



Robert Matthews

AS LEIS DO ACASO

Como a probabilidade pode
nos ajudar a compreender
a incerteza

Encontre mais livros como este no [e-Livros](#)

[e-Livros.xyz](#)

[e-Livros.site](#)

[e-Livros.website](#)



TRADIÇÃO EM
COMPARTILHAR
CONHECIMENTO

Robert Matthews

As leis do acaso

Como a probabilidade pode nos ajudar a compreender a
incerteza

Tradução:

George Schlesinger

Revisão técnica:

Samuel Jurkiewicz

professor da Politécnica e da Coppe/UFRJ



*Para Denise,
A pessoa mais esperta que conheço,
e que, imprevisivelmente, apostou suas cartas em mim.*

Sumário

Introdução

1. O lançador de moedas prisioneiro dos nazistas
2. O que *realmente* significa a lei das médias
3. O obscuro segredo do teorema áureo
4. A primeira lei da ausência de leis
5. Quais são as chances *disso*?
6. Pensar de modo independente não inclui gema de ovo
7. Lições aleatórias da loteria
8. Aviso: há muito X por aí
9. Por que o espetacular tantas vezes vira “mais ou menos”
10. Se você não sabe, vá pelo aleatório
11. Nem sempre é ético fazer a coisa certa
12. Como uma “boi-bagem” deflagrou uma revolução
13. Como vencer os cassinos no jogo deles
14. Onde os espertinhos se dão mal
15. A regra áurea das apostas
16. Garantir – ou arriscar?
17. Fazer apostas melhores no cassino da vida
18. Diga a verdade, doutor, quais as minhas chances?

19. Isso não é uma simulação! Repito, isso não é uma simulação!
20. A fórmula milagrosa do reverendo Bayes
21. O encontro do dr. Turing com o reverendo Bayes
22. Usando Bayes para julgar melhor
23. Um escândalo de significância
24. Esquivando-se da espantosa máquina de bobagens
25. Use aquilo que você já sabe
26. Desculpe, professor, mas não engulo essa
27. A assombrosa curva para tudo
28. Os perigos de pensar que tudo é normal
29. Irmãs feias e gêmeas malvadas
30. Até o extremo
31. Assista a um filme de Nicolas Cage e morra
32. Temos de traçar a linha em algum lugar
33. Jogar com os mercados *não* é uma ciência precisa
34. Cuidado com geeks criando modelos

Notas

Agradecimentos

Índice remissivo

Introdução

NUMA TARDE DE DOMINGO de abril de 2004, um inglês de 32 anos entrou no Plaza Hotel & Casino, em Las Vegas, com todas as suas posses mundanas. Elas consistiam em uma muda de roupa de baixo e um cheque. Ashley Revell tinha vendido tudo que possuía para levantar a quantia de US\$ 135 300, impressa no cheque; até o smoking que ele vestia era alugado. Depois de trocar o cheque por uma pilha de fichas desoladoramente pequena, Revell dirigiu-se à roleta e fez uma coisa extraordinária. Apostou tudo num só resultado: quando a bolinha branca parasse, ela cairia no vermelho.

A decisão de Revell de escolher essa cor pode ter sido impulsiva, mas o fato em si não foi. Ele planejara aquilo durante meses. Conversara sobre o assunto com amigos, que acharam a ideia brilhante, e com a sua família, que achou-a péssima. Os cassinos tampouco aprovaram; talvez tivessem medo de entrar para o folclore de Las Vegas como “o cassino em que um homem apostou tudo e perdeu”. Decerto o gerente do Plaza tinha um ar solene quando Revell colocou as fichas sobre a mesa, e lhe perguntou se tinha certeza de que queria ir em frente. Mas nada parecia capaz de deter Revell. Cercado por um grande grupo de espectadores, ele esperou ansiosamente o crupiê jogar a bolinha na roleta. Então, num gesto único e rápido, deu um passo adiante e pôs todas as fichas no vermelho. Assistiu à bolinha diminuir de velocidade, percorrer a trajetória em espirais, ricocheteando em várias casas, e finalmente parar... na casa número 7. Vermelho.

