

STEPHEN BAXTER

A CIÊNCIA DE
AVATAR

A VERDADE E A FICÇÃO POR TRÁS
DAS TECNOLOGIAS DO MAIOR BLOCKBUSTER
DE TODOS OS TEMPOS



"Este é o livro que eu tanto esperava."

JAMES CAMERON

ACIÊNCIA
DE AVATAR

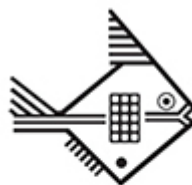
Stephen Baxter

A CIÊNCIA DE AVATAR

A verdade e a ficção por trás das tecnologias
do filme de maior bilheteria de todos os tempos

Tradução

HUMBERTO MOURA NETO
MARTHA ARGEL



**Editora
Cultrix**
SÃO PAULO

Título original: *The Science of Avatar*.

Copyright © 2012 Stephen Baxter.

Copyright das fotos © 2012 Lightstorm Entertainment.

Avatar motion picture elements e “James Cameron’s Avatar”®, copyright © 2009 Twentieth Century Fox Film Corporation.

Copyright da edição brasileira © 2013 Editora Pensamento-Cultrix Ltda.

Publicado originalmente por Swordfish, Londres.

Publicado pela primeira vez na Grã-Bretanha em 2012 por Gollancz, uma impressão da Orion Publishing Group – Orion House, 5 Upper St Martin’s Lane, Londres W C2H 9EA

Texto de acordo com as novas regras ortográficas da língua portuguesa.

1ª edição 2013.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou usada de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, inclusive fotocópias, gravações ou sistema de armazenamento em banco de dados, sem permissão por escrito, exceto nos casos de trechos curtos citados em resenhas críticas ou artigos de revistas.

A Editora Cultrix não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados neste livro.

Editor: Adilson Silva Ramachandra

Editora de texto: Denise de C. Rocha Delela

Coordenação editorial: Roseli de S. Ferraz

Preparação de originais: Marta Almeida de Sá

Produção editorial: Indiara Faria Kayo

Assistente de produção editorial: Estela A. Minas

Editoração eletrônica: Fama Editora

Revisão: Nilza Agua e Yociko Oikawa

Produção de ebook: S2 Books

**CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ**

B344c

Baxter, Stephen

A ciência de Avatar: a verdade e a ficção por trás das tecnologias do filme de maior bilheteria de todos os tempos / Stephen Baxter ; tradução Humberto Moura Neto, Martha Argel. – 1. ed. – São Paulo : Cultrix, 2013.

Tradução de: *The science of Avatar*
Epílogo e Recursos

ISBN 978-85-316-1256-5

1. Avatar (Filme). 2. Pandora (Lugares imaginários). 3. Representação cinematográfica. 4. Ciência no cinema. I. Título.

13-06881

CDD: 791.4366

CDU: 791.43

1ª Edição digital: 2014
eISBN: 978-85-316-1265-7

Direitos de tradução para o Brasil adquiridos com exclusividade pela EDITORA PENSAMENTO-CULTRIX LTDA., que se reserva a propriedade literária desta tradução.

Rua Dr. Mário Vicente, 368 – 04270-000 – São Paulo, SP

Fone: (11) 2066-9000 – Fax: (11) 2066-9008

<http://www.editoracultrix.com.br>

E-mail: atendimento@editoracultrix.com.br

Foi feito o depósito legal.

SUMÁRIO

Capa

Créditos

AGRADECIMENTOS

PRÓLOGO

Parte Um Terra

1 O APOCALIPSE VERDE

2 ECOCÍDIO

3 OS VERDES BROTOS DA ESPERANÇA

Parte Dois RDA

4 MUNDOS DE SONHO

5 CAVALGANDO UMA VALQUÍRIA

6 SIGA A ÁGUA

7 AS MARAVILHAS DOS MUNDOS

Parte Três VENTURE STAR

8 UMA NAVE EM VIAGEM

9 OS GÊMEOS E O TEMPO

10 O FOGUETE DEFINITIVO

11 ESTRELAS GUIAS

Parte Quatro Pandora

12 PRIMEIRA PARADA

13 DESCOBRINDO NOVOS MUNDOS

14 O CASO DA BIÓLOGA CILÍNDRICA

15 OBTENDO O QUE NÃO PODE SER OBTIDO

16 MONTANHAS NO CÉU

17 UMA LUA PERIGOSA

Parte Cinco Portal do Inferno

18 PERTURBANDO O MUNDO

19 CÓPIAS, CÉLULAS E COMPUTADORES

20 APOCALIPSE LOGO

Parte Seis Mundo Vivo

21 UM ECOSSISTEMA CLÍMAX

22 PEQUENAS POÇAS TÉPIDAS

23 QUATRO PATAS, BOM — SEIS PATAS, MELHOR

Parte Sete Na'vi

24 CAÇADORES DA FLORESTA

25 OUTROS CORPOS

26 Outras Mentes

27 PRIMEIRO CONTATO

28 MENTE A MENTE

29 EYWA

Parte Oito Avatar

30 ANJOS E DEMÔNIOS

31 UM CORPO FALSO

32 HACKEANDO O CÉREBRO

33 COMO É SER UM NA'VI?

34 A TRANSMIGRAÇÃO DE JAKE SULLY

EPIÍLOGO

RECURSOS

Caderno de Fotos

AGRADECIMENTOS

Sou muito grato a James Cameron, Jon Landau e equipe por compartilharem comigo seu trabalho para os propósitos deste livro e, ainda mais valioso, por me cederem parte de seu tempo. Foi um privilégio conhecê-los e conhecer sua obra com certa profundidade, e este livro não teria sido possível sem sua generosidade. Esta obra é um tributo à forma disciplinada com que empregam sua imaginação.

