

**MEDICINA**  
A verdade sobre os  
exames de próstata

**NEUROCIÊNCIA**  
Danos que o futebol  
provoca no cérebro

**DIABETES TIPO 1**  
Incidência aumenta  
e assusta cientistas

# SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL

Março 2012 www.sciam.com.br

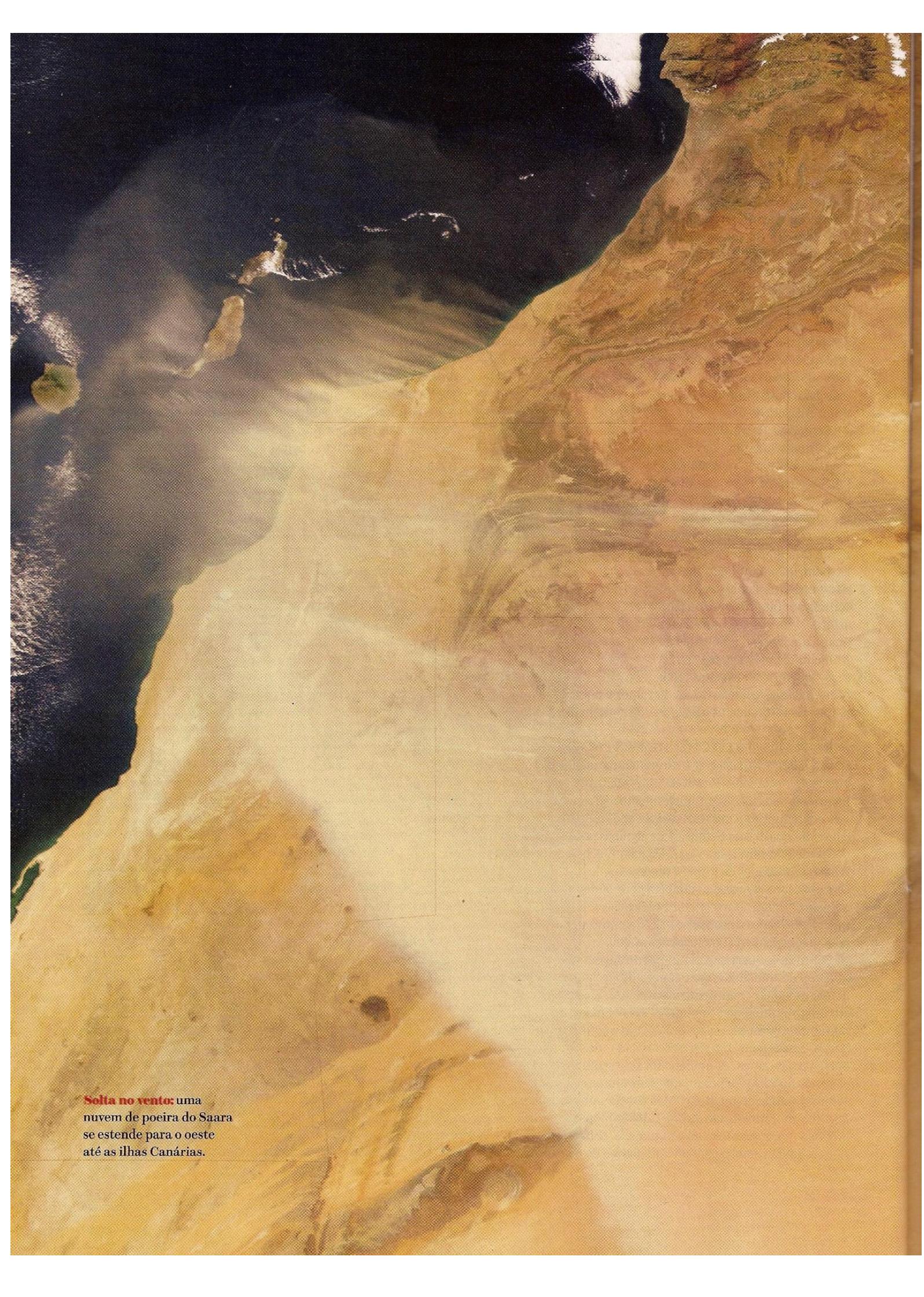


# Universo Quântico

Experimento sobre estrutura  
digital do Cosmos  
pode mudar conceito do  
espaço-tempo



