

RANDALL MUNROE

# E se?

*Respostas científicas para perguntas absurdas*

*Tradução*

Érico Assis



COMPANHIA DAS LETRAS

Copyright © 2014 by Randall Munroe  
Copyright das ilustrações © 2014 by Randall Munroe  
Copyright da letra “If I Didn’t Have You” © 2011 by Tim Minchin.  
Publicada com a permissão de Tim Minchin.  
Todos os direitos reservados.

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

*Título original*

What if? — Serious Scientific Answers to Absurd Hypothetical Questions

*Capa*

Patrick Barry

*Foto de capa*

Cortesia do autor

*Projeto gráfico*

Christina Gleason

*Revisão técnica*

Ricardo Matsumura Araújo

*Preparação*

Andressa Bezerra Corrêa

*Revisão*

Ana Maria Barbosa

Mariana Zanini

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

---

Munroe, Randall

E se? / Randall Munroe ; tradução Êrico Assis. —  
1ª ed. — São Paulo : Companhia das Letras, 2014.

Título original : What if?.

ISBN 978-85-359-2483-1

1. Ciência – Miscelânea I. Título.

---

14-09453

CDD-500

Índice para catálogo sistemático:

1. Ciência 500

[2014]

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA SCHWARCZ S.A.

Rua Bandeira Paulista, 702, cj. 32

04532-002 — São Paulo — SP

Telefone: (11) 3707-3500

Fax: (11) 3707-3501

www.companhiadasletras.com.br

www.blogdacompanhia.com.br



# PERGUNTAS

---

<i>Aviso</i>	<b>11</b>	Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 2	<b>79</b>
<i>Introdução</i>	<b>13</b>	A última luz humana	<b>80</b>
Vendaval global	<b>17</b>	Metralhadora jetpack	<b>87</b>
Bola de beisebol relativista	<b>23</b>	Ascensão constante	<b>92</b>
Piscina de combustível nuclear	<b>27</b>	Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 3	<b>96</b>
Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 1	<b>31</b>	Submarino orbital	<b>97</b>
Máquina do tempo nova-iorquina	<b>32</b>	Seção de respostas rápidas	<b>102</b>
Almas gêmeas	<b>40</b>	Raios	<b>108</b>
Canetas laser	<b>45</b>	Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 4	<b>114</b>
Mureta periódica	<b>54</b>	Computador humano	<b>115</b>
Todo mundo pulando	<b>62</b>	Planetinhas	<b>122</b>
Um mol de toupeiras	<b>66</b>	Bife à queda livre	<b>127</b>
Secador de cabelo	<b>71</b>		



Disco de hóquei	<b>132</b>	Jogando alto	<b>190</b>
Resfriado comum	<b>134</b>	Neutrinos matam	<b>196</b>
O copo meio vazio	<b>139</b>	Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 8	<b>200</b>
Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 5	<b>146</b>	Lombadas	<b>201</b>
Astrônomos alienígenas	<b>147</b>	Imortais perdidos	<b>206</b>
Sem DNA	<b>152</b>	Velocidade orbital	<b>210</b>
Cessna interplanetário	<b>158</b>	A banda da FedEx	<b>215</b>
Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 6	<b>163</b>	Queda livre	<b>218</b>
Yoda	<b>164</b>	Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 9	<b>222</b>
Estados janelinha	<b>167</b>	Esparta	<b>223</b>
Cair com hélio	<b>172</b>	Secar os oceanos	<b>227</b>
Todo mundo pra fora	<b>175</b>	Secar os oceanos — parte II	<b>233</b>
Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 7	<b>179</b>	Twitter	<b>240</b>
Autofertilização	<b>180</b>	Ponte de Lego	<b>245</b>

O pôr do sol mais longo	<b>251</b>	Todos os raios	<b>289</b>
Ligações aleatórias pós-espirro	<b>256</b>	O ser humano mais sozinho	<b>293</b>
Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 10	<b>259</b>	Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 11	<b>296</b>
Terra em expansão	<b>260</b>	Gota de chuva	<b>297</b>
Flecha sem peso	<b>267</b>	Chutar no vestibular	<b>301</b>
Terra sem Sol	<b>271</b>	Bala de nêutrons	<b>303</b>
Atualizar a Wikipédia impressa	<b>275</b>	Perguntas bizarras (e preocupantes) que chegam ao <i>E se?</i> — nº 12	<b>312</b>
Facebook dos mortos	<b>278</b>	Quinze na escala de Richter	<b>313</b>
O Sol se põe no Império Britânico	<b>282</b>	<i>Agradecimentos</i>	<b>319</b>
Mexer o chá	<b>285</b>	<i>Referências</i>	<b>321</b>



## VENDAVAL GLOBAL

**P.** E se, de repente, a Terra e todos os objetos no solo parassem de girar, mas a atmosfera mantivesse sua velocidade?