Naquele momento Revell dobrou seu patrimônio líquido para US\$ 270 600. A multidão o ovacionou e seus amigos o abraçaram – e seu pai pesarosamente o chamou de “menino malcriado”. É improvável que a maioria das pessoas adotasse visão mais severa acerca das ações de Revell naquele dia; na melhor das hipóteses, o julgariam mal aconselhado, sem dúvida alguma insensato e

possivelmente insano. Pois decerto nem os bilionários, para quem essas quantias são troco miúdo, teriam jogado a bolada toda de uma vez. Qualquer ser racional não teria dividido a quantia em apostas menores, para ao menos conferir se dona Sorte estava por perto?

Mas aí está o lance: uma vez decidido, Revell fez a coisa certa. As leis da probabilidade mostram que não há meio mais seguro de dobrar o patrimônio num cassino que fazer o que ele fez, e apostar tudo num só giro da roleta. Sim, o jogo é injusto: as chances da roleta são deliberadamente – e legalmente – contra você. Sim, havia mais de 50% de chance de perder tudo. No entanto, por mais bizarro que possa parecer, nessas situações, a melhor estratégia é apostar grande e com audácia. Qualquer coisa mais tímida reduz as chances de sucesso. O próprio Revell provara isso durante os preparativos para a grande aposta. Nos dias anteriores apostara vários milhares de dólares no cassino, e tudo que conseguira foi perder US\$ 1 mil. Sua maior esperança de duplicar seu dinheiro residia em trocar o “senso comum” pelos ditames das leis da probabilidade.

Então, devemos todos seguir o exemplo de Revell, vender tudo que possuímos e nos dirigir ao cassino mais próximo? Claro que não; existem maneiras muito melhores, embora mais chatas, de tentar duplicar seu dinheiro. Todavia, uma coisa é certa: todas elas envolvem probabilidade em uma de suas muitas roupagens: como chance, risco ou grau de crença.

Todos nós sabemos que há poucas certezas na vida, exceto a morte e os impostos. Mas poucos de nós se sentem à vontade na presença da probabilidade. Ela ameaça qualquer sensação que tenhamos de controlar os fatos, sugerindo que todos poderíamos nos tornar o que Shakespeare chamou de “bobo da Fortuna”. Ela tem levado alguns a acreditar em deuses volúveis, outros a negar sua supremacia. Einstein recusava-se a acreditar que Deus joga dados com o Universo. No entanto, a própria ideia de dar sentido à probabilidade parece contraditória: o acaso, por definição, não está para além da compreensão? Essa lógica pode ressaltar um dos grandes mistérios da história intelectual. Por que, apesar de sua óbvia utilidade, demorou tanto tempo para surgir uma teoria confiável da probabilidade? Ainda que houvesse jogos de azar no Egito Antigo,

há mais de 5 500 anos, foi só no século XVII que alguns pensadores ousados desafiaram seriamente a visão sintetizada por Aristóteles, de que “não pode haver conhecimento demonstrativo da probabilidade”.

Não adianta nada o fato de a probabilidade desafiar com tanta frequência nossas intuições. Pensemos nas coincidências: em termos gerais, quais são as chances de, num jogo de futebol, haver dois jogadores que façam aniversário em dias consecutivos? Como há 365 dias no ano, e 22 jogadores, alguém pode dizer que a chance é menor que uma em dez. Na verdade, as leis da probabilidade revelam que a verdadeira resposta é mais ou menos 90%. Você não acredita? Então confira os aniversários dos jogadores de algumas partidas, e veja você mesmo. Mesmo assim, é difícil não pensar que está acontecendo algo muito estranho. Afinal, se estiver entre um grupo de tamanho semelhante e perguntar se alguém nasceu *no mesmo dia que você*, é muito pouco provável que encontre alguém. Até problemas simples, de lançamento de moedas e dados, parecem desafiar o senso comum. Com uma moeda honesta, certamente obter cara em vários lançamentos seguidos torna coroa mais provável, certo? Se você está batalhando para ver por que isso não é verdade, não se preocupe: um dos grandes matemáticos do Iluminismo jamais conseguiu captar isso.

Um dos objetivos deste livro é mostrar como compreender essas manifestações cotidianas da probabilidade revelando suas leis subjacentes e como aplicá-las. Veremos como usar essas leis para *prever* coincidências, tomar decisões melhores nos negócios e na vida, e dar sentido a tudo, de diagnósticos médicos a conselhos de investimentos.

