



CAPÍTULO 6

Além da nuvem

As três revoluções: realidade mista, inteligência artificial e computação quântica

Minha ideia original para este livro era escrever uma coletânea de reflexões de um CEO em meio a um processo de transformação. A minha meta era compartilhar minhas experiências, atravessando uma transformação corporativa e criando novas tecnologias em tempo real, e não refletindo sobre elas anos depois. Naturalmente, a transformação da Microsoft nunca chegará ao fim. Diante de incertezas econômicas e tecnológicas globais, atualizamos a nossa missão, repensamos as prioridades da nossa cultura e criamos ou recriamos parcerias estratégicas para fortalecer as bases do nosso negócio. Também precisamos acelerar nosso espírito inovador e fazer novas e arrojadas apostas. É esse tipo de atitude que vem fazendo da Microsoft uma marca confiável há mais de 40 anos.

Fomos além de PCs e servidores para buscar o sucesso na nuvem. E também precisaremos ir além da nuvem. As tendências da tecnologia podem ser enganosas. Dizem que tendemos a superestimar o que podemos realizar no curto prazo e a subestimar o que podemos rea-

lizar no longo prazo. No entanto, estamos investindo para liderar em três importantes tecnologias que definirão o nosso setor e outros setores no futuro: a realidade mista, a inteligência artificial e a computação quântica. Essas tecnologias inevitavelmente levarão a mudanças gigantescas na nossa economia e na sociedade. Nos três últimos capítulos deste livro, vou abordar os valores, as questões éticas, as políticas e os fatores econômicos que precisamos levar em consideração para nos preparar para essa próxima onda.

Apresento aqui uma maneira de pensar sobre a convergência dessas grandes mudanças tecnológicas. Com a realidade mista, estamos criando a experiência definitiva da computação, na qual nosso campo de visão se transforma em uma superfície de computação e o mundo digital e o nosso mundo físico passam a ser uma coisa só. Dados, aplicativos e até colegas de trabalho e amigos que antes ficavam “presos” no nosso celular ou tablet passam a ficar disponíveis em qualquer lugar (no nosso escritório, visitando um cliente ou colaborando com colegas em uma sala de reunião). A inteligência artificial fundamenta todas as experiências, expandindo a capacidade humana com insights e um poder preditivo que jamais conseguiríamos ter por conta própria. E, por fim, a computação quântica nos permitirá transcender as fronteiras da Lei de Moore (a observação de que o número de transistores de um chip de computador dobra mais ou menos a cada dois anos), alterando as propriedades físicas da computação e fornecendo o poder computacional necessário para resolver os maiores e mais complexos problemas do mundo. A realidade mista, a inteligência artificial e a computação quântica podem ser campos independentes hoje, mas devem convergir em algum momento do futuro. Estamos apostando nisso.

Uma empresa de tecnologia que deixar passar essas tendências inevitavelmente ficará para trás. Ao mesmo tempo, é sempre perigoso apostar em tecnologias futuras não testadas, correndo o

risco de negligenciar a essência do negócio atual. Trata-se de um dilema clássico enfrentado por qualquer inovador: arriscar o sucesso existente para ir atrás de novas oportunidades.

A Microsoft passou por dificuldades para acertar esse equilíbrio. Chegamos a ter um tablet antes do iPad e tínhamos tudo para criar um leitor de livros digitais antes do Kindle. Mas, em alguns casos, o nosso software estava à frente dos fatores necessários para o sucesso, como uma tela sensível ao toque ou conectividade de banda larga. Em outros casos, não tínhamos um projeto de design de ponta a ponta para entregar uma solução completa ao mercado. E também aconteceu de confiarmos demais na nossa capacidade de seguir e ultrapassar um concorrente inovador, e nos esquecemos do risco inerente a esse tipo de estratégia. Hesitamos um pouco em mexer num time que estava ganhando ou, mais especificamente, fazer alterações em modelos de negócio que estavam tendo sucesso. Mas acabamos aprendendo com tudo isso. Não existe uma receita de bolo para definir o futuro. Uma empresa precisa ter a visão completa do que só ela, e mais ninguém, pode fazer e precisa ter a convicção e a capacidade de fazer isso acontecer.

Eu tinha decidido, antes de me tornar CEO, que precisaríamos continuar investindo, e investindo com agressividade e foco, em novas tecnologias e novos mercados, mas só se pudéssemos satisfazer os nossos três Cs. Será que temos um *conceito* empolgante, as *competências* necessárias para atingir o sucesso e uma *cultura* aberta a novas ideias e abordagens?