Agradeço também a meus editores da Orion Books, incluindo Paul Bulos, Malcolm Edwards e Rowland White, pela brilhante ideia, e pelo trabalho duro, muito além de suas obrigações, para fazê-la acontecer.

Sou profundamente grato aos membros do meu Clã de Leitores Críticos, que gentilmente doaram seu tempo e seu conhecimento para a revisão dos rascunhos deste livro; sem eles o texto estaria ainda mais repleto de erros. Obrigado a Simon Bradshaw, advogado especializado em tecnologia; Malcolm Burke, da Sharperton Systems; Dr. David L. Clements, professor de Astrofísica no Imperial College, de Londres; Dr. Jack Cohen, biólogo evolucionário (<http://www.drjackcohen.com>); David Langford, autor, crítico e editor do boletim *Ansible* (<http://www.ansible.co.uk>); e a nossos bons amigos Alison e Nick Smart. Quaisquer mal-entendidos, erros ou ambiguidades são, é claro, de minha única responsabilidade.

E a você, leitor deste livro: *Irayo, Eywa ngahu.*

Stephen Baxter

Verão de 2011 (calendário terrestre)

PRÓLOGO

“Qual sua experiência de trabalho em laboratório?”

“Uma vez, dissequei uma rã.”

– Dra. Grace Augustine e Jake Sully

Este livro é sobre a ciência por trás do filme *Avatar*, de James Cameron. E, para explorar essa ciência, exploraremos os segredos por trás das câmeras de James Cameron e sua equipe.

Grande parte da ciência de *Avatar*, porém, está lá, bem na tela. Você só precisa prestar atenção.

Imagine-se no ano de 2154, em Pandora, lua do gigante gasoso Polifemo, planeta que orbita Alpha Centauri. Você desce junto do veterano de guerra Jake Sully a rampa do ônibus espacial Valquíria, que acaba de trazê-lo da espaçonave *Venture Star*, em órbita. Você está em Portal do Inferno, a principal base de operações da RDA – a Administração de Desenvolvimento de Recursos – que está no planeta para extrair o valiosíssimo mineral *unobtanium*. Jake, no entanto, deve se apresentar à Dra. Grace Augustine para participar de um programa de *avatars* que ela conduz: sua mente controlará um corpo substituto cujo propósito é estabelecer contato com os Na’vi – nativos desse planeta.

Entretanto, no momento, você não está pensando em nada disso. Você acaba de chegar a um mundo alienígena. O que você vê? O que pode ouvir, cheirar, sentir?

Na verdade, como você tem sua máscara do *exopack* grudada no rosto, o único cheiro que pode sentir é o do ar que o equipamento lhe fornece. Talvez

o céu tenha uma cor estranha, graças à mistura de gases atmosféricos que em Pandora é levemente diferente. Talvez haja nuvens de formatos estranhos. Seria difícil não notar os dois sóis de Alpha Centauri, e aquele mundo grande e antigo, semelhante a Júpiter, no céu. Pode ser que veja pouca coisa da vida nativa de Pandora, excluída quase por completo do Portal do Inferno.

Você tem uma estranha sensação de leveza, uma flexibilidade nos passos, uma impressão de que a cabeça está pesada, como se estivesse gripado, uma mobilidade peculiar dos órgãos internos. Se você treinou nos mundos inferiores do nosso sistema solar — a Lua e Marte —, pode reconhecer essas sensações: acontecia o mesmo lá. O que você está sentindo é a baixa gravidade de Pandora.

Então um enorme caminhão de mineração passa a toda velocidade. E, assim como Jake, você vê flechas cravadas em um dos pneus.

Este é o primeiro indício que Jake tem dos Na'vi, os nativos de Pandora. E já diz muito a você, e a Jake, sobre eles.

Para começar, os Na'vi devem ser inteligentes, com habilidades cognitivas no mínimo equivalentes às dos humanos modernos. Mesmo uma flecha — com haste, ponta e alguma estrutura estabilizadora — é uma ferramenta composta de várias partes. Na Terra, até onde se sabe, nem chimpanzés nem qualquer um de nossos predecessores hominídeos que usavam ferramentas de pedra lascada jamais fabricaram artefatos assim; só os humanos o fizeram. Outra prova de inteligência é o fato de os Na'vi terem mirado nos pneus, aparentemente o ponto fraco do veículo.

Mas como as flechas chegaram ali? Você já sabe que os Na'vi têm forma mais ou menos humanoide. Você viu corpos de avatares sendo cultivados em tanques na nave em que veio da Terra. E, com base nisso, poderia supor (e estaria correto) que um arco foi usado para disparar aquelas flechas. Porém você está em outro planeta. Qual é a probabilidade de uma forma de vida alienígena ter desenvolvido a tecnologia do arco e da flecha?

Bem, na Terra, a tecnologia de arco e flecha foi desenvolvida diversas vezes de forma independente. Parece ter surgido pela primeira vez por volta de 8.000 a.C., na Alemanha, mas foi desenvolvida também pelos nativos da América do Norte, que não tiveram contato com o Velho Mundo desde cerca de 11.000 a.C. até a chegada de Colombo. O isolamento entre os continentes nos fornece laboratórios naturais para estudar a evolução cultural. Várias coisas foram inventadas de forma independente, como a agricultura, desde que os recursos locais permitissem. O arco e flecha é uma delas, embora não tenha surgido em todas as culturas. Os aborígenes da Austrália nunca o desenvolveram; em vez disso, lançavam um bastão, como o *atlatl*^[1] da América do Sul, que chamavam de “woomera” – termo que mais tarde seria adotado para o centro de lançamento espacial australiano.