Mas este não é só um livro sobre boas dicas e sugestões convenientes. Meu principal objetivo é mostrar como as leis da probabilidade são capazes de muita coisa além de apenas entender os eventos probabilísticos. Elas são também a arma preferida para qualquer pessoa que tenha necessidade de transformar evidência em sacação. Desde a identificação dos riscos para a saúde e das novas drogas para lidar com eles até progressos na nossa compreensão do cosmo, as leis da probabilidade têm se mostrado cruciais para separar impurezas aleatórias do ouro das evidências.

Agora outra revolução está em andamento, uma revolução centrada nas próprias leis da probabilidade. Hoje fica mais evidente que, na busca do conhecimento, essas leis são bem mais poderosas do que se pensava. Mas ter acesso a esse poder exige uma reinterpretação radical da probabilidade – o que até há pouco provocava amargas discussões. A controvérsia que durou décadas hoje some diante da evidência de que os chamados métodos bayesianos podem transformar a ciência, a tecnologia e a medicina. Até aqui, muito pouco disso tem chegado ao público. Neste livro, eu conto a história, em geral espantosa, do surgimento dessas técnicas, as polêmicas que elas provocaram e como todos nós podemos usá-las para dar sentido a tudo, desde a previsão do tempo até a credibilidade de novos argumentos científicos.

Qualquer pessoa que queira dominar as leis da probabilidade, porém, deve saber quais são as limitações dessas leis e quando se faz delas um uso impróprio. Agora está ficando claro que os métodos que constam dos livros-texto, e nos quais os pesquisadores se apoiaram durante muito tempo para tirar conclusões a partir dos dados, na maioria das vezes estão forçados para além de seus limites próprios. Avisos sobre as possíveis consequências catastróficas dessa prática vêm circulando nos meios acadêmicos durante décadas. Mais uma vez, muito pouco desse escândalo emergente chega ao domínio público. Este livro busca remediar o problema. Ao fazê-lo, ele recorre às minhas próprias contribuições para a bibliografia de pesquisa e inclui formas de identificar quando a evidência e os métodos aplicados são forçados demais.

A necessidade de compreender probabilidade, risco e incerteza nunca foi mais urgente. Em face de agitações políticas, tumultos nos mercados financeiros e uma interminável ladainha sobre riscos, ameaças e calamidades, todos nós ficamos ansiosos por uma certeza. Na verdade, ela nunca existiu. Mas isso não é razão para fatalismos – ou para a recusa em aceitar a realidade.

A mensagem central deste livro é que, apesar de não podermos nos livrar da probabilidade, do risco e da incerteza, agora temos as ferramentas para adotá-los e vencer.

1. O lançador de moedas prisioneiro dos nazistas

NA PRIMAVERA DE 1940, John Kerrich saiu de casa para visitar os parentes da esposa – o que não era pouca coisa, porque Kerrich morava na África do Sul e os parentes estavam na Dinamarca, a 12 mil quilômetros de distância. E no momento em que chegou a Copenhague deve ter desejado ter ficado em casa. Apenas alguns dias antes, a Dinamarca fora invadida pela Alemanha nazista. Milhares de soldados avançaram como formigas sobre a fronteira, numa arrasadora demonstração de Blitzkrieg. Em poucas horas os nazistas tinham vencido a resistência e assumido o controle. Durante as semanas que se seguiram, dedicaram-se a prender estrangeiros inimigos e levá-los para campos de concentração. Logo Kerrich se viu entre eles.

Podia ter sido pior. Ele foi para um campo na Jutlândia, dirigido pelo governo dinamarquês e, conforme relatou depois, administrado de “forma realmente admirável”.¹ Mesmo assim, sabia que enfrentaria muitos meses, possivelmente anos, sem qualquer estímulo intelectual – o que não era uma perspectiva feliz para um professor de matemática da Universidade de Witwatersrand. Circulando pelo campo em busca de algo para ocupar seu tempo, teve a ideia de um projeto matemático que exigia equipamento mínimo, mas que poderia ser instrutivo para os outros. Decidiu embarcar num estudo abrangente sobre o funcionamento da probabilidade na mais básica de suas manifestações: o resultado do lançamento de uma moeda.