ANO 10  
nº 118  
R\$ 11,90  
Portugal  
€ 4,90



**Solta no vento:** uma nuvem de poeira do Saara se estende para o oeste até as ilhas Canárias.

MEIO AMBIENTE

# POEIRA DA ÁFRICA ATÉ A AMAZÔNIA

O que um punhado de pó  
revela sobre nosso frágil planeta

*Por Jeffrey Bartholet*

**A** DEPRESSÃO BODELE, NA BORDA SUL DO SAARA, É UMA área temível e abandonada. Ventos uivam pelas montanhas próximas de Tibesti e do planalto Ennedi, ganhando velocidade até se afinilarem em uma região vazia e seca quase do tamanho da Califórnia. No passado existia lá um enorme lago de água doce. Agora, ele se reduziu a uma poça encolhida. Na maior parte da paisagem não há nada de significativo.

Jeffrey Bartholet é correspondente estrangeiro veterano e ex-chefe da sucursal da revista Newsweek em Washington.

Ou pelo menos é o que parece. Conforme os ventos varrem o leito do lago antigo, carregam trilhões de minúsculas partículas formando enormes nuvens brancas giratórias. Depois, a poeira inicia uma – ou várias – viagem misteriosa, que cientistas tentam entender melhor.

Há apenas algumas décadas, cientistas não prestavam muita atenção ao pó. Como todos nós, eles limpavam os móveis e de vez em quando percebiam partículas flutuantes de restos domésticos: misturas que geralmente incluem restos de insetos mortos, fibras vegetais e migalhas da cozinha. Cientistas que estudam a atmosfera terrestre estavam muito mais interessados em partículas produzidas pelo homem: poluição. Poucos se preocupavam em reconhecer que milhões de toneladas de solo ou de poeira mineral circulam ao redor do globo, o tempo todo, afetando o clima, fertilizando os oceanos e contribuindo com nutrientes vitais para a floresta tropical amazônica, entre outros efeitos.

Joseph M. Prospero foi um dos pioneiros nessa área. Professor emérito de química marinha e atmosférica da University of Miami, ele é chamado de decano dos estudos sobre poeira nos Estados Unidos. Ele se recorda de que, quando publicou artigos na década de 60 e início dos anos 70 sugerindo um transporte massivo de poeira africana pelo Atlântico até a América, alguns de seus colegas se mostraram céticos.

Sua dedicação foi solitária, monitorando estações de estudos sobre poeira em Barbados e outras localizações, analisando e medindo o que conseguia capturar com filtros de ar. Mas, por fim, o interesse cresceu, em parte porque fotografias de satélite mostraram com clareza cada vez maior o que Prospero e alguns poucos descreviam: nuvens gigantes de partículas, com centenas de quilômetros de largura, varridas do continente africano, como um borrifo de água do mar de uma enorme tempestade que caía do outro lado do Atlântico. Ao mesmo tempo, o interesse sobre a mudança climática cresceu e ficou claro que a poeira desempenha papel essencial na modulação da temperatura terrestre.

“Agora há tantos artigos científicos sobre o tema que é impossível ler tudo”, avalia Prospero. Segundo estatísticas, publicações sobre a poeira saariana dobraram a cada quatro anos do início da década de 70 até 2001. Thomas F. Gill, professor-associado de ciências geológicas da University of Texas, El Paso, que ajuda a manter um banco de dados sobre a poeira, diz que tem dificuldade em se manter atualizado. “Pode-se pensar que é um tema esotérico, mas toda semana vejo em algum lugar cerca de 50 a 100 publicações mencionando a poeira.”