Para evitar ficarmos presos no dilema do inovador (e para evitar gastar toda a nossa energia apagando os incêndios de hoje e nos voltar a pensar também no amanhã), decidimos rever nossa estratégia de investimento, considerando três frentes de crescimento: em primeiro lugar, trabalhar no crescimento dos nossos negócios centrais e nas tecnologias atuais; em segundo lugar, incubar novas ideias e produtos para o futuro; e, em terceiro lugar, investir em

avanços revolucionários no longo prazo. Na primeira frente, nossos clientes e parceiros continuarão a ver inovações, a cada ano que passa, em todos os nossos negócios. Na segunda frente, já estamos investindo em algumas mudanças empolgantes nas nossas plataformas, como novas interfaces de usuário com recursos de fala ou tinta digital (*e-ink*), novas aplicações equipadas com assistentes pessoais, bots e experiências da Internet das Coisas espalhadas por toda parte, como fábricas, carros e eletrodomésticos. Na terceira frente, a Microsoft já está focada em áreas que, apenas alguns anos atrás, pareciam distantes, mas que hoje ocupam as fronteiras da inovação: realidade mista, inteligência artificial e computação quântica. A realidade mista será uma ferramenta essencial na medicina, na educação e nos processos de fabricação. A inteligência artificial ajudará a prever crises, como a epidemia de zika, e nos ajudará a focar o nosso tempo e a nossa atenção no que mais importa. A computação quântica nos dará o poder computacional necessário para curar o câncer e resolver de vez o problema do aquecimento global.

Sempre fui fascinado pela história de como os computadores expandem o intelecto humano e possibilitam o acúmulo da inteligência coletiva. Nos anos 1960, Doug Engelbart conduziu “a mãe de todas as demonstrações”, apresentando o mouse, o hipertexto e a teleconferência em tela compartilhada. De acordo com a Lei de Engelbart, o desempenho humano é exponencial e, apesar de a tecnologia expandir nossa capacidade, só os seres humanos são capazes de melhorar essas melhorias. Ele basicamente fundou o campo da interação homem-computador. Muitos outros visionários influenciaram a mim e ao setor, mas, na época em que entrei na Microsoft, em 1992, dois romances futuristas eram lidos avidamente por todos os engenheiros da empresa. O livro *Snow Crash*, de Neal Stephenson, popularizou o termo *metaverso*, vislumbrando um espaço coletivo virtual e compartilhado. David Gelernter escreveu *Mirror Worlds*, antevendo um software que revolucionaria a computação e transformaria

a sociedade, substituindo a realidade por uma imitação digital. Hoje essas ideias estão ao alcance dos olhos.



É uma sensação assombrosa, pelo menos para mim, a primeira vez em que vivenciamos uma tecnologia profundamente nova. Na década de 1980, quando aprendi a escrever algumas linhas de programação Basic para aquele computador Z80 que meu pai comprou para mim, uma lâmpada acendeu na minha cabeça. De repente, eu me vi me comunicando com uma máquina. Eu escrevia alguma coisa e a máquina gerava uma resposta. Eu podia mudar o programa e instantaneamente mudar a resposta. E foi assim que eu descobri o software, o recurso mais maleável que os humanos já criaram. Foi um verdadeiro momento eureka para mim. Lembro-me como se fosse ontem da empolgação que senti na primeira vez que vi uma planilha eletrônica. Hoje em dia, uma estrutura de dados formatada como uma tabela dinâmica é a coisa mais natural para quem lida com números.

Nosso setor está repleto desses momentos de descoberta. Para minha surpresa, meu momento mais assombroso foi na superfície do planeta Marte... só que eu estava no subsolo do Prédio 92 da Microsoft.

Foi lá que experimentei pela primeira vez o dispositivo HoloLens, um pequeno computador usado como óculos e completamente autocontido, chamado *head-mounted display*. De repente, a tecnologia HoloLens me transportou (virtualmente, é claro) à superfície do Planeta Vermelho, a 400 milhões de quilômetros de distância, graças a imagens transmitidas por um veículo da Nasa, o *Curiosity*. Através da HoloLens, olhei para baixo e me vi caminhando, com os meus tênis, numa planície poeirenta e rochosa de Marte, seguindo a trajetória do *rover*. A HoloLens me possibilitou ao mesmo tempo caminhar pela sala de verdade

(ver uma mesa e interagir com as pessoas ao meu redor) e inspecionar rochas na superfície de Marte. Essa é a natureza incrível e totalmente inédita do que chamamos de “realidade mista”. A experiência foi tão inspiradora, tão tocante, que um membro da minha equipe de liderança chegou a chorar durante o passeio virtual.

O que vi e vivenciei naquele dia foi um vislumbre do futuro da Microsoft. Aquele momento pode ficar para a história, marcando o advento de uma revolução da realidade mista, na qual todos poderão trabalhar e se divertir num ambiente imersivo que combina o mundo real com o virtual. Será que um dia teremos nativos da realidade mista (jovens que esperam que todas as suas experiências no computador sejam misturas imersivas do real com o virtual), assim como hoje temos os nativos digitais, pessoas que já nasceram com a internet?