Kerrich já tinha familiaridade com a teoria desenvolvida pelos matemáticos para compreender o funcionamento da probabilidade. Agora, percebeu ele, tinha a rara ocasião de testar essa teoria com uma porção de dados simples, da vida real. Então, uma vez terminada a guerra – presumindo, claro, que sobrevivesse a ela –, seria capaz de voltar à universidade equipado não só com os fundamentos teóricos das leis da probabilidade, mas também com evidências sólidas para que

elas ganhassem confiança. E isso seria inestimável para explicar a seus alunos as previsões, evidentemente contrárias ao senso comum, das leis da probabilidade.

Ele queria que seu estudo fosse o mais abrangente e confiável possível, e isso significava lançar uma moeda e registrar o resultado pelo máximo tempo que pudesse aguentar. Felizmente, encontrou alguém disposto a compartilhar o tédio, um colega prisioneiro chamado Eric Christensen. E assim, juntos, montaram uma mesa, estenderam um pano por cima e, com um movimento do dedão, lançaram uma moeda cerca de trinta centímetros de altura.

Para que fique registrado, o lançamento deu coroa.

Muita gente provavelmente acha que pode adivinhar como as coisas aconteceram a partir daí. À medida que o número de lançamentos aumentasse, a conhecida lei das médias iria garantir que começariam a se equilibrar as vezes em que saíria cara ou coroa. De fato, Kerrich descobriu que, por volta do centésimo lançamento, os números de caras e de coroas eram bastante semelhantes: 44 caras contra 56 coroas.

Mas aí começou a acontecer uma coisa estranha. À medida que as horas e os lançamentos avançavam, as caras começaram a ultrapassar as coroas. Por volta do lançamento 2 mil, a diferença tinha mais que duplicado, e as caras tinham uma dianteira de 26 sobre as coroas. Na altura do 4 mil, a diferença chegava a 58. A discrepância parecia se tornar maior.

No momento em que Kerrich fez uma pausa – no lançamento 10 mil –, a moeda tinha dado cara 5 067 vezes, excedendo o número de coroas pela robusta margem de 134. Longe de desaparecer, a discrepância entre caras e coroas continuara a aumentar. Haveria algo de errado com o experimento? Ou teria Kerrich descoberto uma falha na lei das médias? Kerrich e Christensen tinham feito o melhor para excluir lançamentos duvidosos, e, quando fecharam os números, viram que a lei das médias não fora em absoluto violada. O problema real não era com a moeda nem com a lei, mas com a visão comumente adotada acerca do que diz a lei. O experimento simples de Kerrich tinha na verdade feito

o que ele queria fazer. Demonstrara uma das grandes concepções errôneas sobre o funcionamento da probabilidade.

Indagadas sobre o que diz a lei das médias, muitas pessoas falam algo do tipo: “A longo prazo, tudo se equilibra.” Como tal, a lei é uma fonte de consolo quando temos uma sequência de azar, ou quando os nossos inimigos parecem estar em ascensão. Torcedores no esporte muitas vezes invocam isso quando se sentem vítimas de um cara ou coroa perdido ou da má decisão de uma arbitragem. Ganhar algumas, perder outras... no fim tudo se equilibra.

Bem, sim e não. Sim, de fato há uma lei das médias em ação no nosso Universo. Sua existência não foi apenas demonstrada experimentalmente, mas foi provada do ponto de vista matemático. Ela se aplica não só ao nosso Universo, mas em todo Universo com as mesmas regras matemáticas que o nosso; nem as leis da física podem reivindicar isso. Mas não, a lei não implica que “no fim tudo se equilibra”. Como veremos em outros capítulos, definir o que ela significa com precisão exigiu um volume imenso de esforços de alguns dos maiores matemáticos do último milênio. Eles ainda discutem sobre a lei, mesmo agora. Sabe-se que com frequência os matemáticos exigem um nível de exatidão que o resto de nós consideraria ridiculamente pedante. Mas nesse caso eles estão certos em serem exigentes. Pois acontece que saber o que diz a lei das médias com precisão é uma das chaves para compreender como a probabilidade funciona no nosso mundo – e como usar essa compreensão em nosso proveito. A chave para essa compreensão reside em estabelecer exatamente a que nos referimos por “no fim tudo se equilibra”. Em particular, o que é esse “tudo”?