O que todos esses estudos nos dizem? A história da poeira é, na verdade, sobre os desafios de tentar descobrir o que ocorre no planeta que habitamos. Mostra como uma influência sobre uma área do ecossistema terrestre pode ter efeitos sobre outras. “Quanto mais nossas ferramentas científicas nos incentivam a buscar uma resposta, mais elas nos levam a determinadas perguntas”, diz Robert J. Swap, professor de estu-

dos ambientais da University of Virginia. Em 1992 ele compartilhou um artigo sobre a poeira africana na Amazônia. Swap avalia que o estudo da poeira leva a uma conclusão: “Precisamos nos sensibilizar para a complexidade da Natureza”.

**U**MA MANEIRA DE ENTENDER essa complexidade é seguir um volume hipotético de partículas a partir do Saara, através do Atlântico. Ao longo do caminho, e assim que as partículas de poeira chegarem a seus destinos próximos (não há destino final), podemos examinar como elas interagem com o mundo.

Começamos em Bodele, por ser amplamente reconhecido como um dos locais mais empoeirados da Terra. O Saara como um todo e a região do Sahel, nas proximidades, também trazem suas contribuições: a poeira africana é carregada até o sul e leste dos Estados Unidos todos os verões e é responsável por 75%-80% da poeira que se precipita sobre a Flórida. Quando chove em Miami e os moradores retiram um resíduo de partículas avermelhadas de seus veículos, estão limpando uma entrega de longa distância da África. Ande pelas ilhas das Bahamas ou em Florida Keys, e você estará caminhando em solo africano.

A Terra libera cerca de 2 bilhões de toneladas de poeira por ano – e mais da metade vem de desertos e terras áridas africanas. A China lança poeira que viaja para o Havaí e para o oeste da América do Norte; a Patagônia envia poeira para a Antártida. A maior parte da poeira que se instala na Groenlândia vem da Ásia, mas quando a seca produziu o “Dust Bowl” americano da década de 30, essa poeira também parece ter chegado até as geleiras da Groenlândia.

Grande parte da poeira aérea da África pega carona em ventos que sopram para o Atlântico por 6.400 km na direção oeste. Segundo uma estimativa, cerca de 40 milhões de toneladas de poeira carregadas de minerais essenciais à vida, inclusive ferro e fósforo, cobrem a floresta amazônica todos os anos, e metade dessa quantidade pode ter origem em Bodele.

Antes de decolar, a poeira de Bodele fica numa sala de espera geológica. Conforme cada camada é retirada, uma nova é exposta. A velocidade do vento necessária para desalojar partículas de poeira na superfície do solo e colocá-las em movimento varia dependendo da superfície e das condições climáticas, mas, de modo geral, o limite está na faixa de 4 a 12 m por segundo. Conforme as partículas começam a se movimentar, elas soltam outras; as menores flutuam. Uma vez na atmosfera, a poeira começa a se misturar: primeiro com outras partículas do turbilhão de Bodele, depois com a poeira e a poluição de outras

#### EM SÍNTESE

Embora cientistas se dediquem muito ao estudo da poluição, por vários anos eles negligenciaram a relação entre poeiras na-

turais e atmosfera. Recentemente eles descobriram como a poeira influencia o clima e a formação de nuvens – e a fertilização de

oceanos e florestas tropicais. Apesar de muita pesquisa, o efeito da poeira na atmosfera é complexo e mal compreendido.

Até os melhores supercomputadores com os mais sofisticados modelos não conseguem fornecer um quadro claro.



