

Numa casca de noz**O que é o Efeito do Mundo Pequeno?**

É comum descobrirmos que temos conexões surpreendentes com aparentes desconhecidos – digamos, um colega em comum ou um amigo de um amigo. Isso se chama Efeito do Mundo Pequeno e a compreensão das suas implicações é alvo de importantes pesquisas. Estudos iniciais na década de 1950 sinalizaram que as conexões randômicas têm um papel chave ao provocarem "curtos-circuitos" em grandes redes de comunidades locais que compõem a sociedade. A descoberta veio em 1998, quando Duncan Watts e Steven Strogatz, da Universidade Cornell, em Nova York, usaram simulações computadorizadas para mostrar que apenas um pequeno número de conexões aleatórias e de longo alcance é o bastante para transformar até uma gigantesca rede de pessoas num "mundo pequeno". Agora os pesquisadores estão descobrindo evidências de uma assustadora variedade de pequenos mundos, de redes elétricas nacionais aos elos entre corporações internacionais. Isso tem implicações cruciais em tudo, da disseminação de doenças até os efeitos da globalização.

A GRANDE IDEIA

EXPLORANDO OS GRANDES MISTÉRIOS DA VIDA

ROBERT MATTHEWS INVESTIGA

ESSE MUNDO É UM OVO

Aparentemente as conexões aleatórias que nos fazem dizer que “esse mundo é pequeno” podem ser usadas para explicar desde a globalização até a disseminação de epidemias

Em fevereiro de 2003, um acadêmico chinês chegou a Hong Kong, fez o check-in no hotel e, sem saber, começou a espalhar um vírus mortal pelo mundo inteiro. Ele tinha vindo do sul da China, onde meses antes uma estranha nova forma de gripe havia surgido. Em poucos dias, ele foi levado a um hospital com sintomas parecidos, mas não sem antes ter infectado mais de uma dúzia de pessoas que, mais tarde, disseminariam o vírus para Taiwan, Cingapura, Vietnã e Canadá. Em meados de março, o vírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS na sigla em inglês) tinha gerado um alerta sanitário global – e esse se tornou um exemplo assustador do que os cientistas chamam de Efeito do Mundo Pequeno.

Como fenômeno social, ele é bem familiar. Falando com um desconhecido numa festa, descobrimos um amigo ou colega em comum. Respondemos com um sorriso e exclamamos “Esse mundo é um ovo!” e não pensamos mais nisso. É claro que o mundo não é pequeno: com mais de 6,7 bilhões de pessoas, ele é gigantesco. No entanto, de alguma forma o Efeito do Mundo Pequeno provoca um curto-circuito nisso tudo, levando-nos a uma proximidade surpreendente de um com o outro. No caso do vírus da gripe aviária, isso traz consequências potencialmente fatais.

A compreensão do Efeito do Mundo Pequeno vem suscitando pesquisas importantes em campos como a economia, a medicina e o marketing. Talvez a maior surpresa seja o fato dos cientistas terem demorado tanto para levar o efeito a

sério. Ainda que seja notado em reuniões sociais há séculos, foi apenas na década de 1950 que os pesquisadores começaram a escavar as suas raízes. Na Universidade de Chicago, o matemático e depois cientista social Anatol Rapoport, junto com colegas, iniciou tudo ao criar ▷

Espalhando a gripe

Após um surto inicial em Guandong, sul da China, em novembro de 2002, o vírus da gripe aviária se espalhou graças a um acadêmico chinês que chegou a Hong Kong em fevereiro de 2003. Foi então que o Efeito do Mundo Pequeno entrou em campo: aqueles que ele infectou viajaram para Taiwan, Vietnã, Cingapura e Canadá – gerando epidemias nesses lugares em uma questão de dias. Esses lugares, por sua vez, originaram novos surtos em regiões tão afastadas entre si quanto Europa e Austrália. A identificação rápida dos casos que surgiam e o isolamento dos infectados barrou a epidemia após alguns meses, mas não antes de oito mil pessoas contraírem a doença, da qual uma em cada dez morreu.



A disseminação da gripe aviária ilustra a teoria – com efeitos devastadores





▷ uma sociedade artificial e pensar nela como uma “rede” de indivíduos, cada um com conexões aleatórias com os outros. Alguns eles eram curtos, conectando pessoas em “comunidades” apertadas, enquanto outros eram relativamente longos.