Isso soa perigosamente parecido com um exercício filosófico de olhar para o próprio umbigo, mas o experimento de Kerrich aponta para a resposta certa. Muita gente acha que esse “tudo” onde os eventos se equilibram a longo prazo são os números absolutos de caras e coroas.

Então, por que a moeda gerou um resultado muito maior de uma face que de outra? A resposta curta é: porque era a probabilidade cega, aleatória, que atuava em cada lançamento da moeda, tornando ainda mais improvável a coincidência exata dos números absolutos de caras e coroas. O que aconteceu com a lei das

médias? Ela está viva e passa bem, o caso é que simplesmente não se aplica aos números absolutos de caras e coroas. É bastante óbvio que não podemos dizer com toda a certeza como irão se comportar eventos aleatórios individuais. Mas podemos dizer algo sobre eles se descermos para um nível de conhecimento ligeiramente inferior – e perguntarmos como os eventos aleatórios se comportam *em média*.

No caso do lançamento de uma moeda, não podemos afirmar com certeza quando teremos “cara” ou “coroa”, nem quantas vezes irá sair cada face. Mas, considerando que há apenas dois resultados, e que eles são igualmente prováveis, podemos dizer que devem aparecer com igual *frequência* – ou seja, 50% das vezes.

Isso, por sua vez, mostra exatamente o que é esse “tudo” que “equilibra os eventos a longo prazo”. Não são os *números absolutos* de caras e coroas, sobre os quais não podemos afirmar nada com certeza. São suas *frequências relativas*: o número de vezes que cada um aparece, como proporção do número total de oportunidades que nós lhe damos de aparecer.

Essa é a verdadeira lei das médias, e foi o que Kerrich e Christensen viram em seu experimento. À medida que os lançamentos se acumulavam, as frequências relativas de caras e coroas – isto é, sua quantidade dividida pela quantidade total de lançamentos – foram chegando cada vez mais perto. Quando o experimento terminou, essas frequências tinham uma margem de 1% de serem idênticas (50,67% de caras contra 49,33% de coroas). Em agudo contraste, os números absolutos de caras e coroas iam se afastando mais e mais (ver Tabela).

A lei das médias nos diz que, se quisermos entender a ação do acaso sobre os eventos, devemos focalizar não cada evento individual, mas suas frequências relativas. Sua importância se reflete no fato de que muitas vezes elas são consideradas a medida da característica mais básica de todos os eventos aleatórios: sua *probabilidade*.

Nº DE LANÇAMENTOS	Nº DE CARAS	Nº DE COROAS	DIFERENÇA (CARAS - COROAS)	FREQUÊNCIA DE CARAS
-------------------	-------------	--------------	----------------------------	---------------------

10	4	6	-2	40,00%
100	44	56	-12	44,00%
500	255	245	+10	51,00%
1 000	502	498	+4	50,20%
5 000	2 533	2 467	+66	50,66%
10 000	5 067	4 933	+134	50,67%

A verdadeira lei das médias e o que realmente significa “no final tudo se equilibra”.

UM LANÇAMENTO DE MOEDA É REALMENTE JUSTO?

Em geral, considera-se aleatório o lançamento de moeda, mas pode-se prever como ela cai – pelo menos em teoria. Em 2008, uma equipe da Universidade Técnica de Łódź, na Polônia,² analisou a mecânica de uma moeda de verdade caindo sob a ação da resistência do ar. A teoria é muito complexa, mas revelou que o comportamento da moeda é previsível até atingir o solo. Então se instala o comportamento “caótico”, com pequenas diferenças produzindo resultados radicalmente diferentes. Isso, por sua vez, sugeriu que lançamentos de moedas apanhadas em pleno ar podem ter um ligeiro viés. Essa possibilidade também foi investigada por uma equipe orientada pelo matemático Persi Diaconis, da Universidade Stanford.³ Eles descobriram que moedas apanhadas no ar têm uma leve tendência a acabar no mesmo estado em que começaram. O viés, porém, é incrivelmente pequeno. Assim, os resultados de se lançar uma moeda podem de fato ser considerados aleatórios, quer ela seja apanhada no ar, quer caia no chão.