— Andrew Brown

---

**R. QUASE TODO MUNDO IRIA MORRER.** *Depois o negócio ficaria interessante.*

Na linha do equador, a superfície da Terra movimenta-se a aproximadamente 470 m/s — quase 1700 km/h — em relação ao eixo. Se a Terra parasse e a atmosfera não, teríamos um vendaval repentino de 1700 km/h.

O vento seria mais forte no Equador, mas tudo e todos que vivem entre 42 graus ao Norte e 42 graus ao Sul — o que dá uns 85% da população mundial — teriam que encarar um vento supersônico de uma hora para outra.

Próximo da superfície, o vento mais forte duraria só alguns minutos, pois perderia potência na fricção com o solo. Mas esses poucos minutos seriam o bastante para deixar praticamente todas as estruturas humanas em ruínas.



- COISAS TERRÍVEIS ACONTECEM
- COISAS TERRÍVEIS ACONTECEM, MAS NÃO TÃO RÁPIDO

Minha casa, em Boston, está a uma boa distância da zona de vento supersônico. Mesmo assim, lá esse vento ainda seria duas vezes mais forte que o tornado mais poderoso da história. Todas as construções — desde barracos até arranha-céus — seriam achatadas, arrancadas de suas bases e sairiam rolando pela paisagem.

Os ventos seriam mais fracos perto dos polos, mas nenhuma cidade habitada possui distância suficiente do Equador para fugir da devastação. Longyearbyen, na ilha de Svalbard, Noruega — a cidade com a maior latitude no planeta — seria devastada por ventos comparáveis aos ciclones tropicais mais fortes de todos os tempos.

Se você acha que uma coisa dessas pode acontecer, um dos melhores lugares para ficar é Helsinque, na Finlândia. Embora sua latitude alta — aproximadamente  $60^\circ$  N — não seja suficiente para impedir que essa cidade seja arrasada pelo vento, o leito rochoso abaixo dela contém uma complexa rede de túneis que incluem um shopping center subterrâneo, um ringue de hóquei, além de um complexo de natação e outras coisinhas.



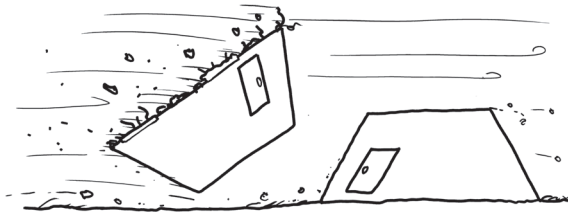
Nenhuma estrutura estaria a salvo, nem as projetadas para resistir a ventos fortes dariam conta. Como disse o comediante Ron White sobre os furacões: “Não interessa *que* o vento sopra, interessa *o que* o vento sopra”.

Digamos que você está num bunker imenso feito de um material resistente a ventos de 1700 km/h.

AÍ O 92º PORQUINHO CONSTRUIU  
UMA CASA DE URÂNIO EXAURIDO.  
E O LOBO DISSE, TIPO, “MANO”...



Até aí tudo bem, você estaria a salvo... Se fosse a única pessoa com um bunker. Infelizmente, você deve ter vizinhos; se o vizinho da frente também tiver um que não seja tão firme, o seu abrigo vai ter que resistir ao impacto do bunker *dele* a 1700 km/h.



A raça humana não seria extinta.<sup>1</sup> Digamos que pouquíssima gente na superfície sobreviveria; os detritos voando pulverizariam tudo que não fosse resistente a bombas nucleares. Por outro lado, bastante gente sob a superfície sobreviveria muito bem. Se você estivesse num porão bem fundo (ou melhor ainda: um túnel de metrô) quando a coisa toda acontecesse, haveria uma boa chance de sobrevivência.