Portanto não é muito surpreendente encontrar os Na’vi usando arco e flecha, resultado de uma invenção independente em outro mundo.

E tampouco é surpreendente ouvir o Coronel Miles Quaritch, das SecOps, chefe de segurança do Portal do Inferno, contar a Jack que os Na’vi costumam embeber suas flechas em uma neurotoxina mortal. Os índios sul-americanos lutaram contra os conquistadores espanhóis de forma parecida, com flechas recobertas com um muco mortífero de rãs, com estricnina e com curare, alcaloide que causa paralisia fatal.

No entanto, é claro, a primeira coisa que o ex-fuzileiro naval Jake nota é que os Na’vi são evidentemente hostis. Assim como os espanhóis em busca de ouro na Terra, no século XXII, os conquistadores da RDA, em sua busca por unobtainium, viram-se cara a cara com os caçadores-coletores da floresta.

Tudo isso poderia ser deduzido, por Jake e por você, só com base naquela primeiríssima observação em Pandora – as flechas nos pneus.

As plateias do mundo todo se encantaram com *Avatar*, o filme visionário de James Cameron, com a visão dos Na’vi em seu mundo maravilhoso de

Pandora. E, como Jake Sully em sua unidade de conexão psiônica, muita gente não quis despertar do sonho: a “abstinência de Avatar” tornou-se uma síndrome comum.

O filme, porém, não se resume a um sonho, a uma fantasia. Há justificativas científicas para boa parte do que aparece na tela. Isso não é surpresa, já que os criadores consultaram especialistas e usaram seus próprios conhecimentos científicos ao realizar o filme. Tome-se como exemplo o tiro com arco. Os *designers* deram aos Na’vi nada menos que quatro tipos de flechas e sete tipos de arco, dos brinquedos para treino das crianças ao poderoso *arco em X* com dois suportes cruzados, para uso de longa distância em ataques aéreos. E Jake vai descobrir que os arcos são importantes na cultura Na’vi; depois de completar o ritual de iniciação *Iknimaya*, um jovem caçador Na’vi tem permissão de fazer um arco a partir de um galho da Árvore Lar, o imponente lar natural do clã Omaticaya.

Por trás do que vemos na tela há um universo totalmente consistente, embora imaginário. Não chegamos sequer a ver boa parte de seus detalhes, mas esse embasamento confere credibilidade tanto à proposta do filme quanto a seu valor cultural. Minha própria carreira foi construída (em grande parte) sobre o que se costuma chamar de ficção científica *hard*, isto é, ficção científica que tenta se manter fiel às leis científicas como as conhecemos, com extrapolações coerentes e consistentes. O mais atraente na boa ficção científica *hard* é que ela permite explorar o significado de nossa própria humanidade no contexto do universo descortinado por nosso conhecimento científico sempre em expansão. E este é exatamente o caso de *Avatar*.

Assim como quando Jake pondera sobre as flechas, e como a Dra. Grace Augustine em sua busca interminável por amostras, neste livro, seremos exploradores de campo por trás da ciência do universo fictício de *Avatar*. Nosso ponto de partida será, sobretudo, o que aparece na tela, mas mergulharemos no rico universo que James Cameron e sua equipe

desenvolveram por trás das câmeras. Em alguns momentos, vou especular sobre alguma característica do universo de *Avatar* sem dar uma resposta definitiva. No momento em que escrevo, só o primeiro filme foi lançado; estão planejando duas sequências e romances baseados nos filmes, e com eles aprenderemos muito mais sobre os mundos de *Avatar*...

Este é um livro sobre ciência, mas precisamos sempre nos lembrar de que estamos tratando de um filme, uma obra de ficção. James Cameron escreveu um primeiro esboço do filme em 1995, mas sua concepção dos Na'vi, por exemplo, data de pinturas que fez nos anos 1970. O desenvolvimento do universo de *Avatar* foi um diálogo entre suas concepções iniciais e o trabalho de artistas, *designers* e consultores, que foram encorajados a usar o conhecimento científico e imagens do mundo real para dar corpo a um universo consistente e crível. Porém, o tempo todo, as necessidades da plateia foram levadas em conta. Cameron solicitou aos criadores que “encontrassem a metáfora” para cada elemento do filme. Assim, a “metáfora” das *banshees*^[2] é, em última análise, o conceito de uma ave de rapina.

Cada elemento que vemos na tela está ali, sobretudo, por um propósito narrativo, ou para fornecer uma imagem impactante; *Avatar* está repleto de força narrativa e imagens suntuosas. Se o filme não funcionasse em termos de narrativa e imagens, nem toda a ciência do mundo o salvaria. Assim sendo, à medida que exploramos o universo do filme, sempre daremos aos autores uma “licença poética”. Eles criaram um mundo que dá uma *sensação* alienígena, mas com suficientes pontos familiares para que o espectador não passe o tempo perdido em estranhamento. Assim, o rosto de um Na'vi tem características levemente felinas, ou leoninas, elementos familiares usados para dar uma sensação de estranheza.

Por sinal, sem dúvida alguma, haverá partes em que você discordará totalmente de minhas interpretações e conclusões. Também isso faz parte da boa ciência.

