboratório de Propulsão a Jato e da equipe de captação de imagens da *Voyager*.

Minha dívida maior no que concerne ao livro é com Ann Druyan e Steven Soter, meus coautores na série de TV. Eles deram contribuições fundamentais e frequentes às ideias básicas e suas conexões, a toda estrutura intelectual dos episódios e à tão feliz determinação do estilo. Sou-lhes muitíssimo grato por suas leituras vigorosamente críticas das primeiras versões do livro, por suas construtivas e criativas sugestões na revisão de muitos rascunhos e por suas grandes contribuições ao roteiro para a televisão, que de muitas maneiras influenciaram o conteúdo destas páginas. O prazer de que desfrutei em nossas muitas discussões é uma de minhas principais recompensas no projeto de *Cosmos*.

Ithaca e Los Angeles,  
maio de 1980  
e julho de 1984