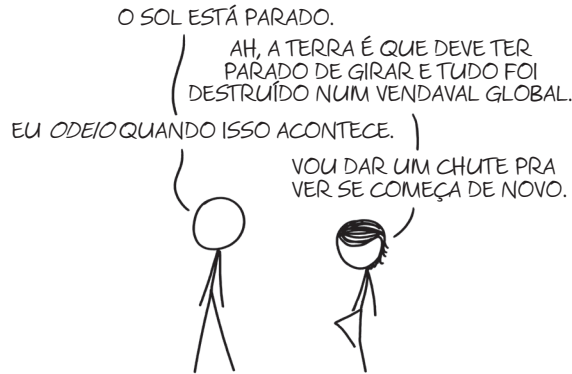
Outros teriam sorte. Dezenas de cientistas e suas equipes que trabalham na estação de pesquisa Amundsen-Scott, no polo Sul, estariam a salvo dos ventos.

<sup>1</sup> Ou melhor, não imediatamente.



O primeiro sinal de problema que eles perceberiam: o mundo lá fora, de repente, ficaria em silêncio.

Talvez o silêncio misterioso os distraísse por um instante, mas uma hora alguém notaria uma coisa mais estranha:



## A atmosfera

Assim que os ventos na superfície diminuíssem, as coisas ficariam ainda mais bizarras.

As rajadas de vento virariam rajadas de calor. Normalmente a energia cinética do vento é tão pequena que acaba sendo desconsiderada. Mas esse não seria um vento normal e, enquanto diminuísse até uma parada turbulenta, ele se aqueceria.

Sobre o solo, isso provocaria uma temperatura ardente e — nas regiões onde o ar é úmido — trovoadas globais.

Ao mesmo tempo, o vento que passasse nos oceanos iria agitar e vaporizar a camada superficial da água. Por um instante, o oceano deixaria de ter superfície; seria impossível dizer onde termina a maresia e começa o mar.

Os oceanos são *gelados*. Debaixo da fina camada superficial, a temperatura é quase uniforme: 4°C. A tempestade faria a água fria subir das profundezas. O influxo de água gelada no ar superaquecido criaria um clima que nunca se viu na Terra — um misto de vento, chuva, neblina e variações bruscas de temperatura.

A ressurgência levaria ao florescer da vida, pois nutrientes frescos inundariam as camadas superiores. Ao mesmo tempo, causaria a dizimação de peixes, moluscos, tartarugas marinhas e animais incapazes de lidar com o afluxo de água das profundezas, que tem baixo teor de oxigênio. Qualquer animal que necessite respirar — como baleias e golfinhos — teria grande dificuldade em sobreviver na turbulenta interface mar-ar.

As ondas varreriam todo o planeta, de leste a oeste, e qualquer costa voltada

para o leste teria a maior onda de tempestades na história mundial. Uma nuvem ofuscante de maresia invadiria o continente e, depois dela, um muro turvo e turbulento de água viria como um tsunami. Em alguns lugares, as ondas avançariam quilômetros.

As tempestades de vento levariam imensas quantidades de pó e detritos à atmosfera. Ao mesmo tempo, uma densa camada de neblina seria formada sobre as superfícies geladas do oceano. Normalmente, isso faria a temperatura global despencar. E é o que ia acontecer.

Pelo menos de um lado da Terra.

Se a Terra parasse de girar, o ciclo comum de dia e noite chegaria ao fim. O Sol não iria parar de se mexer no céu, mas em vez de nascer e se pôr uma vez por dia, ele faria isso uma vez por *ano*.

Dia e noite teriam seis meses de duração, mesmo no equador. Do lado do dia, a superfície cozinhará com a luz solar constante, enquanto do lado da noite a temperatura despencaria. A convecção do lado do dia levaria a megatempestades na região diretamente abaixo do Sol.<sup>2</sup>

SE O CICLO DIA-NOITE  
ACABOU, QUANDO POSSO  
ALIMENTAR OS GREMLINS?



De certa forma, a Terra lembraria um dos exoplanetas com rotação sincronizada encontrados normalmente na zona habitável de estrelas anãs vermelhas, mas a melhor comparação seria com Vênus bem no seu início. Por causa de sua rotação, Vênus — assim como a Terra parada — mantém a mesma face apontada para o Sol durante meses. Contudo, sua atmosfera é densa e circula muito rápido, de forma que o lado dia e o lado noite têm mais ou menos a mesma temperatura.

Embora a duração do dia viesse a mudar, a duração do mês continuaria a mesma! Isso porque a Lua não pararia de girar em torno da Terra. Contudo, sem a rotação da Terra alimentando-a com a energia maremotriz, a Lua *pararia* de

<sup>2</sup> Se bem que, sem a força inercial de Coriolis, sabe-se lá para qual lado iriam girar.

ganhar distância da Terra (como faz atualmente) e, aos poucos, começaria a se aproximar.