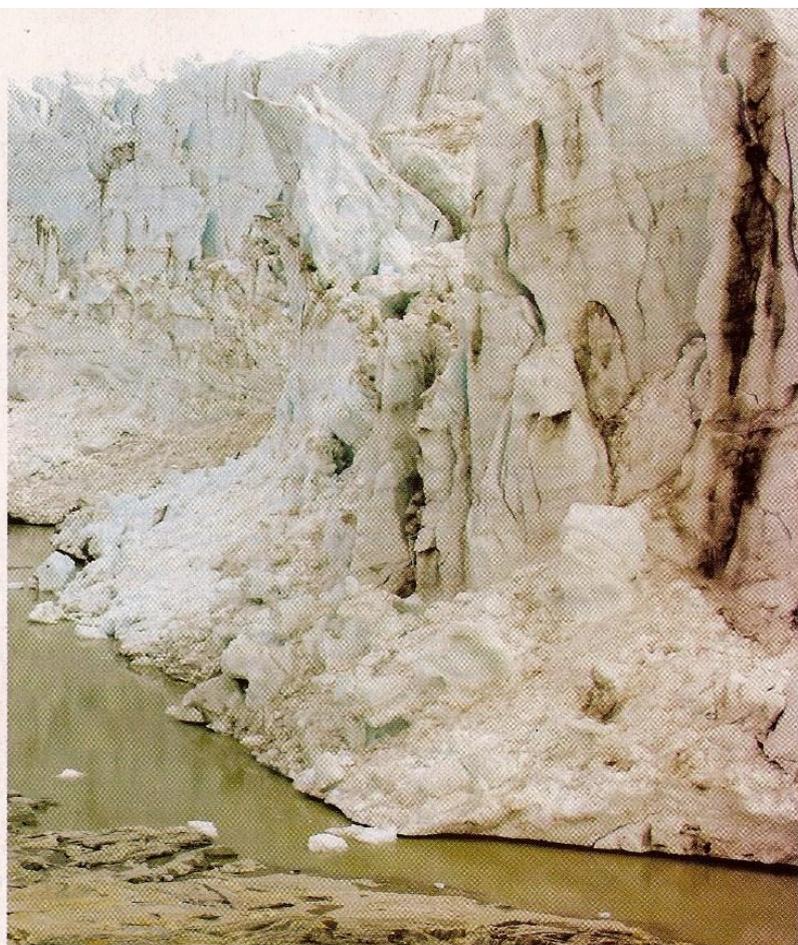
**Gelo sujo:** membros da equipe de Joseph R. McConnell recolhem amostras de gelo na Groenlândia para análise no laboratório (acima). O gelo contém partículas que se acumularam na neve ao longo dos séculos (à direita). O objetivo é descobrir o que faz os níveis de poeira aumentar e diminuir.

partes da África. Por fim, ela integra uma enorme frente de poeira que se movimenta pelo Atlântico.

Quando me encontrei com Prospero em seu escritório na University of Miami, ele me mostrou fotografias de satélite em seu computador para indicar esse fenômeno e balançou a cabeça. “É uma bagunça”, disse, apontando para nuvens de diversas cores e origens sobre a África e o Atlântico. “É difícil apontar o dedo, em termos quantitativos, para o que acontece por lá. Tudo se confunde. Toda a África do Norte está sendo soprada o tempo todo.”

Assim que está na atmosfera, a poeira, que pode não ter sido significativa por milênios, de repente começa a afetar o clima. Absorve a radiação solar, inclusive um pouco que é refletida da Terra, aquecendo a atmosfera. E reflete outra radiação de volta para o espaço, provocando um efeito de resfriamento. A proporção da radiação absorvida ou refletida depende da composição química, mineralogia e tamanho do pó, além do comprimento da onda de luz. Na maior parte, a poeira tem propensão de refletir radiação de ondas curtas do espaço e absorver radiação de ondas longas refletidas pela superfície terrestre. Se as partículas se misturam com fuligem, vão absorver ainda mais calor.