Rapoport e seus colegas ficaram intrigados ao descobrir que a natureza aleatória das conexões fazia uma grande diferença na estrutura de sua sociedade artificial. Se os laços eram feitos de forma um pouco menos randômica, a sociedade tendia a se fragmentar em comunidades isoladas, com nenhum elo com as pessoas de outras áreas. Esse foi um sinal inicial da enorme importância das conexões fortuitas na

transformação de uma grande população num “mundo pequeno”.

Imagine uma sociedade de um milhão de pessoas em que cada uma delas tenha conexões com apenas dez outras que vivem na região. Cada boato precisaria de dezenas de milhares de passos para se disseminar, arrastando-se de uma panelinha para a outra. Agora pense na mesma sociedade onde cada um conheça 10 pessoas, mas desta vez aleatoriamente espalhadas. O boato se espalharia muito mais rapidamente, aparecendo em todos os lugares. A cada vez que ele é contado, o número de pessoas que sabem dele cresce em múltiplos de 10 – primeiro para 100, depois para 1.000 e assim por diante. Depois de relatado somente seis vezes, todos terão sabido do boato.

Tudo isso é muito impressionante, mas o mundo verdadeiro não é assim. Temos laços que não são totalmente aleatórios nem completamente paroquiais, mas sim uma mistura dos dois. Então por que toda hora descobrimos que também vivemos num “mundo pequeno”?

Em 1959, dois matemáticos húngaros, Paul Erdős e Alfred Rényi, mostraram como apenas algumas conexões aleatórias podiam fazer uma grande diferença. Por exemplo, num grupo de 100 pessoas é possível criar laços entre praticamente todas elas com a formação de

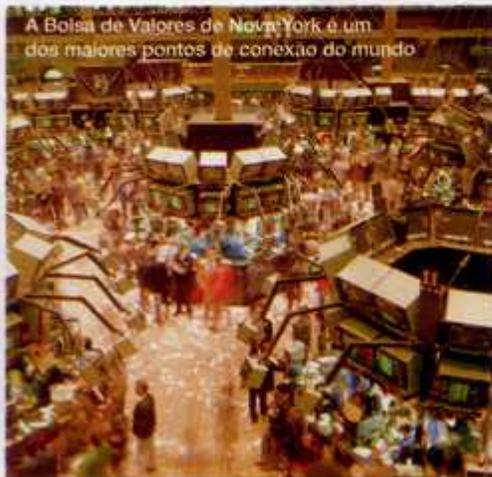
laços fortuitos entre apenas uma dúzia delas. Fazer isso sistematicamente, por outro lado, exige incríveis 4.950 conexões.

Apesar da fórmula de Erdős e Rényi ter mostrado o poder das conexões aleatórias, foi necessária uma experiência engenhosa em 1967 para provar que realmente vivemos num “mundo pequeno”. Stanley Milgram, um jovem professor de sociologia da Universidade de Harvard, queria mensurar o tamanho típico das nossas redes sociais – quantas pessoas temos como amigos, ou amigos de amigos e assim por diante. Para descobrir, ele enviou pacotes a 100 pessoas nos estados de Nebraska e Kansas, pedindo que elas os enviassem para um “alvo” em Massachusetts. Os recebedores não sabiam onde esse indivíduo vivia. Sabiam apenas o nome, a profissão e alguns outros detalhes. Milgram solicitou aos recebedores que mandassem o pacote para qualquer pessoa que conhecessem bem e que tivesse condições de reenviá-lo para um outro endereço.

Rapidez do correio

O resultado foi assustador. Os pacotes geralmente chegavam ao alvo depois de apenas cinco reenvios. Alguns anos mais tarde, Milgram repetiu o experimento e obteve resultados similares. Parecia que todos nos EUA poderiam ser alcançados com apenas cinco reenvios. As implicações foram ainda mais incríveis. Se apenas cinco envios eram suficientes para alcançar qualquer pessoa

A Bolsa de Valores de Nova York é um dos maiores pontos de conexão do mundo



CORBISS/GETTY. ILUSTRAÇÃO: SHELUVAJUE HO

SEIS GRAUS DE SEPARAÇÃO

Como um boato viaja pelo mundo

O Efeito do Mundo Pequeno pode levar à disseminação de boatos pelo mundo inteiro com uma velocidade impressionante. Começa com o boato sendo repassado, digamos, num escritório do Canadá, onde chega aos ouvidos de alguém com um amigo no Brasil. Se for dos bons, pode continuar a ser transmitido por todo o planeta com uma velocidade duas vezes maior, já que estamos ligados um ao outro por até sete intermediários.

num país de mais de 200 milhões, parecia que as pessoas conheciam, no geral, cerca de 50 outras o bastante para lhes enviar a carta. E se cada uma dessas 200 milhões de pessoas conhecia outras 50, isso significava que apenas mais um envio seria o bastante para chegar a 10 bilhões – mais do que a população inteira da Terra.