Assim, por exemplo, se rolarmos um dado mil vezes, a chance aleatória tem muito pouca probabilidade de fazer com que os números de 1 a 6 apareçam precisamente a mesma quantidade de vezes; essa é uma afirmativa acerca de resultados individuais, sobre os quais não se pode dizer nada com certeza. Graças à lei das médias, porém, podemos esperar que as *frequências relativas* dos diferentes resultados sejam em torno de $\frac{1}{6}$ do total dos lances dos dados – e cheguem ainda mais perto dessa proporção exata quanto mais vezes o dado for rolando. Essa proporção exata é o que chamamos de probabilidade de cada número aparecer (embora, como veremos adiante, não seja o único modo de

pensar a probabilidade). Para algumas coisas – como a moeda, o dado ou o baralho – podemos ter uma noção da probabilidade a partir das propriedades fundamentais que governam os vários resultados (o número de lados, os naipes das cartas etc.) Assim, é possível dizer que, a longo prazo, as frequências relativas dos resultados devem se aproximar cada vez mais dessa probabilidade. Se isso não acontecer, devemos começar a nos perguntar por que nossas crenças se mostraram mal fundamentadas.

Conclusão

A lei das médias nos diz que, quando sabemos – ou desconfiamos – que estamos lidando com eventos envolvendo um elemento de acaso, devemos focalizar não os eventos em si, mas sua frequência relativa – isto é, o número de vezes que cada evento ocorre em proporção ao número total de oportunidades.

2. O que *realmente* significa a lei das médias

A LEI DAS MÉDIAS nos avisa que, ao lidar com eventos aleatórios, são suas frequências relativas, e não os números brutos, que devemos focalizar. Mas se você está lutando para abandonar a ideia de que os números brutos “se equilibram a longo prazo”, não se atormente; você está em boa companhia. Jean-Baptiste le Rond d’Alembert, um dos grandes matemáticos do Iluminismo, estava seguro de que uma sequência de caras ao lançar uma moeda tornava coroa cada vez mais provável.

Mesmo hoje, muitas pessoas geralmente experientes jogam fora um bom dinheiro em cassinos e casas de aposta acreditando que uma sequência de azar torna a boa sorte mais provável. Se você está se debatendo para deixar essa crença, então vire a pergunta ao contrário e interrogue-se o seguinte: por que os números brutos de vezes em que a bolinha cai, digamos, no vermelho e no preto na roleta, *deveriam* se equilibrar à medida que renovamos os giros?

Pense no que seria necessário para fazer isso acontecer. Seria preciso que a bolinha mantivesse uma contagem de quantas vezes caiu no vermelho e no preto, detectasse qualquer discrepância e então, de algum modo, se obrigasse a cair no vermelho ou no preto para aproximar os números. Isso é pedir muito de uma simples bolinha branca ricocheteando ao acaso na roleta.

Para ser justo, superar o que os matemáticos chamam de “a falácia do jogador” significa superar a riqueza de experiências cotidianas que parecem sustentá-la. O fato é que a maioria dos nossos encontros com o acaso são mais complexos do que meros lançamentos de moedas, e facilmente podem parecer violar a lei das médias.

Por exemplo, imagine que estejamos revirando o caos que é a nossa gaveta de meias antes de sair correndo para o trabalho, à procura de um dos poucos

pares de discretas meias pretas. As chances são de que as primeiras meias sejam coloridas. Então, fazemos a coisa óbvia e as tiramos da gaveta, enquanto persistimos na busca. Agora, quem diz que a lei das médias se aplica aqui, e que uma sequência de meias coloridas não afeta as chances de se encontrar uma meia preta? Bem, isso pode parecer vagamente similar, entretanto, o que estamos fazendo é totalmente diferente de lançar uma moeda ou jogar uma bolinha na roleta. Com as meias, somos capazes de remover os resultados que não nos agradam, aumentando assim a proporção de meias pretas restantes na gaveta. Isso não é possível com eventos como um lançamento de moeda. A lei das médias não se aplica mais, porque ela diz que cada evento não afeta o seguinte.