**O**UTROS FATORES ENTRAM EM CENA. A poeira que viaja sobre áreas mais escuras, como os oceanos, esfria o planeta, pois reflete um pouco da luz que seria absorvida pela superfície. Já a que se desloca sobre áreas mais claras, como gelo e areia, tende a ter um efeito de aquecimento, por absorver mais luz que a superfície. “Qualquer aerossol, poeira ou poluição que escurece a neve levará a mais aquecimento”, afirma Charlie Zender, professor de ciências do sistema terrestre da University of California, Irvine. “Se você andar por um campo de neve pela manhã e colocar um pouco de terra sobre o gelo, deixá-la lá e voltar à tarde, essa porção de neve terá afundado.” Vários cientistas com quem falei acreditam que o impacto global da poeira atmosférica é provavelmente um resfriamento do planeta,



mas não o suficiente para compensar agora o efeito de aquecimento provocado pelos gases do efeito estufa.

A poeira em suspensão influencia também o clima de maneira indireta. É essencial, por exemplo, na formação de nuvens. A umidade do ar não forma gotas por conta própria. Ela precisa se anexar a partículas. Cientistas discordam sobre em que medida a poeira age como “núcleo de condensação”. Natalie Mahowald, professora da Cornell University que desenvolve modelos atmosféricos, acredita que a água e o gelo se condensam na poeira. Paul Ginoux, que produz modelos climáticos no Geophysical Fluid Dynamics Laboratory da NOAA, concorda que a poeira age como condensador de gelo, mas acredita que a água se condensa apenas em poeira que tenha se misturado a sulfatos, especialmente da poluição.

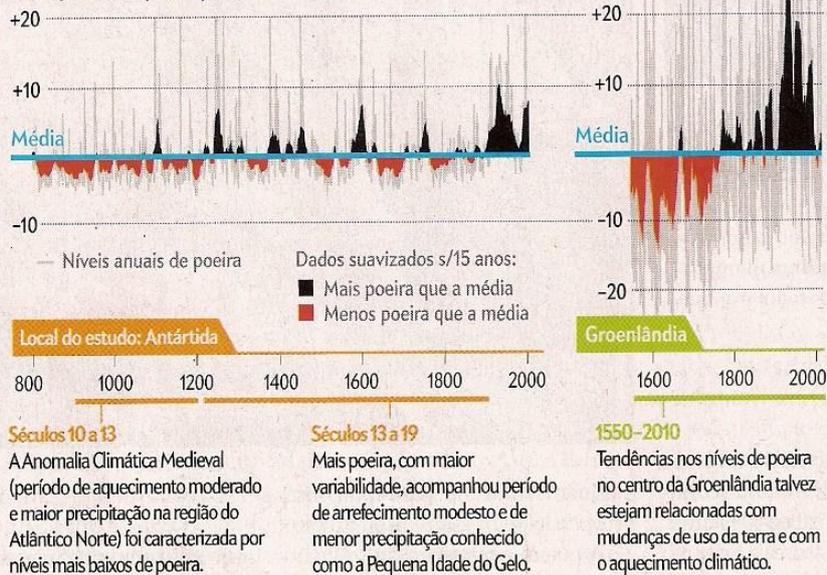
Em pelo menos um ponto, Natalie e Ginoux concordam: existem lacunas enormes no conhecimento sobre a formação de nuvens. Quando muitas partículas pequenas estão suspensas na atmosfera, elas podem ajudar a formar grandes concentrações de gotículas de água que, por serem muito pequenas, são menos propensas a se precipitar como chuva. Além disso, nuvens de gotículas são mais brilhantes que nuvens de gotas grandes – assim conseguem dispersar mais radiação de volta para o espaço. Mas se as partículas de poeira absorvem calor, a umidade que elas atraem se evapora mais rapidamente. As nuvens não duram tanto tempo. “A poeira pode tornar a precipitação mais ou menos provável, dependendo do que o conjunto da atmosfera está fazendo”, segundo Natalie. “É ainda mais complicado do que se imagina.” Ginoux ressalta que mesmo as melhores simulações de computador não oferecem um quadro completo: “Conhecemos os processos físicos, mas é difícil avaliar o que acontece com precisão”.