As empresas estão adotando abordagens diferentes para os computadores *head-mounted*. A diferença é que a *realidade virtual*, proporcionada por nossos dispositivos de realidade mista do Windows 10 ou pelo Oculus Rift do Facebook, bloqueia em grande parte o mundo real, mergulhando o usuário em um mundo completamente digital. O Google Glass, por exemplo, projeta informações na tela do óculos. Os Snapchat Spectacles incluem conteúdo e filtros relevantes para o que a pessoa está vendo. Já a HoloLens dá acesso a uma *realidade mista* na qual os usuários podem navegar tanto em sua localização atual (por exemplo, interagir com pessoas na mesma sala) como num ambiente remoto, enquanto manipulam hologramas e outros objetos digitais. Os analistas da Gartner Inc., uma empresa de pesquisa do setor de tecnologia, transformaram numa forma de arte o estudo dos ciclos de badalação e euforia que se seguem às novas tecnologias à medida que elas passam da invenção à popularidade (ou ao desaparecimento), e acreditam que as tecnologias de realidade virtual devem estar a cinco ou dez anos de serem amplamente adotadas.

Enquanto isso, a Microsoft teve dificuldade até de chegar à linha de partida. Meu colega Alex Kipman tinha passado um tempo aper-

feiçãoando um protótipo da HoloLens. Alex e sua equipe já tinham criado uma grande inovação no passado: trata-se do Microsoft Kinect, a tecnologia de sensor de movimentos que hoje já foi incorporada em robôs de ponta (possibilitando movimentos mais humanos) e proporciona uma maneira divertida de usar o corpo para jogar games no Xbox. Mas o projeto da HoloLens de Alex tinha passado de uma divisão a outra da empresa com o chapéu na mão em busca de financiamento. Não estava claro se a Microsoft investiria na realidade mista, um novo negócio num mercado ainda não comprovado. Em algumas ocasiões, a busca por financiamento era tão ridícula que Alex sarcasticamente apelidou o projeto de Baraboo, em homenagem a uma cidade de Wisconsin que abriga um museu dedicado à história dos circos e dos palhaços.

Quando tive a chance de ver o que a HoloLens era capaz de fazer, não tive dúvidas. Embora a HoloLens tenha aplicações claras em videogames, logo compreendi o potencial da tecnologia em salas de aula, hospitais e, sim, até na exploração espacial. Na verdade, a Nasa foi uma das primeiras organizações a perceber o valor da HoloLens, usando uma versão inicial da tecnologia para os astronautas na Terra poderem colaborar com astronautas no espaço. Mesmo se alguém estivesse em cima do muro depois do passeio em Marte, o e-mail que Bill Gates mandou após experimentar essa tecnologia convenceu até os mais céticos.

Fiquei impressionadíssimo com dois aspectos da demonstração de Marte. Para começar, a fidelidade era excelente. A imagem parecia real e, quando eu mexia a cabeça, a sensação era bem realista. Parecia que eu realmente estava lá. Em segundo lugar, a capacidade de andar fisicamente pelo espaço foi bastante natural e eu pude usar minha visão periférica para evitar trombar ou tropeçar nas coisas. Ainda não sei ao certo quais aplicações vão decolar, mas a última demonstra-

ção me deixou muito empolgado com o projeto e estou convicto de que vamos dar um jeito de transformar a tecnologia num sucesso. Posso dizer que fui convertido à causa.

Sim, Alex, pode ficar tranquilo que nós vamos investir no seu projeto.

Para conhecer a alma da HoloLens, é interessante saber um pouco mais sobre Alex e seu passado. Em alguns sentidos, a minha história e a dele têm muito em comum. Filho de um diplomata brasileiro, Alex morou em várias cidades diferentes na infância e descobriu que a matemática, a ciência e, mais tarde, os computadores eram seus únicos companheiros constantes. “Se você souber ‘pintar’ usando a matemática e a ciência, é capaz de fazer qualquer coisa”, ele me disse em certa ocasião. Seus pais lhe deram de presente um console de videogame Atari 2600, que ele quebrou repetidamente, mas acabou aprendendo a programar. Sua paixão pela tecnologia o levou a estudar no Instituto de Tecnologia de Rochester, a fazer um estágio na NASA e, mais tarde, a encarar projetos de programação de computador cada vez mais complexos no Vale do Silício.