Se você está lendo este livro, suponho que conhece o filme e que tem interesse por ciência, mas não posso afirmar que tenha conhecimento prévio dos tópicos científicos abordados. Se estiver interessado em se aprofundar neles, há uma lista de referências adicionais no final do livro, incluindo fontes que detalharam muito mais os elementos do filme; aqui, é dada ênfase ao contexto científico. Seguiremos a lógica da trama do filme, mas acredito que você pode iniciar a leitura em qualquer ponto pelo qual se interesse particularmente.

Avatar é, entre outras coisas, a história de uma jornada. Jake Sully viaja da Terra para as estrelas. Em Pandora, ao lutar para salvar os Na'vi, ele descobre sua plena humanidade. E finalmente se aventura além da própria humanidade. Nossa jornada seguirá a de Jake. E começará onde a dele começa: na Terra, em meados do século XXII...

PARTE UM

TERRA

“Veja o mundo de onde viemos: lá não há verde. Eles mataram a própria mãe natureza...”

– *Jake Sully*

1

O APOCALIPSE VERDE

No filme *Avatar*, vemos muito pouco da Terra. Há apenas breves cenas de Jake com o corpo de seu irmão gêmeo, Tommy. Mas o que é dito sobre o planeta pinta um quadro sombrio. Como Jake diz a Eywa, a deusa da floresta de Pandora, não existe mais natureza.

Há um pouco mais de detalhe nas cenas excluídas no projeto do roteiro de James Cameron (datado de 2007 e disponível *on-line*): “Jake olha para cima, para os limites da cidade. Trens Maglev passam a toda velocidade acima de sua cabeça em trilhos suspensos, em contraste com um céu repleto de publicidade extravagante... A maioria das pessoas usa máscaras com filtro para se proteger do ar tóxico... Uma torrente de almas anônimas e solitárias em marcha”.

É evidente que a Terra de Jake é um mundo onde os problemas que hoje enfrentamos chegaram ao extremo, um mundo superpovoado e superdesenvolvido, de recursos exauridos e colapso climático, de poluição e extinções. E é também um mundo de guerra. Miles Quaritch e Jake Sully, quando eram soldados na ativa, lutaram em arenas tão diversas quanto a Nicarágua e a Venezuela, e, no decorrer do filme, vemos muita tecnologia militar em Pandora (veja o Capítulo 20).

Infelizmente este é um futuro bem plausível. E é tudo culpa da agricultura.



Dez mil anos atrás, todos os seres humanos neste planeta viviam de forma muito parecida à dos Na'vi, caçando, pescando e colhendo frutos em meio à imensa natureza selvagem. E havia pouquíssima gente, talvez cerca de 3 mil pessoas em toda a Grã-Bretanha.

No entanto, com o desenvolvimento da agricultura, populações muito maiores começaram a surgir. Os recursos da Terra passaram a ser explorados de forma muito mais intensa, inclusive as riquezas minerais do planeta. Iniciamos esse processo abrindo minas profundas para extrair o melhor sílex, escavando veios de calcário com machados de osso de rena.

Hoje, somos cerca de 7 bilhões de humanos. Estamos chegando aos limites globais de recursos essenciais como petróleo, carvão e até mesmo água doce. Utilizamos aproximadamente um terço da terra do planeta para nossas fazendas e cidades, e consumimos por volta de 40% de sua produtividade biológica, uma quantidade espantosa para uma única espécie.

Estamos cada vez mais cientes do impacto que causamos sobre o planeta. Existe intensa controvérsia sobre o quanto da mudança climática que parecemos estar sofrendo é causado pela ação humana, e não sabemos ao certo se os impactos futuros podem ser evitados caso mudemos nosso comportamento. Creio que seja justo mencionar que alguns cientistas ambientais acreditam que os seres humanos vêm afetando o clima desde a Revolução Industrial, ou até antes; outros permanecem céticos.

Entretanto, se a mudança climática é ou não causada pela interferência humana, suas evidências estão à nossa volta, e notícias alarmantes sobre os sistemas de suporte da vida no planeta, dos quais todos dependemos, se tornaram familiares demais.

Quão ruim é a situação e quanto pode piorar? Não é uma pergunta fácil. A maneira como os elementos do ambiente interagem entre si é pouco compreendida, e é irônico que apenas agora começamos a entender a biosfera, justamente quando ela está começando a entrar em colapso.

No entanto, em 2009, uma equipe de especialistas em Meio Ambiente e Ciências da Terra, do Instituto Ambiental de Estocolmo, na Suécia, produziu um mapa sistemático dos sistemas naturais de suporte de vida no planeta, para verificar o quanto já os afetamos, e até onde podemos ir antes que nossa própria sobrevivência seja ameaçada. O exercício foi uma avaliação comparativamente imparcial do ponto em que estamos e para onde vamos. A equipe conseguiu definir nove *dimensões*, cada uma delas com um limite estimado de segurança.

A má notícia é que já excedemos o limite de três das nove dimensões. A medida usada pela equipe para a *mudança climática* é o nível de dióxido de carbono na atmosfera. Esse gás importante para o efeito estufa flui naturalmente no ar, mas estamos liberando mais com a queima de combustíveis fósseis. O limite “seguro” estabelecido pelos cientistas é cerca de 25% mais alto que o nível “natural” pré-industrial, mas ultrapassamos essa marca há vinte anos. Nosso impacto sobre a *biodiversidade* é medido pelas taxas de extinção, que excedem bastante a taxa “natural” de controle. Estamos destruindo *habitats*, produzindo espécies exóticas, como ervas daninhas e ratos, gerando poluição e talvez causando mudanças climáticas — ou simplesmente caçando em excesso. Estima-se que um décimo de todas as espécies de aves, um quinto das de mamíferos e um terço das de anfíbios estejam ameaçadas. Sabemos que os ecossistemas dos quais dependemos, comunidades naturais de plantas e animais, necessitam da biodiversidade, mas não sabemos quanta biodiversidade eles podem perder antes de entrarem em colapso, como aconteceu nas grandes extinções do passado, por exemplo, com a queda do asteroide que extinguiu os dinossauros. O *ciclo do nitrogênio* traz um problema identificado há relativamente pouco tempo. O nitrogênio é essencial para todos os seres vivos, mas apenas uma pequena proporção do estoque do planeta (a maior parte da atmosfera se compõe de nitrogênio) está numa forma utilizável. Estamos removendo do ar uma