A descoberta foi confirmada por pesquisadores da Microsoft. Eles analisaram o padrão das mensagens instantâneas em todo o mundo por um mês em 2006 e descobriram que cada um de nós geralmente está ligado a todos os outros por não mais do que sete intermediários. A revelação de Milgram tornou-se uma lenda urbana e até batizou uma peça, *Seis Graus de Separação*,

do americano John Guare, na qual uma das personagens diz: “Todo mundo neste planeta é separado por apenas seis outras pessoas. Seis graus de separação. É um pensamento profundo”.

Pensamento esse que passou pela mente de Duncan Watts, um estudante de PhD de 25 anos da Universidade Cornell, em Nova York. Em 1995, ele estudava a matemática dos grilos barulhentos e havia chegado a um dilema: como eles começam a cantar tão rápido? Será que cada um ouvia o outro ou escutaria só o grilo vizinho mais próximo? Foi então que Watts se lembrou do que o seu pai dizia sobre todo mundo estar a apenas seis apertos de mão do presidente dos Estados Unidos. Watts imaginava se o mesmo fenômeno poderia estar relacionado ao trilar dos grilos em uníssono.

Watts hesitou em sugerir ao seu orientador, o matemático Steven Strogatz, a ideia de usar uma lenda urbana para resolver um mistério biológico. Mas Strogatz achou a concepção intrigante e os dois começaram a trabalhar. Em junho de 1998, eles publicaram um artigo que resume suas descobertas na prestigiada revista *Nature* – e no processo criaram toda uma nova ciência: o Efeito do Mundo Pequeno.

Pela primeira vez, Watts e Strogatz demonstraram o poder de poucas conexões randômicas para transformar um mundo colossal em pequeno. Diferentemente dos teóricos dos anos 1950, eles podiam usar o poder dos computadores para criar simulações precisas do mundo real, com suas comunidades pequenas e conexões aleatórias.

Eles criaram uma “sociedade” artificial de 1.000 pontos e cada um deles estava ligado a um grupo de 10 “amigos”. desco-

CAÇADOR DE JARGÕES

REDE REGULAR

Uma série de objetos ou pessoas ligados um ao outro de forma completamente regular – por exemplo, quando você só conhece o seu vizinho. Geralmente leva muitos passos para conectar um indivíduo de uma “vizinhança” a todos os outros.

REDE ALEATÓRIA

Série de objetos ou pessoas ligados de forma aleatória – por exemplo, os signos de pessoas listadas alfabeticamente numa lista telefônica. Conexões randômicas geralmente resultam, relativamente, em poucos passos necessários para conectar uma pessoa a todas as outras.

MUNDO PEQUENO

Tipo de rede cujas conexões são parcialmente regulares e aleatórias. O resultado geralmente é de muitos grupos fechados (devido às conexões regulares), mas alcançáveis em relativamente poucos passos, graças aos elos randômicos.

EFEITO CURTO-CIRCUITO

A capacidade de poucas conexões aleatórias numa rede de reduzir o número de passos para conectar qualquer indivíduo aos outros. Exemplo: empresários que costumam voar de avião podem espalhar uma doença por vários continentes.

briu-se que cada coligação incluía apenas os vizinhos mais próximos e, por isso, centenas de passos eram necessários para se chegar de um ponto a outro. Mas quando eles cortavam apenas uma dessas 100 ▷

Pássaros migrando juntos



AVES MIGRATÓRIAS

Siga o líder

A forma como os bandos de pássaros se movem em sincronia é uma das maravilhas da natureza. Pesquisas sugerem que esse pode ser um exemplo do Efeito do Mundo Pequeno. Hai-Tao Zhang, da Universidade de Cambridge, Grã-Bretanha, afirma que mudanças na direção feitas pelo pássaro líder podem se espalhar rapidamente por meio de conexões aleatórias para “sublíderes” distantes que passariam a alteração para seus vizinhos.