Aliás, a Lua — nossa fiel companheira — conseguiria desfazer o estrago causado pelo cenário proposto por Andrew. Atualmente a Terra gira mais rápido que a Lua, e nossas marés diminuem a rotação da Terra e empurram a Lua para longe.<sup>3</sup> Se parássemos de girar, a Lua pararia de se afastar da gente. Em vez de diminuir nossa velocidade, as marés iriam intensificar nosso giro. Aos pouquinhos e delicadamente, a gravidade da Lua rebocaria nosso planeta...



... e a Terra voltaria a girar.

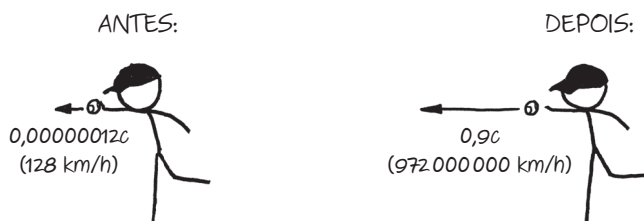


3 Ver “Leap seconds” (Segundos bissexto), disponível em <<http://what-if.xkcd.com/26/>>, para entender como isso acontece.

## BOLA DE BEISEBOL RELATIVISTA

**P.** E se você tentasse rebater uma bola de beisebol arremessada a 90% da velocidade da luz?

— Ellen McManis



*Vamos desconsiderar como seria possível a bola atingir essa velocidade e supor que seja um arremesso normal. Mas quando o arremessador solta a bola, ela ganha a aceleração mágica de  $0,9c$ . Daqui para a frente, tudo se dá segundo a física normal.*

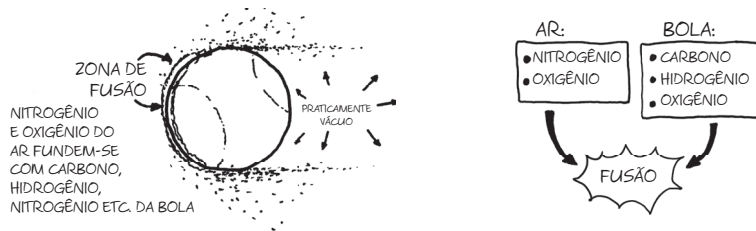
**R. A RESPOSTA ACABA SENDO** “aconteceria um monte de coisa”. E seria tudo muito rápido e não terminaria bem para o rebatedor (nem para o arremessador). Peguei uns livros de física, um boneco articulado do Nolan Ryan\* e um monte de vídeos de testes nucleares para ver se consigo entender o negócio. A seguir vai tudo que consegui prever, de nanossegundo em nanossegundo.

A bola ganharia tal velocidade que tudo o mais ficaria praticamente estático. Até as moléculas do ar, que vibram a centenas de quilômetros por hora, ficariam

\* Jogador de beisebol que atuou profissionalmente entre as décadas de 1960 e 1990, com arremessos que superavam 160 km/h. (N. T.)

paradas. A bola atravessaria as moléculas a 965 *milhões* de quilômetros por hora. Ou seja, em relação à bola, tudo estaria parado, congelado.

O conceito de aerodinâmica seria inaplicável. Geralmente o ar flui em volta de qualquer coisa que se movimenta nele. Mas as moléculas do ar em frente a essa bola não teriam tempo de se acomodar. A bola bateria nelas com tanta força que os átomos dessas moléculas entrariam em fusão com os átomos na superfície da bola. Cada colisão liberaria um estouro de raios gama e partículas dispersas.<sup>1</sup>



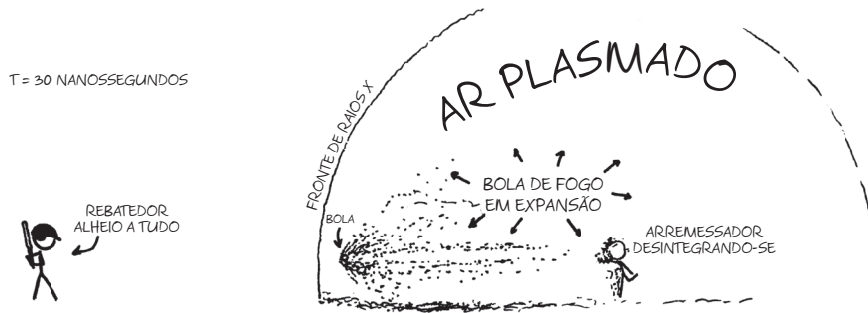
Esses raios gama e detritos se expandiriam numa bolha centrada na base do arremessador. Elas começariam a rasgar as moléculas do ar, arrancando elétrons dos núcleos e transformando o ar do estádio numa bolha em expansão de plasma incandescente. A superfície dessa bolha chegaria ao rebatedor à velocidade da luz — só um pouquinho à frente da própria bola.