Outra barreira que enfrentamos para aceitar a lei é que raramente lhe damos oportunidade suficiente para se revelar. Suponha que resolvamos testar a lei das médias e realizar um experimento científico apropriado envolvendo lançar uma moeda dez vezes. Poderia parecer um número razoável de tentativas; afinal, quantas vezes em geral tentamos algo antes de ficarmos convencidos de que aquilo é verdadeiro? Três vezes, talvez, meia dúzia? Na realidade, dez lançamentos não é nada perto de suficiente para demonstrar a lei das médias com alguma confiabilidade. De fato, com uma amostra tão pequena, poderíamos acabar convencidos da falácia de que os números brutos se equilibram. A matemática de cara ou coroa mostra que, em dez lançamentos, há grande chance de que a diferença entre o número de caras e o de coroas seja de 2; até há 1 chance em 4 de dar empate.

Não é de admirar que tantos de nós pensemos que “a experiência do dia a dia comprova” que os números brutos de caras e coroas se equilibram com o tempo, e não suas frequências relativas.

Conclusão

Ao tentar dar sentido a eventos aleatórios, tenha cuidado ao confiar no “senso comum” e na experiência cotidiana. Como veremos repetidamente neste livro, as leis que regem eventos aleatórios apresentam uma profusão de armadilhas para aqueles que não conhecem essas ciladas traiçoeiras.

3. O obscuro segredo do teorema áureo

OS MATEMÁTICOS ÀS VEZES alegam que simplesmente são gente como todo mundo; não são, não. Esqueça os clichês sobre bizarrices sociais e uma inclinação para roupas esquisitas; muitos matemáticos têm uma aparência perfeitamente normal. Mas todos compartilham uma característica que os distingue das pessoas comuns: uma obsessão pela prova. Não se trata de “prova” no sentido judicial nem o resultado de um experimento. Para os matemáticos, essas são coisas ridiculamente inconvincentes. Eles se referem a uma prova absoluta, garantida, *matemática*.

À primeira vista, a recusa em aceitar a palavra de alguém para alguma coisa parece bastante louvável. Mas os matemáticos insistem em aplicá-la a questões que o resto de nós consideraria obviamente verdades. Eles adoram provas rigorosas do tipo do teorema da curva de Jordan, que diz que, se você desenhar qualquer linha fechada num pedaço de papel, ela estará criando duas regiões: uma dentro da linha fechada e outra fora. Para ser justo, às vezes esse ceticismo extremo acaba se mostrando bem fundamentado. Quem adivinharia, por exemplo, o resultado da soma $1 + 2 + 3 + 4 + \text{etc. até o infinito}$? Com mais frequência, a prova confirma aquilo que os matemáticos já suspeitavam. Mas ocasionalmente uma prova de algo “óbvio” acaba se revelando impressionantemente difícil e com implicações chocantes. Dada sua reputação para mostrar surpresas, talvez não seja surpresa nenhuma que esse tipo de prova tenha surgido durante as primeiras tentativas de trazer algum rigor à teoria dos eventos aleatórios – especificamente, a definição de “probabilidade” de um evento.

O QUE SIGNIFICA “60% DE CHANCE DE CHOVER”?