É difícil exagerar a importância de nuvens para o clima terrestre e não apenas por produzirem chuva ou neve. Cerca de 60% da su-

## Ascensão e Queda da Poeira

Quando a poeira cai no gelo da Groenlândia e da Antártida, muitas vezes é congelada no registro geológico. Concentrações de poeira em amostras de gelo de muitos séculos atrás desses dois continentes revelam um passado variável. O clima exerce um grande efeito sobre os níveis de poeira e vice-versa.

**Concentração de Poeira Relativa à Média**  
(nanogramas de poeira por grama de gelo)



perfcie terrestre está sempre coberta por nuvens. Pequenas mudanças na formação e nas propriedades delas podem alterar drasticamente o papel que desempenham na reflexão de luz e calor de volta para o espaço. Por estimativa, um aumento de 5% na “força de onda curta” esfriaria a Terra o suficiente para compensar todos os aumentos de gases de efeito estufa entre a década de 50 e 2000.

É evidente que a poeira gira ao redor do globo desde que o mundo é mundo. Então, por que deveria exercer qualquer efeito maior ou menor agora que antes? Natalie argumenta que, em grande parte do planeta, há mais poeira em movimento agora que em qualquer outro momento da história recente. “Parece que tivemos quase uma duplicação de poeira sobre a maior parte do planeta no século 20”, diz ela. “Não sabemos exatamente o que provocou o aumento, mas a atividade humana pode estar influenciando essa mudança.”

Joseph R. McConnell, do Desert Research Institute-Reno, Nevada, tem trabalhado precisamente nessa questão. Para obter respostas, ele analisa a poeira incrustada no gelo da Groenlândia e da Antártida. Ele coleta amostras de gelo, entre 20 m e 3 km de profundidade, dependendo da distância em tempo que deseja sondar. Depois, as transporta de avião para seu laboratório. Ele tem duas máquinas de espectrômetros de massa de alta resolução para medir concentrações de elementos encontrados no gelo, que incluem alumínio e elementos de terras raras, como cério, encontrados na poeira, mas não no

sal marinho, na poluição industrial, ou em emissões de vulcões e de incêndios florestais.

O que McConnell está tentando medir são os níveis de poeira no decorrer do tempo para que consiga descobrir o que pode ter provocado sua ascensão e queda. Dos resultados, parece que a desertificação e as mudanças no manejo de terra na Patagônia (inclusive a expansão da criação de ovinos no início do século 20) correspondem a uma duplicação nos níveis de poeira na Antártida durante esse período. Pode ser tentador argumentar a favor de um processo simples de causa e efeito: uso excessivo da terra leva à desertificação, que produz mais poeira, que então alimenta a mudança climática. Mas McConnell adverte que há vários condutores na poeira.

O clima é um deles. A elevação de temperatura, reduzindo a umidade do solo e aumentando a desertificação, pode contribuir para o aumento dos níveis de poeira, o que poderia ser apenas um fenômeno de curto prazo. A longo prazo, os períodos de poeira se correlacionam com épocas mais frias. McConnell vê evidências de que a Antártida era menos poeirenta, por exemplo, entre os séculos 10 e 13 – uma era de aquecimento moderado e de maior precipitação na região do Atlântico Norte – e mais poeirenta entre os séculos 13 e 19,

um período de resfriamento modesto e baixa precipitação. Seu estudo sobre registros de gelo da Groenlândia central mostra uma tendência de aumento nos níveis de poeira ao longo de três séculos, até a década de 1930, seguido por um declínio misterioso.

**N**OSSAS PARTÍCULAS HIPOTÉTICAS GIRANDO e rodopiando da África – parte da maior e mais persistente migração de poeira de qualquer lugar do planeta – não desempenham apenas um papel vital na atmosfera. Também agem como um borrifo enorme de fertilizantes sobre os oceanos e o solo.

Como se deslocam para o oeste, muitas partículas de poeira caem no Atlântico, onde exercem uma função reguladora de clima, diferentemente do que ocorre na atmosfera, mas também têm um efeito de resfriamento: fornecem ferro, estimulando o crescimento de fitoplâncton, que consome dióxido de carbono, morre e leva esse carbono até as profundezas do mar escuro. Lá o carbono permanece isolado da atmosfera durante séculos.