A fusão constante em frente à bola iria gerar uma força inversa, o que a retardaria um pouco — como se a bola fosse um foguete com a cauda voltada para a frente ao ativar os motores. Infelizmente, a bola estaria em tal velocidade que mesmo a força tremenda dessa explosão termonuclear mal diminuiria seu passo. Contudo, a explosão começaria a corroer a superfície, lançando pequenos fragmentos da bola em todas as direções. Eles teriam tanta velocidade que, ao atingir moléculas do ar, ativariam mais duas ou três rodadas de fusões.

Passados aproximadamente setenta nanossegundos, a bola chegaria à base do rebatedor, o qual nem teria visto o arremessador fazer o lançamento, já que a luz que transporta essa informação chegaria nele mais ou menos no mesmo momento que a bola. As colisões com o ar teriam corroído a bola quase na sua totalidade, e nesse momento ela consistiria em uma nuvem de plasma (principalmente carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio), no formato de uma bala, chocando-

<sup>1</sup> Depois que publiquei este texto pela primeira vez, o físico Hans Rinderknecht, do MIT, entrou em contato e disse que havia simulado essa situação no computador de seu laboratório. Ele descobriu que logo no início do voo da bola a maioria das moléculas do ar estaria em movimento veloz demais para provocar fusão e assim elas atravessariam a bola, aquecendo-a de um modo mais devagar e uniforme do que eu expliquei.

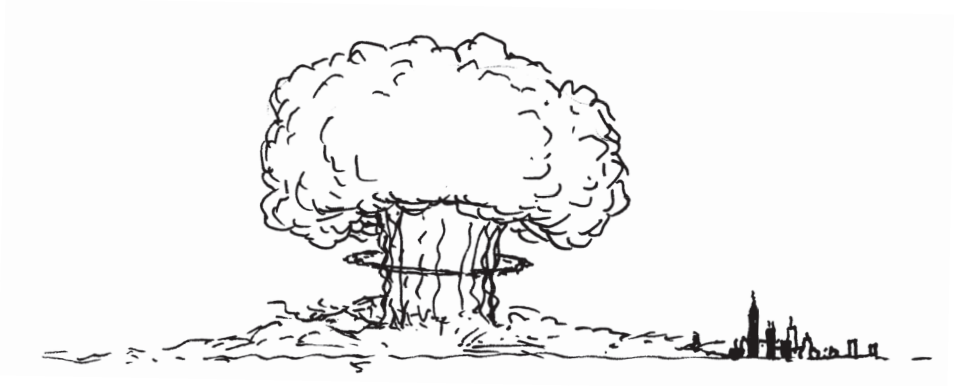
-se com o ar e provocando mais fusões ao longo do caminho. A camada externa de raios X seria a primeira a atingir o rebatedor, e poucos nanossegundos depois viria a nuvem de detritos.



Quando estivesse chegando à *home plate*, o centro da nuvem ainda estaria numa velocidade que seria uma fração relevante da velocidade da luz. Primeiro atingiria o bastão, mas aí rebatedor, base e receptor seriam todos erguidos do chão e pressionados contra a cerca de proteção até se desintegrarem. A camada de raios X e plasma superaquecido expandiria para fora e para o alto, engolindo a cerca, as duas equipes, as arquibancadas e todo o bairro em volta — ainda no primeiro microssegundo.

Se você estivesse assistindo do alto de um morro, fora da cidade, a primeira coisa que iria observar seria uma luz ofuscante, muito mais forte que o Sol. Ela diminuiria lentamente ao longo de segundos, e uma bola de fogo em expansão subiria até virar uma nuvem em forma de cogumelo. Então, com um estrondo absurdo, a onda de choque da explosão passaria arrancando árvores e destruindo casas.

Tudo num raio de mais ou menos 1,5 km seria detonado, e uma tempestade de fogo engoliria a cidade. O perímetro do campo de beisebol, agora uma imensa cratera, estaria localizado a cento e poucos metros da antiga cerca de proteção.



Segundo a Regra 6.08(b) da Major League de Beisebol, nessa situação o rebatedor seria considerado “atingido pelo arremesso” e teria direito de avançar para a primeira base.