Mas ele ainda não tinha encontrado uma empresa que lhe possibilitasse criar software como uma forma de arte. Alex entrou na Microsoft para ajudar a criar o Windows Vista, o aguardado sucessor do Windows XP. Quando o Vista recebeu avaliações indiferentes apesar de suas funcionalidades avançadas, ninguém ficou mais desapontado do que Alex. Ele entendeu o incidente como um fracasso pessoal e voltou ao Brasil para refletir ou, em outras palavras, apertar o botão F5 em sua carreira. Alex é uma pessoa bastante filosófica e se voltou para Nietzsche em busca de uma direção para sua vida profissional: “O homem que tem um ‘porquê’ para viver é capaz de suportar praticamente qualquer ‘como’”. Alex estava descontente consigo mesmo porque ainda não tinha encontrado seu “porquê”, um direcionamento geral para a computação.

Mais tarde ele contaria ao jornalista Kevin Dupzyk que fez um retiro numa fazenda isolada no litoral do Brasil, vagando com um notebook nas mãos e refletindo sobre a contribuição que gostaria de deixar para a computação. Começou a pensar sobre como a computação poderia mexer com nossa noção de tempo e espaço. Por que ficarmos presos a teclados e telas? Por que não usar o computador para interagir com quem quisermos, onde quer que as pessoas estejam? Alex acreditava que a evolução da computação só tinha chegado ao equivalente a pinturas rupestres pré-históricas. A realidade mista estava para se transformar em um pincel capaz de criar um paradigma computacional totalmente novo.

Alex definiu uma nova missão profissional para si: “Quero criar máquinas capazes de perceber o mundo real”. A percepção (não um mouse, um teclado e uma tela) seria o protagonista da história dele. Máquinas capazes de nos perceber tornaram-se o “porquê” de Alex.

O “como”, o plano geral, passou a ser criar uma nova experiência de computação projetada com base em sensores capazes de perceber os seres humanos, o ambiente e os objetos que os cercam. Essa nova experiência computacional deve possibilitar três tipos de interação: input de dados analógicos, output de dados digitais e a capacidade de sentir ou tocar os dados (conhecida como “tecnologia háptica”).

O Kinect foi o primeiro passo nesta jornada, possibilitando a um ser humano fazer input de dados analógicos em um computador apenas movendo o corpo. De repente, ganhamos a capacidade de dançar com um computador. Agora, a HoloLens chega para possibilitar também outros tipos de interação entre homem e máquina. Com a tecnologia da HoloLens, pessoas, o ambiente e objetos podem dar e receber input e output, transcendendo fronteiras do tempo e do espaço. Um astronauta na Terra pode inspecionar uma cratera em Marte. E o elemento final, a tecnologia háptica, incluirá a capacidade de tocar e sentir. Quando dançamos usando o Kinect ou pegamos uma rocha usando a HoloLens, ainda não podemos sentir nosso parceiro

de dança ou a sensação tátil da rocha na nossa mão. Mas um dia isso será possível.

Hoje, nosso foco na Microsoft é democratizar a realidade mista e disponibilizá-la a todos. O lançamento da HoloLens se baseou numa estratégia que a Microsoft já testou e comprovou: convidar desenvolvedores externos para nos ajudar a criar aplicações inovadoras para a plataforma HoloLens. Logo depois de anunciarmos o dispositivo, mais de 5 mil desenvolvedores apresentaram ideias de aplicativos que gostariam de criar. Lançamos um levantamento de 24 horas no Twitter, perguntando qual ideia deveríamos priorizar. Desenvolvedores e fãs escolheram o Galaxy Explorer, que nos possibilita olhar pela janela da nossa casa e navegar pela Via Láctea, avançando no nosso próprio ritmo, nos aproximando para ter uma visão mais detalhada, anotando o que vemos e armazenando a experiência para mais tarde. O aplicativo reproduz o ambiente de um planeta nas paredes do nosso quarto, incluindo tempestades de areia, plasma fervente e formações de gelo.

Hoje, outros desenvolvedores estão criando aplicações novas e incrivelmente úteis para a HoloLens. Por exemplo, a Lowe's, uma rede de lojas de material de construção, está usando a HoloLens para que os clientes possam sobrepor hologramas de novos armários, eletrodomésticos e acessórios na cozinha e nos banheiros de sua casa para poderem ver exatamente como ficará a reforma.

A trajetória dessa tecnologia começa meramente rastreando o que a máquina vê, mas um dia a tecnologia vai possibilitar tarefas mais complexas, com as quais aprenderemos à medida que incorporamos a inteligência artificial. O Kinect deu ao computador a capacidade de rastrear nossos movimentos, ver nosso corpo e interpretar nossas ações. É nesse ponto que a inteligência artificial, o aprendizado de máquina e a realidade mista estão hoje. A tecnologia é cada vez mais capaz de ver, falar e analisar, mas ainda é incapaz de sentir. A realidade mista, no entanto, pode ajudar as máquinas a desenvolver empatia pelos seres humanos. Por meio dessas tecnologias, será cada vez mais

possível vivenciar a experiência de um refugiado ou da vítima de um crime, o que pode aumentar nossa capacidade de nos identificar com os outros, cruzando barreiras que hoje separam as pessoas. Inclusive, tive a oportunidade de conhecer vários desenvolvedores estudantis da Austrália que participaram do nosso concurso Imagine Cup. Eles criaram um aplicativo de realidade mista que ajuda cuidadores a aprender a ver o mundo pelos olhos de um autista.