quantidade grande demais (quatro vezes mais) e “fixando-a” por meio da fabricação industrial de fertilizantes, de agricultura ineficiente e outros processos nocivos à biosfera.

A notícia não muito boa é que parecemos estar chegando ao limite em três outras áreas. Estamos usando uma quantidade grande demais das reservas de *água doce* disponíveis no planeta; cerca de um quarto dos rios já não chega aos oceanos em pelo menos parte do ano. Estamos destinando um excesso de *terras* para uso humano, como plantações e desenvolvimento urbano, e, como resultado, vamos perdendo os “serviços ecossistêmicos” produzidos por florestas, pradarias e áreas úmidas, como renovação do ar e estabilização do solo. O *aumento da acidez dos oceanos* é outro problema que só recentemente identificamos; a acidez acaba matando organismos como os corais, e um oceano menos fértil é menos capaz de absorver dióxido de carbono do ar.

Em outras duas áreas, o conhecimento é fragmentado demais até para estabelecer limites: a *carga de aerossóis*, a liberação de fuligem, sulfatos e outras partículas no ar, em decorrência de processos industriais e queima de vegetação, e a *poluição química*; nesse último quesito, o impacto de alguns poluentes (como o DDT) está controlado, mas o efeito de outros é desconhecido.

Ao menos ainda há tempo para a recuperação em todas as dimensões. E na verdade há boas notícias! A última dimensão é a *redução do ozônio atmosférico*, uma questão ambiental com um final (relativamente) feliz.

Em 1982, cientistas britânicos descobriram uma redução na espessura da camada de ozônio na estratosfera sobre a Antártida. Esta forma reativa de oxigênio protege a superfície da Terra da radiação invisível, mas letal, do sol. O químico Paul Crutzen e outros confirmaram que os culpados eram os CFCs, os compostos de clorofluorcarbono, que eram usados em latas de *spray*, geladeiras e no isopor. Depois de serem liberados na atmosfera, os

CFCs eram decompostos pela radiação solar e liberavam cloro livre que reagia com o ozônio, removendo esse isótopo do oxigênio da camada estratosférica onde ele se acumula. A vida na Terra evoluiu sob a proteção da camada de ozônio e não tem nenhuma proteção natural contra os raios ultravioleta do Sol. Se a camada de ozônio tivesse colapsado totalmente, deixando o mundo ser atingido em cheio pela radiação solar, os seres humanos teriam sido vítimas de câncer de pele e catarata, e ecossistemas inteiros seriam danificados.

No entanto, o perigo foi reconhecido a tempo. Em 1987, foi assinado um protocolo banindo o uso de CFCs, a redução do ozônio foi detida, e Crutzen e outros cientistas dividiram um Prêmio Nobel. Pelo menos esse exemplo demonstra que somos capazes de ação coordenada numa escala global para evitar as ameaças que enfrentamos.

Mas, e se falharmos, como parece ser o caso no futuro de *Avatar*? A que ponto a situação pode chegar?

2

ECOCÍDIO

ATerra de Jake Sully é um mundo no qual, segundo ele, não existe verde — onde, devemos deduzir, a ordem natural entrou em total colapso. É possível isso? E poderia a humanidade ao menos sobreviver num mundo assim?

Na medida em que enfrentamos um gargalo de esgotamento de recursos e colapso ambiental, não é difícil imaginar um futuro pavoroso de guerra e de fome, colapso social, doenças e migrações em massa, pontuado por catástrofes climáticas como secas e enchentes, e furacões formando-se nos oceanos em processo de aquecimento. Os países, ou grupos de países, mais ricos podem se tornar blocos fortificados. Como sempre, os mais pobres serão os mais vulneráveis, pois de qualquer maneira já vivem perto do limite de sustentabilidade. Porém nenhum de nós estaria imune.

E as coisas ainda poderiam piorar muito.

A mudança climática poderia deixar de ser gradual. Alguns cientistas acreditam que, se os ciclos naturais do planeta forem levados ao extremo, poderíamos chegar a um *tipping point*, ou “ponto de virada”, levando a um desastre muito maior e repentino. Entre os gatilhos desse ponto podem estar a liberação abrupta dos depósitos de metano e dióxido de carbono atualmente presos sob as camadas de permafrost (gelo permanente) ao redor do Oceano Ártico e em outros locais. Gases de efeito estufa em grande volume causariam uma aceleração súbita do aquecimento global.

Outro *tipping point* muito discutido é o possível colapso da corrente oceânica conhecida como Corrente do Golfo, que transporta água (e ar) quente para o Atlântico Norte. Se ela entrasse em colapso, regiões costeiras, incluindo a costa leste dos Estados Unidos, a Grã-Bretanha e a Escandinávia, poderiam sofrer um *resfriamento* gigantesco e súbito. Este cenário foi dramatizado (demais) no filme *O Dia Depois de Amanhã* (2004). E pode ter feito parte do mundo real, desencadeando o episódio *Younger Dryas* por volta de 13 mil anos atrás, no qual o planeta, que saía da última Idade do Gelo, reverteu às condições glaciais por mil anos.