Milhões são conectados à mesma rede elétrica

Casos no serviço público

O Efeito do Mundo Pequeno pode transformar um pequeno problema local na rede elétrica nacional num caso que afeta milhões. Em agosto de 2003, linhas de transmissão que roçaram em árvores acionaram mecanismos de interrupção que deixaram 50 milhões de pessoas sem eletricidade em oito estados americanos, além de grande parte de Ontário, no Canadá. Isso explicitou a existência de outros "mundos pequenos" ligados à rede de transmissão, incluindo as redes aérea e de tráfego do Canadá, incluídas no caos. No mesmo mês, 500 mil londrinos ficaram sem luz por causa de apenas um transformador defeituoso. Em setembro, cabos danificados por uma tempestade na Suíça deixaram toda a Itália e parte da Suíça sem luz por nove horas – o que fez mais 50 milhões de pessoas pensarem na força do Efeito do Mundo Pequeno.

▷ conexões próximas e a transformavam em aleatória, o número de passos exigidos despencava para 10 – embora a maior parte do grupo continuasse bem conectada.

Watts e Strogatz finalmente haviam revelado como um planeta de 6,7 bilhões de pessoas parecia pequeno com tanta frequência. Apesar da maioria dos nossos amigos pertencer a nossa própria e acanhada comunidade, encontros ocasionais nos deram alguns outros que estão randomicamente espalhados numa área muito maior. E são essas poucas conexões aleatórias que dão o curto-circuito na vastidão do mundo e diminuem o seu tamanho.

Watts e Strogatz revelaram que o mesmo efeito funciona em outras "sociedades". Por exemplo, usando um banco de dados computadorizado de atores e filmes, Hollywood também parece um "mundo pequeno". Em média, qualquer ator pode ser conectado aos outros por meio de filmes que envolvem apenas quatro intermediários. Novamente, a razão está nas conexões criadas por atores versáteis como Rod Steiger, que trabalhou numa ampla variedade de filmes. Cinéfilos exploraram isso sem saber por vários anos quando brincavam com o chamado jogo Kevin Bacon, no qual um ator tem de estar ligado ao outro por meio do menor número de títulos. Mas se você liga um ator a Rod Steiger tudo fica mais fácil.

O artigo de Watts e Strogatz gerou enorme interesse na descoberta de outros exemplos do efeito na vida real. Desde o sistema nervoso de vermes até a rede de computadores que compõem a Internet, os "mundos pequenos" foram encontrados sob muitas vestes.

Pequeno mundo, grande

◀ A rapidez com a qual o mundo entrou na crise econômica sugere forte presença do Efeito do Mundo Pequeno nos grandes negócios. Fusões e aquisições de

Os ataques de 2001 em Nova York tiveram um amplo impacto sobre os negócios



As implicações são surpreendentes. Por exemplo, o Efeito do Mundo Pequeno mantém a Internet em funcionamento, apesar de cerca de 3% dos seus computadores "roteadores" cruciais não funcionarem em um dado momento por conta das conexões aleatórias. Mas existe um lado falho, como mais de 100 milhões de pessoas descobriram em 2003 quando "pontos de interseção" chave em várias redes elétricas nacionais pararam de funcionar após incidentes aparentemente menores.

Contágio

Um efeito similar está aparecendo no mundo financeiro, onde empresas aparentemente desconectadas com a raiz das turbulências econômicas também estão sofrendo. Grandes corporações estariam formando um "mundo pequeno", no

LINHA DO TEMPO

A EVOLUÇÃO DE UMA TEORIA

1951

Anatol Rapoport e colegas na Universidade de Chicago publicam os primeiros estudos sobre redes sociais e seus efeitos

1959

▼ Os húngaros Alfred Rényi (abaixo) e Paul Erdős provam a efetividade de algumas conexões aleatórias para conectar redes gigantescas



1967

▲ Stanley Milgram conduz a primeira experiência do Mundo Pequeno, enviando pacotes para descobrir quantas repostagens são necessárias para se chegar a um destino

1998

Duncan Watts e Steven Strogatz publicam artigo inovador na revista *Nature* sobre o Efeito do Mundo Pequeno

2002

▼ O vírus da gripe aviária surge no sul da China e se espalha rápido pelo mundo graças ao Efeito do Mundo Pequeno



negócios

companhias em diferentes setores em todo o planeta levaram a uma complexa rede de conexões, criando um Mundo Pequeno globalizado e corporativo. Isso significa que se alguma parte da engrenagem pegar um resfriado o efeito "curto-circuito" poderá levar empresas aparentemente sem relação uma com a outra ao colapso. Dias depois dos ataques de 11 de setembro de 2001, tanto restaurantes locais como companhias aéreas nacionais pediram concordata. Recentemente, a globalização dos bancos fez com que a dívida podre nos EUA gerasse quedas nos lucros de instituições financeiras de todo o planeta.

qual empresas aparentemente não relacionadas estão sendo ligadas por poucos elos. Isso pode ajudar o mundo empresarial em crises que sempre afetam várias companhias – mas também pode espalhar problemas se uma corporação importante com conexões mais ou menos randômicas em outros lugares passar por dificuldades.