A inteligência artificial tem sido retratada de incontáveis maneiras nos filmes de Hollywood, o que praticamente transformou a tecnologia em um subgênero à parte. Em *Westworld: onde ninguém tem alma*, um filme de 1973, Yul Brynner interpreta um robô (um caubói durão equipado com inteligência artificial) que entra em uma taverna do faroeste, louco para atirar em alguém. Anos mais tarde, a Disney propôs uma representação diferente da inteligência artificial. Na animação *Operação Big Hero*, um robô inflável gigante chamado Baymax ajuda seu dono de 14 anos a percorrer uma jornada cheia de suspense. “Ele vai mudar o seu mundo”, proclama o filme.

E é isso mesmo. A inteligência artificial vai mudar o nosso mundo. A tecnologia aumentará nossa capacidade e ajudará os seres humanos, muito mais do que Baymax e Brynner.

A convergência de três avanços revolucionários (*big data*, um enorme poder de computação e algoritmos sofisticados) está acelerando a transformação da inteligência artificial, que deixa de ser mera ficção científica e torna-se realidade. Em velocidades sempre surpreendentes, dados são coletados e disponibilizados graças ao aumento exponencial do número de câmeras e sensores no nosso dia a dia. A inteligência artificial precisa de dados para aprender. A nuvem

disponibilizou a todos um enorme poder de computação, e algoritmos complexos agora podem ser escritos para explorar montanhas de dados em busca de insights e informações.

Mas, bem diferente do que fizeram Baymax ou Brynner, hoje a inteligência artificial em alguns aspectos está longe de se tornar o que chamamos de inteligência artificial genérica (AGI, na sigla em inglês), o ponto no qual um computador corresponde às capacidades intelectuais humanas ou até as supera. Tal como a inteligência humana, a inteligência artificial pode ser categorizada por camadas. A camada inferior é um reconhecimento de padrões simples. A camada do meio é a percepção, capaz de sentir cenários cada vez mais complexos. Estima-se que 99% da percepção humana ocorre por meio da fala e da visão. Por fim, o nível mais elevado da inteligência é a cognição, a compreensão profunda da linguagem humana.

Esses são os elementos constitutivos da inteligência artificial e a Microsoft passou muitos anos investindo no avanço de cada uma dessas camadas, como ferramentas estatísticas de aprendizado de máquina, para interpretar dados e reconhecer padrões, e computadores capazes de ver, ouvir, se mover e até aprender e entender a linguagem humana. Sob a liderança do nosso diretor de tecnologias da fala, Xuedong Huang, e sua equipe, a Microsoft bateu o recorde de precisão com um sistema computadorizado capaz de transcrever o conteúdo de um telefonema com mais precisão do que um profissional humano treinado em transcrição. No âmbito da visão e do aprendizado de computador, no fim de 2015, nosso grupo de inteligência artificial arrebanhou o primeiro prêmio de cinco desafios, apesar de termos treinado nosso sistema apenas para um dos desafios. No desafio intitulado Objetos Comuns em Contexto, um sistema de inteligência artificial tenta realizar várias tarefas de reconhecimento visual. Treinamos nosso sistema para realizar apenas a primeira tarefa: olhar uma fotografia e rotular o que vê. No entanto, devido às formas iniciais de transferência de aprendizagem, a rede neural que construímos conseguiu aprender e

realizar as outras tarefas por conta própria. O sistema não só conseguiu explicar a fotografia como também foi capaz de desenhar um círculo ao redor de cada objeto que aparecia na foto e produzir uma frase em inglês descrevendo a ação que ocorria na foto.

Acredito que, em dez anos, a fala e o reconhecimento visual da inteligência artificial superarão os seres humanos. Mas o fato de uma máquina poder ver e ouvir não significa que ela realmente seja capaz de aprender e entender. A compreensão da linguagem natural, a interação entre computadores e humanos, constitui a próxima fronteira.

Como a inteligência artificial poderá um dia fazer jus a toda a badalação que a cerca? Como a inteligência artificial poderá se expandir para beneficiar todas as pessoas? Também nesse caso, a resposta é: em camadas.

Sob medida. Hoje estamos mais ou menos no “térreo” da inteligência artificial. Ela é sob medida, personalizada. As empresas de tecnologia com acesso privilegiado a dados, poder de computação e algoritmos criam um produto de inteligência artificial e o disponibilizam para o mundo todo. Um punhado de pessoas pode criar uma inteligência artificial para multidões. É nesse ponto que a maioria das inteligências artificiais se encontra hoje.