Um relatório encomendado pelo Pentágono em 2003 previa um colapso climático repentino desencadeado por algo parecido ao *Younger Dryas*. A consequência seria uma drástica redução na *capacidade de abastecimento* do planeta, em sua habilidade de nos alimentar a todos. No meio das guerras, das secas e dos enormes movimentos populacionais que se seguiriam, haveria um colapso de estados e federações como a União Europeia, e um colapso da ordem internacional. Era um cenário extremo, mas o trabalho de departamentos de defesa como o Pentágono é imaginar os piores casos e se preparar para eles.

Dentre as previsões mais sombrias, as piores constituem uma leitura desagradável. Nos anos 1970, James Lovelock elaborou a famosa teoria de *Gaia*, nosso mundo visto como uma rede de fluxos de energia e de matéria, “um sistema fisiológico dinâmico que manteve nosso planeta adequado para a vida por mais de 3 bilhões de anos” (e talvez *Gaia* tenha um paralelo na *Eywa de Pandora* – veja o Capítulo 29). Agora, afirma Lovelock em seu livro mais recente, *A Vingança de Gaia*, “O mundo está reagindo [...] Os sinos começaram a repicar para marcar nosso final [...] Dos bilhões hoje vivos, somente um punhado sobreviverá”.

Há algo que possamos fazer quanto a isso?



Para começar, poderíamos ir além das atividades “verdes” que já existem no mundo moderno: reciclagem, economia de energia, preservar o que resta das áreas naturais.

Talvez pudéssemos resgatar partes ameaçadas da própria biosfera. Já existem mais de mil bancos genéticos mundo afora, guardando milhões de sementes vegetais. Animais estão sendo “armazenados” em forma de amostras de tecido congelado, como no *Frozen Zoo* (Zoológico Congelado) do Zoológico de San Diego, na Califórnia, na esperança de que, se tudo falhar, essas criaturas possam ser revividas como clones algum dia. A Sociedade Zoológica de Londres (Zoological Society of London) está até considerando criar um banco de corais congelados. E alguns cientistas estão pensando em como preservar ecossistemas numa escala mais ampla, talvez paisagens inteiras, de forma a proporcionar à evolução um cenário amplo o suficiente para que possa ter continuidade.

No entanto há possibilidades mais sutis. O ambientalista norte-americano Paul Wapner sustenta que deveríamos abrandar as linhas divisórias entre “nós” e a “natureza”. Por exemplo, Wapner sugere que, em vez de construir uma cerca dividindo floresta e cidade, deveríamos criar zonas seletivas de exploração madeireira. As florestas gradualmente se fundem a subúrbios propositalmente favoráveis à vida silvestre, e haveria corredores de migração para a vida selvagem e uma boa extensão de solo não ocupado. Pode não haver áreas realmente naturais, mas os subúrbios teriam mais natureza, e nós seríamos guardiães da vida silvestre à nossa volta. O ecólogo Dickson Despommier tem outra proposta interessante: deveríamos fazer plantações e criar animais em grandes prédios em área urbana, as chamadas *fazendas verticais*. Assim, as áreas rurais poderiam voltar a ser silvestres — e os custos do transporte de alimento seriam cortados de forma drástica.

No entanto, se a situação continuar a se deteriorar, essas iniciativas em pequena escala poderão não ser suficientes. Podemos imaginar esforços

frenéticos, numa escala bem maior, para recompor Gaia. Isto é geoengenharia: a reconstrução da Terra.

As soluções de geoengenharia podem ser imensas em escala, mas em geral baseiam-se em dois princípios simples. A Terra intercepta calor do Sol, e um excesso de dióxido de carbono captura esse calor. Então, para reduzir o calor retido, ou se reduz a quantidade de energia solar que o planeta absorve, refletindo-a (*manipulação de albedo*), ou retira-se dióxido de carbono do ar (*sequestro de carbono*).

Um método de sequestro consiste em liquefazer dióxido de carbono atmosférico e bombeá-lo com pressão para dentro de camadas rochosas profundas, ou do fundo do mar. (Foi em estudos de soluções como essas na década de 1970 que o termo “geoengenharia” foi criado.) Isso já está sendo feito, por exemplo, em usinas de gás natural na Noruega. O desafio é não gerar mais calor no processo do que o que se economiza retirando o dióxido de carbono.

Por outro lado, os esquemas mais ambiciosos de manipulação de albedo envolvem a construção de imensos refletores solares no espaço. Em 1929, o visionário teuto-húngaro Hermann Oberth sugeriu usar enormes espelhos orbitais para refletir luz solar para as regiões polares e amenizar a noite ártica. Os russos de fato testaram um espelho espacial de vinte metros em 1993, colocado na órbita terrestre com base na estação espacial Mir. A ideia de usar espelhos espaciais para desviar a luz de uma Terra em sobreaquecimento foi explorada por especialistas norte-americanos em energia. Há procedimentos menos dramáticos, como usar canhões navais para disparar partículas de aerossol na alta atmosfera, e assim filtrar a luz solar. Outras possibilidades foram exploradas na ficção científica. *Forty Signs of Rain* [Quarenta Sinais de Chuva] (de 2004) e suas continuações, de Kim Stanley Robinson, dramatizaram o colapso e o retorno artificial da Corrente do Golfo, e o meu

romance *Transcendent* [Transcendente], de 2005, inclui engenheiros que estabilizam os depósitos de metano nos polos.