O Efeito do Mundo Pequeno se mostrou importante na compreensão da disseminação de doenças. Antes, os cientistas se concentravam na infectividade de uma doença para prever como as epidemias se espalhavam. O Efeito do Mundo Pequeno mostra que a natureza da sociedade na qual ela surge pode fazer toda a diferença. Estudos publicados em 2001 pelo matemático argentino Damián Zanette sugerem que, se apenas 20% da população tiver conexões aleatórias com pessoas de fora do local onde a doença surgiu, um surto menor pode se tornar uma grande epidemia.

Identificar esses "superdisseminadores" de doenças – como prostitutas em metrópoles ou turistas promíscuos – pode ser a chave para interromper uma epidemia. O mesmo pensamento fez especialistas em marketing mirarem influentes formadores de opinião, de Oprah Winfrey a blogueiros, na crença de que as suas vastas redes de contatos pudessem estimular o interesse do consumidor nos seus novos produtos.

Mas novas pesquisas de Duncan Watts sugerem que esses "influenciadores" não são assim tão importantes. Usando simulações computadorizadas, ele mostrou que qualquer um pode estimular uma tendência que se espalha como um incêndio – mas só se as pessoas estiverem prontas para isso. Esse fato pode explicar a razão de alguns filmes de baixo orçamento, como o documentário *A Marcha dos Pinguins*, de 2005, tornarem-se hits surpreendentes, enquanto obras aclamadas pela crítica, como a versão de Ang Lee de *O Incrível Hulk*, terem ido mal nas bilheteiras. Ou seja, a popularidade não se espalha por um "mundo pequeno" como se fosse uma doença.



ROBERT MATTHEWS é jornalista e professor de ciências da Universidade Aston, Grã-Bretanha.

SAIBA MAIS

► *Six Degrees: the science of a connected age*, de Duncan J Watts (WW Norton 2004)

PRÓXIMA EDIÇÃO

Evolução: Será que a ciência e a religião vão um dia concordar sobre como chegamos até aqui?



DUNCAN WATTS

é um professor australiano de Sociologia da Universidade de Columbia, Nova York. Em 1998, estudante e então com 27 anos, foi co-autor de um artigo na *Nature*, fazendo ressurgir o interesse no Efeito do Mundo Pequeno.

Qual é o fascínio com o Efeito do Mundo Pequeno?

Ele demonstra de forma muito clara e simples que a experiência local de mundo que alguém tem pode ser completamente contrária à estrutura maior da qual essa pessoa participa. Nós todos tendemos a viver em pequenas comunidades, dando a noção de que alguém que parece muito distante pode ainda assim estar surpreendentemente perto de nós.

Qual é o foco da sua pesquisa agora, 10 anos depois?

Nossos modelos originais eram terrivelmente simplistas. Agora, com todos esses dados que coletamos, podemos fazer um trabalho muito melhor. Por exemplo, gostaríamos de esclarecer como as redes mudam ao longo do tempo. Também estou querendo entender melhor a importância das redes para questões como a disseminação de informação e a dinâmica da resolução de problemas em grupo – o que ainda é difícil de estudar, pois muito disso ainda está na área dos modelos matemáticos e simulatórios. Mas estamos chegando lá.

Qual foi o resultado mais surpreendente até agora?

Talvez a descoberta, ainda no campo teórico, de que, em questão de influência social, os atributos sociais parecem importar menos do que as propriedades da rede. Por exemplo, se alguém é "influyente" ou não depende das pessoas que compõem a rede, sobre a qual essa pessoa tem pouco ou nenhum controle.

Qual o impacto futuro do Efeito do Mundo Pequeno?

Acho que ele vai nos ensinar que as previsões sobre comportamento coletivo que são baseadas na intuição são uma base pobre para o marketing – ou para qualquer tipo de planejamento social.



2003

► O Efeito do Mundo Pequeno faz problemas locais com redes de energia nos EUA, Canadá, Grã-Bretanha e Itália se transformarem em grandes blecautes

2007

Duncan Watts usa simulações computadorizadas para mostrar que pessoas bem relacionadas têm menos influência em "mundos pequenos" do que se acreditava

2008

► Um estudo de 30 bilhões de mensagens feito por pesquisadores da Microsoft mostra que uma pessoa é ligada a todas as outras por não mais do que sete intermediários