Democratizada. O próximo nível é a democratização. A abordagem da Microsoft, uma empresa de plataforma que sempre criou tecnologias e ferramentas básicas que outras empresas podem usar para inovar, consiste em colocar as ferramentas necessárias para criar uma inteligência artificial nas mãos de todos. Democratizar a inteligência artificial implica possibilitar que todas as pessoas e todas as organizações vislumbrem incríveis soluções de inteligência artificial para atender a suas necessidades específicas e criem essas soluções. É algo análogo à democratização criada pela prensa de tipos móveis e pela prensa tipográfica. Estima-se que, na década de 1450, o total de livros na Europa não passava dos 30 mil exemplares, cada um deles feito à mão por monges. A Bíblia de Gutenberg foi o primeiro livro

produzido com a utilização da tecnologia de tipos móveis e, em um intervalo de 50 anos, o número de livros cresceu para cerca de 12 milhões de unidades, desencadeando um verdadeiro renascimento no aprendizado, nas ciências e nas artes.

A inteligência artificial precisa seguir essa mesma trajetória. Para chegar lá, precisamos ser inclusivos e democráticos. Desse modo, nossa visão é criar ferramentas equipadas com uma verdadeira inteligência artificial e espalhadas entre diferentes assistentes virtuais, aplicativos, serviços e infraestruturas:

- Estamos mobilizando a inteligência artificial para mudar profundamente a maneira como as pessoas interagem com *assistentes virtuais* como a Cortana (a assistente pessoal do Windows 10), que se tornará cada vez mais comum na nossa vida.
- *Aplicativos* como o Office 365 e o Dynamics 365 serão equipados com inteligência artificial para ajudar a nos concentrar no que mais importa e aproveitar mais cada momento.
- Disponibilizaremos a inteligência artificial nos nossos *serviços* (o reconhecimento de padrões, a percepção e as capacidades cognitivas) a todos os desenvolvedores de *aplicativos* do mundo.
- E, por fim, estamos criando o supercomputador de inteligência artificial mais potente do mundo e disponibilizando essa *infraestrutura* a todos.

Vários setores já estão usando essas ferramentas de inteligência artificial. O McDonald's está criando um sistema de inteligência artificial para ajudar os funcionários a anotar nosso pedido na fila do drive-thru, dando mais simplicidade, eficiência e precisão à execução da tarefa. O Uber está usando nossas ferramentas de serviços cognitivos para evitar fraudes e melhorar a segurança dos passageiros, comparando a foto do motorista com seu rosto para garantir que o motorista certo esteja ao volante. E a Volvo está usando nossas ferra-

mentas de inteligência artificial para identificar se os motoristas estão distraídos e alertá-los para prevenir acidentes.

Se você for um empresário ou gestor, imagine se tivesse em mãos um sistema de inteligência artificial capaz de ver sua operação toda, saber o que está acontecendo e notificá-lo sobre os eventos mais importantes. A Prism Skylabs inovou na utilização dos nossos serviços cognitivos e colocou computadores para monitorar câmeras de vigilância e analisar as imagens para os clientes da empresa. Se você tiver uma empresa de construção civil, o sistema o avisará quando vir um caminhão de cimento chegando num de seus canteiros de obras. Para os varejistas, o sistema pode monitorar o estoque ou ajudá-los a encontrar o gerente de uma de suas lojas. No futuro, num hospital, o sistema poderá observar o cirurgião e a equipe de apoio para alertá-los, antes que seja tarde demais, ao detectar algum erro médico.

Aprender a aprender. No fim, o último estágio da evolução da tecnologia ocorrerá quando os computadores aprenderem a aprender, gerando os próprios programas. Como os seres humanos, os computadores farão mais do que meramente imitar o que as pessoas fazem, e inventarão soluções novas e melhores para os problemas. Profundas redes neurais e a transferência de aprendizagem já estão levando a avanços revolucionários, mas a inteligência artificial é como uma escada, e ainda estamos apenas no primeiro degrau dessa escada. O que nos espera lá no topo é uma inteligência artificial genérica e o mais completo domínio da linguagem humana pela máquina. Quando atingirmos esse estágio, o computador exibirá uma inteligência igual ou indistinguível da de um ser humano.