Muita gente recua instintivamente diante da ideia de manipulações tão drásticas com o planeta. Elas soam como uma arrogância despropositada. Na mitologia, somente os deuses manipulavam o tempo, como as divindades da *Odisseia* de Homero, que criaram tempestades para impulsionar Odisseu através do mar Egeu. E a geoengenharia é uma ciência repleta de incertezas. Como já disse, a hipótese de *Gaia* de Lovelock retrata a Terra como uma teia complexa de processos de retroalimentação interconectados. Enquanto não compreendermos o funcionamento dessa teia, será difícil saber se nossas manipulações irão melhorar ou piorar as coisas. Existe até mesmo o perigo de que soluções de geoengenharia na verdade nos estimulem a prosseguir com os pecados biosféricos, na crença equivocada de que mais tarde seremos capazes de consertar todos os problemas.

Há, porém, muitas discussões sérias sobre geoengenharia. Em 2009, a prestigiosa Royal Society britânica produziu um relatório importante sobre “ciência, governança e incerteza” da geoengenharia, e em 2011 a ideia foi debatida pelo órgão de ciência climática da ONU, o influente Intergovernmental Panel on Climate Change [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas] (IPCC).

Seu otimismo quanto a nossa habilidade em controlar algo como a geoengenharia pode ficar abalado com a leitura das discussões calorosas que se desenrolam em fóruns públicos sobre mudança climática, mas pelo menos estamos discutindo o problema. Pode até ser que as discussões sejam um indício de uma consciência global que esteja surgindo (lentamente), de que bem ou mal estamos a caminho de nos tornar uma civilização planetária madura. É certo que, se a situação se deteriorar, podemos chegar ao ponto de não haver escolha a não ser tentar soluções drásticas.

Mas talvez, no fim das contas, se as coisas piorarem demais, um paradigma novo e chocante possa surgir: *deixe morrer*.

Tendo energia e matérias-primas suficientes, imagino que a humanidade, ou uma parte dela, consiga sobreviver até mesmo num mundo com escassas relações ecológicas restantes, ou mesmo nenhuma. Talvez seja semelhante à colonização de um mundo alienígena, com cúpulas sobre as cidades e gigantescos purificadores de ar, e fábricas de comida produzindo cianobactérias processadas. A tremenda energia antes empregada em esforços malsucedidos de geoengenharia passaria a ser usada em sistemas artificiais de suporte de vida no planeta todo.

Eu não subestimaria o que seria necessário para substituir os *serviços* ambientais perdidos com as teias ecológicas. Tomemos como exemplo uma mera árvore – a árvore, fundamental para a cultura e o modo de vida Na’vi. As árvores evitam a erosão do solo, fornecem um ecossistema abrigado dentro da folhagem e, sob ela, ajudam a manter a atmosfera liberando oxigênio e reduzindo o dióxido de carbono; produzem de maçãs a borracha; e depois de morrerem proporcionam um material de construção de notável flexibilidade, a madeira. Estima-se que haja em torno de 400 *bilhões* desses serviços gigantes em nosso planeta (veja o Capítulo 29). Teríamos de gastar muito dinheiro para construir equivalentes mecânicos para todas essas funções. (E, se conseguíssemos, talvez as últimas árvores acabassem em museus, como na canção Big Yellow Taxi de Joni Mitchell.)

Como seria viver num mundo assim? As breves cenas de *Avatar* dão uma ideia. Planetas urbanizados por completo existem na ficção científica, como no romance de Isaac Asimov, *Caça aos Robôs* (1954), que retrata um mundo claustrofóbico de corredores com paredes metálicas. E temos ainda a visão deprimente de uma Terra morta no romance de Cormac McCarthy *A Estrada*.

Imagino um mundo de minas gigantescas e enormes motores, de ar poluído irrespirável e de oceanos mortos, onde cada gole de água e todo ar respirável tem de passar primeiro por um filtro. (Talvez os exopacks usados em Pandora sejam baseados em tecnologia desenvolvida para sobreviver na Terra.) Imagino um mundo ainda repleto de guerras pelos recursos naturais remanescentes, exatamente como em *Avatar*. Imagino um mundo de controle e vigilância intensos, mediados pelas superpoderosas mentes artificiais do futuro (ver o Capítulo 19). Imagino um planeta semelhante a uma imensa favela, onde as dificuldades dos pobres e dos vulneráveis seriam terríveis.

E sentiríamos uma saudade tremenda da Mãe Terra. Já nos encontramos desconectados da teia ecológica que propiciou nosso desenvolvimento, e não conseguimos nos encaixar no mundo a nossa volta. Nosso cérebro ainda está programado para evitar predadores há muito extintos, razão pela qual os aborrecimentos do dia a dia nos inundam de adrenalina, como se fossem ameaças mortais. É o *princípio do antilocapra*. O *antilocapra* é um mamífero da América do Norte, semelhante a um antílope, que corre a uma velocidade espantosa, uma habilidade hoje inútil que evoluiu para que ele pudesse escapar dos predadores já extintos que costumavam caçá-lo. Sentiríamos uma infelicidade terrível em uma Terra morta, e talvez nem sequer pudéssemos entender o motivo.

Para o bem ou para o mal, porém, parece ser em um mundo assim que Jake Sully nasceu – e uma demonstração do que teríamos perdido está representada na primeira reação maravilhada de Jake com o mundo vivo de Pandora. Porém nosso mundo não é assim, ainda.