O oceano contém quase 85% do carbono na Terra que não está em rochas, e o fitoplâncton no oceano é “responsável pela maioria de todo o carbono sequestrado em tempo geológico”, avalia um estudo de 2011 na Aeolian Research. Mas, enquanto grandes áreas do oceano têm alta concentração dos nutrientes nitrogênio e fósforo, também têm carência de ferro, limitando a quantidade de plâncton que pode crescer.

Há alguns anos, havia tanto entusiasmo pela descoberta do papel do ferro no ciclo de carbono — e pelo papel indireto da poeira — que alguns cientistas começaram a sonhar com projetos ambiciosos de geoengenharia. O conceito era o seguinte: nas grandes áreas oceânicas do sul e do noroeste do Pacífico denominadas zonas de muitos nutrientes e pouca clorofila, onde o plâncton é muito reduzido, poderíamos simplesmente despejar enorme quantidade de ferro. Assim o plâncton cresceria muito, consumiria dióxido de carbono, morreria e afundaria no oceano. Adeus, problemas de gases de efeito estufa.

Mas não demorou muito para verem os perigos desta abordagem. “Há muitas consequências possíveis não intencionais”, Prospero avalia, que incluem uma mudança drástica na distribuição das espécies atuais de microrganismos na coluna de água. Isso não é necessariamente ruim, mas o impacto é imprevisível; ecossistemas novos não costumam ser tão diversos e produtivos quanto os que substituem. Além disso, se o ferro é liberado em zonas deficientes mas ricas em outros nutrientes, o acúmulo de plâncton novo vai levar até o fundo não apenas dióxido de carbono, mas também fósforo e nitrogênio. Esses nutrientes não estarão disponíveis em outros lugares nos oceanos, onde são necessários.

Novos conhecimentos comprometeram ainda mais a solução do ferro. “Houve uma mudança completa na maneira como encaramos a bioquímica do oceano”, diz Natalie. “O que pensamos que acontecia há dez anos é completamente diferente da forma como encaramos agora.” Uma das revelações mais importantes é que nem toda a poeira é idêntica em termos de ferro que contém. Acontece que os ácidos na atmosfera — da queima de biomassa e outros tipos de poluição — interagem com a poeira tornando o ferro mais solúvel. Então, quando queimamos combustíveis e resíduos, contribuímos para a produção de ferro disponível na atmosfera e nos oceanos. “A quantidade de ferro depositada nos oceanos já pode ter dobrado devido à ação humana”, Natalie especula. “Ao mesmo tempo, o ferro sedimentar no oceano existe em quantidade muito maior que se acreditava. Há muito mais ferro que vem das camadas oceânicas. Então, o ferro atmosférico é menos importante que pensávamos.”

A viagem das partículas que cruzam o Atlântico pode levar uma semana ou mais. É comum ver uma névoa de poeira africana sobre Miami no verão ou encontrar uma camada dessas partículas em seu veículo após uma tempestade tropical na Amazônia. Foi assim que Swap, da University of Virginia, se interessou pelo tema do transporte de poeira no final dos anos 80. Ele trabalhava no Brasil como estudante de pós-graduação, quando ele e outros notaram que, após dias de chuva, a poeira continuava a se acumular sobre seus carros brancos. “Estávamos a mais de 1.600 km no interior, onde chovia demais, cerca de 7,5-12,5 cm por dia”, Swap se lembra. “Olhávamos para nossos automóveis após uma chuva, encontrávamos poeira vermelha e pensávamos sobre que origem poderia ter.”