Um dos mais proeminentes pesquisadores da inteligência artificial decidiu fazer um experimento para demonstrar como um computador pode aprender a aprender. Eric Horvitz, conceituado médico e cientista da computação, lidera o nosso laboratório de pesquisa em Redmond e sempre foi fascinado por máquinas capazes de perceber, aprender e raciocinar. Seu experimento consistiu em facilitar para os

visitantes a tarefa de encontrá-lo e assim liberar sua assistente humana para se encarregar de um trabalho mais importante do que a tarefa trivial de ficar o tempo todo dando instruções para andar pelo prédio. Para ir à sala de Horvitz, o visitante entra pelo saguão do piso térreo, onde uma câmera e um computador imediatamente o percebe, calcula sua direção, velocidade e distância, e faz uma projeção para se adiantar e chamar o elevador que já estará à espera desse visitante. Ao sair do elevador, um robô o cumprimenta e pergunta se ele precisa de ajuda para encontrar a sala de Eric entre os corredores labirínticos e uma miríade de outras salas. Quando o visitante chega lá, um assistente virtual já se adiantou à sua chegada, sabe que Eric está terminando um telefonema e pergunta se o visitante não preferiria esperar sentado. O sistema recebeu um treinamento básico, mas, com o tempo, aprendeu a aprender por conta própria, dispensando os programadores. Por exemplo, o sistema foi treinado para saber o que fazer se o visitante parar no saguão de entrada para atender a uma ligação ou para pegar uma caneta que caiu no chão. Ele começa a inferir, a aprender e a se programar.

Peter Lee é outro talentoso pesquisador de inteligência artificial que trabalha na Microsoft. Um dia, ele começou a refletir sobre algo que o jornalista Geoffrey Willans disse numa ocasião: “Você nunca vai ser capaz de entender um idioma enquanto não conhecer pelo menos dois”. Goethe foi ainda mais longe: “Quem desconhece línguas estrangeiras nada sabe de sua própria língua”. Aprender ou melhorar uma habilidade ou função mental pode afetar positivamente outra habilidade ou função mental. O efeito é a transferência de aprendizagem, que pode ser vista não só na inteligência humana como também na inteligência de máquina. Por exemplo, nossa equipe descobriu que, se treinássemos um computador para falar inglês, a máquina levava menos tempo para aprender espanhol ou outro idioma.

A equipe de Peter decidiu inventar um tradutor de idiomas em tempo real que rompe as barreiras linguísticas, possibilitando que cem

peessoas falem em nove idiomas ou troquem mensagens em 50 idiomas. O resultado foi uma enorme fonte de inspiração. Trabalhadores do mundo todo podem se conectar por Skype ou simplesmente falar ao celular e se entender instantaneamente. Um chinês pode apresentar um plano de vendas e de marketing em sua língua nativa e seus colegas de equipe, espalhados pelo mundo, podem ver ou ouvir o que é dito em suas respectivas línguas nativas.

Um colega, Steve Clayton, me contou uma história que mostra como essa tecnologia tem ajudado sua família multicultural. Ele disse que, assim que viu uma demonstração, soube que seus filhos pequenos, falantes do inglês, teriam, pela primeira vez, a oportunidade de conversar ao vivo com os parentes chineses.

No futuro, muitas outras pessoas e entidades usarão as nossas ferramentas para expandir o tradutor para outros idiomas. Uma empresa da área da saúde, por exemplo, pode criar versões em inglês ou espanhol especializadas no jargão médico. Uma ferramenta de inteligência artificial poderia ser usada para observar e ouvir os profissionais de saúde falando e, após um período de observação, gerar automaticamente um novo modelo para criar uma versão específica para a área médica. Uma tribo ameríndia pode preservar seu idioma ouvindo os mais velhos falarem. Chegaremos ao estágio mais avançado quando esses sistemas de inteligência artificial não só forem capazes de traduzir, mas também de melhorar, talvez convertendo uma conversa em ideias para aperfeiçoar o tratamento de um paciente, ou converter uma conversa em um artigo.

O santo graal da inteligência artificial será um excelente assistente pessoal capaz de nos ajudar a tirar o máximo proveito da vida, em casa e no trabalho. A Cortana, batizada em homenagem ao personagem de inteligência sintética do nosso popular videogame *Halo*, demonstra em que pé estamos hoje e como esperamos um dia oferecer um alter ego extremamente eficaz, um assistente pessoal capaz de conhecer profundamente o usuário. Ele vai conhecer nosso contexto,

nossa família, nosso trabalho. E também conhecerá o mundo. Será ilimitado. E, quanto mais for usado, mais inteligente ficará. Ele aprenderá com nossas interações com todos os nossos aplicativos e com os nossos documentos e e-mails do Office.

Hoje, a Cortana tem mais de 145 milhões de usuários por mês espalhados em 116 países. Esses clientes já fizeram 13 bilhões de perguntas e, a cada pergunta, a assistente pessoal aprende a se tornar mais útil. Eu mesmo sou um fã do recurso de monitoramento de resoluções da Cortana, que varre os meus e-mails em busca de promessas que fiz e me lembra com delicadeza quando vê que um prazo está se aproximando. Se eu digo a alguém que vou retornar com uma resposta daqui a três semanas, a Cortana fica sabendo e me lembra de cumprir a promessa.