Você está pensando em dar um passeio na hora do almoço, mas se lembra de ter ouvido a previsão do tempo avisar que existe uma chance de 60% de chover. Então, o que fazer? Isso depende do que você acha que significa essa chance de 60% – e há uma boa chance de não ser o que você acha. As previsões do tempo baseiam-se em modelos de computador que reproduzem a atmosfera, e, no começo dos anos 1960, os cientistas descobriram que esses modelos são “caóticos”, o que implica que até erros minúsculos nos dados que alimentam os cálculos podem produzir previsões radicalmente diferentes. Pior ainda, essa sensibilidade dos modelos muda de maneira imprevisível – tornando algumas previsões inerentemente menos confiáveis que outras. Assim, desde a década de 1990, os meteorologistas têm usado cada vez mais os chamados métodos conjuntos, fazendo dezenas de previsões, cada qual baseada em dados um pouquinho distintos, e vendo como divergem no decorrer do tempo. Quanto mais caóticas as condições, maior a divergência e menos exata a previsão final. Será que isso quer dizer que “60% de chance de chover na hora do almoço” significa que 60% da previsão conjunta mostrou chuva? Infelizmente, não: como a previsão conjunta é apenas um modelo do real, sua confiabilidade em si é incerta. Assim, o que em geral a previsão nos dá é a chamada “probabilidade de precipitação”, que leva tudo isso em conta, mais as chances de a nossa localidade realmente receber chuva. Eles alegam que essa probabilidade híbrida ajuda as pessoas a tomar melhores decisões. Talvez sim, mas em abril de 2009 o Serviço Meteorológico do Reino Unido certamente tomou uma decisão ruim ao declarar que havia “possibilidade de um verão ensolarado”. Para os versados no jargão da probabilidade, isso simplesmente significava que o modelo de computador indicara que as chances eram maiores que 50%. Contudo, para a maioria das pessoas, “possibilidade de” significa “muito provável”. Acabou que aquele foi um verão terrível, e o Serviço Meteorológico foi ridicularizado – o que é sempre uma constante certeza.

Uma das coisas mais intrigantes em relação à probabilidade é a sua natureza escorregadia, volúvel. Sua própria definição parece mudar de acordo com o que estamos pedindo dela. Às vezes parece bastante simples. Se queremos saber as chances de tirar 6 no dado, parece ok pensar nas probabilidades em termos de frequências – isto é, o número de vezes que tiramos o resultado desejado dividido pelo número total de oportunidades de que isso ocorra. Para um dado, como cada número ocupa uma das seis faces, parece razoável falar da probabilidade como a frequência a longo prazo de obter o número que queremos, que é 1 em 6. Mas o que significa falar das chances de um cavalo ganhar uma corrida? E o que os meteorologistas querem dizer quando afirmam que há 60% de chance de chover amanhã? Seguramente vai chover ou não vai? Ou será que

os meteorologistas estão tentando transmitir confiança na sua previsão? (Acontece que não é nem uma coisa nem outra – ver Box anterior.)

Os matemáticos não se sentem à vontade com esse tom vago – como mostraram quando começaram a demonstrar sério interesse no funcionamento do acaso mais ou menos 350 anos atrás. Definir o conceito de probabilidade fazia parte da sua lista de coisas a fazer. Contudo, a primeira pessoa a promover um progresso de verdade no problema viu-se recompensada com o primeiro relance do segredo obscuro sobre a probabilidade que até hoje segue de perto sua aplicação.

Nascido em Basileia, Suíça, em 1655, Jacob Bernoulli foi o mais velho da mais celebrada família matemática da história. No decorrer de três gerações, a família produziu oito matemáticos brilhantes, que, juntos, ajudaram a assentar as fundações da matemática aplicada e da física. Jacob começou a ler avidamente a então recém-emergente teoria da probabilidade na casa dos vinte anos, e ficou fascinado pelas suas potenciais aplicações em tudo, desde jogos de azar até a previsão de expectativa de vida. Mas reconheceu que havia algumas lacunas enormes na teoria, lacunas que precisavam ser preenchidas – a começar pelo significado exato de probabilidade.¹

Cerca de um século antes, um matemático italiano chamado Girolamo Cardano demonstrara a conveniência de descrever eventos regidos pelo acaso em termos da sua frequência relativa. Bernoulli decidiu fazer o que os matemáticos fazem: ver se era possível criar uma definição rigorosa. Logo percebeu, porém, que a tarefa aparentemente misteriosa gerava um imenso desafio prático. Claramente, se estamos tentando estabelecer a probabilidade de algum evento, quanto mais dados tivermos, mais confiável será nossa estimativa. Mas de quantos dados precisamos exatamente antes de dizer que “sabemos” qual é a probabilidade? Na verdade, será que esta chega a ser uma pergunta significativa de se fazer? Será que probabilidade é algo que nunca podemos saber com exatidão?

Apesar de ser um dos matemáticos mais capazes da sua época, Bernoulli levou vinte anos para responder a essas perguntas. Ele confirmou a intuição de

PRÉVIA GRATUITA · OFERTA POR TEMPO LIMITADO

Você chegou ao fim desta prévia.

Continue lendo "As Leis do Acaso [e-Livros]"
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](#).