**E**SSA QUESTÃO ESTAVA LIGADA a outra que havia muito afligia a Amazônia. A bacia é composta por solos antigos continuamente fustigados por chuvas que provavelmente exauriram vários nutrientes essenciais há muito tempo. Então, como a Amazônia se renovou? Como permanece tão fértil? Alguns pensam que ela consegue se reabastecer a partir de matéria vegetal decomposta. Outros acreditam que isso é improvável e para começar querem saber como ela se tornou tão fértil. “É uma hipótese muito viável que boa parte da fertilidade da Amazô-

nia possa ser explicada pelo transporte de poeira africana”, segundo Daniel Muhs, cientista da U.S. Geological Survey. “De que outra forma a Amazônia mantém a inacreditável diversidade de plantas e animais nessa paisagem quente, úmida e antiga, onde os solos são altamente lixiviados?”

Novos estudos confirmaram depósitos semelhantes de poeira intercontinentais em outras áreas. Muhs tomou “impressões digitais geoquímicas” do solo em várias ilhas do Caribe. “Em alguns locais, a poeira africana é a única fonte dos solos; em outros, é uma fonte parcial.” Algumas ilhas são formadas de calcário, recifes e areia, mas o solo arável é rico em argila independente e silicatos de alumínio. Há duas fontes possíveis, prossegue Muhs: cinzas de uma parte ativa vulcânica no Caribe ou poeira da África. Em alguns lugares, inclusive Barbados, os solos são compostos das duas coisas. Em outros, como nas Bahamas e Florida Keys, quase tudo vem a partir da África. “Nosso trabalho em Barbados com recifes fósseis de diversas idades indica que o processo já ocorre há centenas de milhares de anos”, Muhs avalia.

Por quanto tempo o processo continuará? Aqui está a última coisa que é preciso saber sobre nossas partículas de poeira viajantes: não só elas influenciam profundamente o clima terrestre, mas o próprio clima também pode exercer um efeito profundo sobre esse material. “A poeira é diferente de outros aerossóis, pois, ao contrário da poluição produzida pelo homem, depende do clima em si”, segundo Prospero. “Se a mudança climática afeta a velocidade do vento e a precipitação de chuvas, ela pode produzir um impacto imenso. A poeira é extremamente sensível a pequenas mudanças no vento e na chuva. É o elo definitivo da realimentação.”

Evidências dessas relações podem ser observadas no núcleo de gelo e em outros registros. Períodos glaciais eram muito mais empoeirados que épocas interglaciais. “Mas ainda estamos tentando descobrir quem veio primeiro: o ovo ou a galinha”, brinca Muhs. “Será que os períodos glaciais levaram a mais poeira, ou mais poeira levou a períodos glaciais? Isso é o que torna as soluções científicas para a mudança climática — sonhos de um ato simples e elegante de bioengenharia, como a solução do ferro — tão problemáticas. “Com todas as respostas dentro de outras, que surpresas poderíamos ter?”, questiona Muhs. “Podemos resolver um problema e criarmos outro.”

Prospero já observou exotismos inesperados. Durante as décadas de 70-80, as concentrações de poeira em Barbados e Miami estiveram altamente correlacionadas com a seca e as chuvas no norte da África: mais seca, mais poeira. Mas tudo mudou a partir dos anos 90. “Agora não há nenhuma correlação, e não sabemos o que está acontecendo”. Ele se diz “preocupado e confuso”. Teme que a poeira seja ainda outro indicador de que sistemas complexos possam estar se alterando, tornando impossível fazer previsões e deixando o futuro cada vez mais incerto. ■

#### PARA CONHECER MAIS

Dust cycle: an emerging core theme in Earth system science. Yaping Shao et al., em *Aeolian Research*, vol. 2, nº 4, págs. 181-204, março de 2011.

Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. Joseph M. Prospero et al., em *Reviews of Geophysics*, vol. 40, nº 1, 4 de setembro de 2002. The Dustiest Place on Earth. Página na internet sobre a experiência de campo BodEx na depressão de Bodele: [www.rgs.org/OurWork/Grants/Grant+recipients/Example+projects/The+Dustiest+Place+of+Earth.htm](http://www.rgs.org/OurWork/Grants/Grant+recipients/Example+projects/The+Dustiest+Place+of+Earth.htm)