3

OS VERDES BROTOS DA ESPERANÇA

Temos sempre que nos lembrar de que *Avatar* é um filme; o que aparece na tela está lá, sobretudo, para servir a um propósito narrativo. *Avatar* é um filme sobre o despertar da esperança, desde que Jake Sully emerge do sono criogênico (animação suspensa), na órbita ao redor de um novo mundo, até a última imagem do filme, quando ele desperta como Na'vi, totalmente ligado a seu novo mundo. Porém o despertar da esperança é muito mais eficaz para finalidades de narrativa, se é que existe um pesadelo do qual despertar.

Não há nada de novo em panoramas de um futuro sombrio. Minha geração, nascida nos anos 50, cresceu com a Guerra Fria, um impasse aterrorizante que poderia ter desencadeado uma guerra nuclear em larga escala, um futuro finalizado numa barreira de luz ofuscante. A cultura ocidental tem uma expectativa bem enraizada do apocalipse iminente, que parece datar ao menos do livro bíblico do Apocalipse. Estamos sempre temendo o pior; só que o pior que podemos imaginar muda com o passar do tempo.

Talvez o pensamento apocalíptico tenha seu valor, em certas circunstâncias. Talvez nosso pessimismo habitual com relação ao futuro seja um tipo de memória atávica, um instinto ancestral nos alertando de que não devemos nos acomodar, que nos faz esperar mudanças drásticas no futuro, como as que enfrentamos no passado (as Eras Glaciais, por exemplo). Nada disso minimiza a ameaça real representada por problemas como a mudança

climática. No entanto, reconhecer o hábito de pensamento apocalíptico oferece uma perspectiva mais clara sobre nossas esperanças e nossos medos.

E, quanto ao futuro próximo, talvez ainda tenhamos tempo de evitar o apocalipse verde.

Duvido que possamos de fato matar nossa “mãe”. Tenho a sorte de poder viver em uma comunidade rural no norte da Inglaterra. Enquanto escrevo, olho pela janela e vejo “natureza”: colinas, um rio, bosques, campos. Porém na verdade quase tudo o que vejo, com exceção da forma básica da paisagem, é artificial, tendo ganhado essa forma graças à intervenção humana, e quase tudo tem menos de dois séculos de idade. O verde que vejo é, na maior parte, formado de plantações, ou de capim para as ovelhas, ou dos pinheiros das florestas remanejadas. Entretanto os animais selvagens persistem, às margens, nas cercas vivas, debaixo da terra, no litoral, nos vales dos rios, no céu.

A mesma coisa acontece também no coração das maiores cidades. A cidade de Pripjat foi construída para abrigar trabalhadores da usina nuclear de Chernobyl, e foi abandonada após o desastre. Depois de pouco mais de duas décadas, suas áreas abertas estavam verdes, e as pedras de calçamento estavam tão fragmentadas e erguidas por raízes de árvores que parecia ter havido um terremoto.

Gaia tem se mostrado bastante resiliente em relação aos megadesastres, como o impacto de asteroides que liquidou os dinossauros há 65 milhões de anos. A origem de todas as ocorrências referentes a extinções, a catástrofe do fim do Permiano, que talvez tenha sido desencadeada por erupções na Sibéria há 250 milhões de anos, quase exterminou totalmente a vida multicelular na Terra. Porém a vida, embora quase tenha sido dizimada, sobreviveu ao final do Permiano, e a grande história de recuperação e evolução recomeçou.

Comparados com esses festivais de horror, nossos débeis esforços de ecocídio não são lá grande coisa. Por exemplo, mal tocamos as antigas e resistentes formas de vida que possivelmente vivem na *biosfera profunda* e

quente, dentro de rochas quilômetros abaixo de nossos pés (veja o Capítulo 22). Mesmo que destruíssemos o solo e irradiássemos os oceanos, esses antigos sobreviventes, algum dia, emergiriam para recomeçar a história da vida. Não deixa de ser um conforto saber que, se desaparecêssemos amanhã, a natureza se recuperaria e retomaria o mundo com admirável rapidez.

Não há dúvida de que enfrentamos um futuro próximo complexo e cheio de desafios. Porém, como mostra o exemplo da recuperação da camada de ozônio (veja o Capítulo 1), somos capazes de enfrentar os problemas numa escala global, e de resolvê-los. Acredito que sobreviveremos ao apocalipse verde – mais humildes e talvez mudados –, e quando os atuais jovens forem velhos, seus filhos terão encontrado fontes de preocupação completamente novas.

No entanto podemos precisar de recursos de outros mundos para salvar o nosso.

PRÉVIA GRATUITA · OFERTA POR TEMPO LIMITADO

Você chegou ao fim desta prévia.

Continue lendo "A ciência de Avatar"
e mais de 1 milhão de livros — de graça por 30 dias.

★★★★★ Mais de 1 milhão de leitores já aproveitam

Com o Kindle Unlimited, sua leitura não tem fim:

- ✓ Leia à vontade — explore mais de 1 milhão de títulos sem pagar por livro.
- ✓ Leve para qualquer lugar — baixe o app gratuito e leia onde e quando quiser.
- ✓ Em qualquer tela — celular, tablet, computador ou Kindle — você escolhe.
- ✓ Grandes autores — best-sellers e novos talentos, inclusive títulos em inglês.

COMEÇAR MEUS 30 DIAS GRÁTIS

Cobrança só após o período grátis.

- ✓ Pagamento seguro
- ✓ Acesso imediato
- ✓ Cancele quando quiser

Não precisa ter um Kindle: baixe o app gratuito e comece a ler agora.

Se não quiser ler no aplicativo Kindle, compre o livro [clikando aqui](#).