A nossa equipe da Cortana, parte de uma divisão de pesquisa e inteligência artificial relativamente nova, trabalha em um prédio alto da Microsoft, no centro de Bellevue, com vista para os lagos e as montanhas do noroeste do Pacífico. A beleza desse entorno, aliada à missão de desvendar as fronteiras da inovação, atraiu alguns talentos incríveis, incluindo designers, linguistas, engenheiros do conhecimento e cientistas da computação.

Jon Hamaker, um dos gestores de engenharia do grupo, diz que seu objetivo é um dia ouvir os clientes dizendo: “Eu não conseguiria viver sem a Cortana... ela me salvou de novo hoje”. Ele e sua equipe passam o dia pensando em cenários que concretizariam essa missão. O que os nossos usuários fazem? Como, quando, onde e com quem eles interagem? Quais elementos poderiam criar um vínculo com o usuário? Como podemos poupar o tempo do usuário, reduzir seu estresse, ajudá-lo a enfrentar as dificuldades do dia a dia? A missão de Hamaker é coletar todos os tipos de dados, de fontes como GPS, e-mail, agenda e dados correlativos da internet, e transformá-los em conhecimento e até empatia. O nosso assistente digital pode agendar um horário para fazer perguntas para coletar dados e poder nos aju-

dar mais. O assistente pode nos ajudar em momentos de incerteza, quando estivermos em um país estrangeiro, onde a moeda e o idioma são diferentes, por exemplo.

Esses tipos de incerteza fascinam os nossos engenheiros, que se concentram em ontologias semânticas, ou seja, o estudo das inter-relações entre pessoas e entidades. O sonho desses cientistas é desenvolver um assistente virtual capaz de fazer muito mais do que simplesmente exibir o resultado de uma pesquisa. Eles sonham com o dia em que um agente digital será capaz de entender contexto e significado e usá-los para se adiantar às necessidades e aos desejos dos usuários. O assistente digital do futuro sempre vai ter uma boa resposta, às vezes até uma resposta a uma dúvida que nem sabíamos que tínhamos.

Emma Williams não é uma engenheira. Ela era uma estudiosa de literatura inglesa com foco em literatura anglo-saxônica e nórdica. Seu trabalho é pensar na inteligência emocional dos nossos produtos de inteligência artificial, incluindo a Cortana. Ela sabe que a equipe que trabalha nos assistentes virtuais tem um elevado quociente de inteligência e quer que tenhamos uma alta inteligência emocional também.

Um dia ela descobriu uma versão da Cortana em que a assistente virtual expressava raiva quando o usuário lhe fazia certas perguntas. Williams se opôs imediatamente à ideia e foi irredutível. (A lição que podemos aprender com os contos nórdicos medievais sobre vikings é que devemos evitar a pilhagem no processo de descoberta de novos recursos.) Para Williams, a Cortana deve oferecer aos usuários a promessa implícita de sempre ter um comportamento calmo, tranquilo e sereno. Em vez de se irritar, a Cortana deve identificar o estado emocional do usuário, seja qual for, e reagir de acordo. A equipe ajustou a Cortana de acordo com as instruções de Williams.

Se essa jornada em direção a um assistente virtual com inteligência artificial tiver 1 milhão de quilômetros, só percorremos os primeiros desses quilômetros. Mas esses primeiros passos constituem

uma enorme fonte de inspiração quando pensamos no que o futuro nos reserva.

David Heckerman é um renomado cientista que passou 30 anos trabalhando com inteligência artificial. Anos atrás, ele criou um dos primeiros filtros de spam eficazes ao descobrir um ponto fraco dos adversários (os spammers que entopem nossa caixa postal com lixo eletrônico) e frustrar suas tentativas. Hoje, a equipe que ele montou na Microsoft desenvolve algoritmos de aprendizado de máquina voltados a identificar e explorar pontos fracos de doenças como aids, gripe e o câncer. O HIV, o vírus que causa a aids, passa por rápidas e amplas mutações no corpo humano, mas essas mutações são pontuadas por algumas restrições. Os avançados algoritmos de aprendizado de máquina que criamos descobriram quais seções de proteínas do HIV são absolutamente essenciais para a sobrevivência do vírus, de modo que uma vacina pode ser criada para atacar essas seções. Utilizando dados clínicos, a equipe pode simular mutações e identificar alvos. Eles também estão trabalhando no sequenciamento do genoma de um tumor cancerígeno e identificando os melhores alvos para serem atacados pelo sistema imunológico.

Se o potencial desse trabalho com a inteligência artificial já é de tirar o fôlego, o potencial da computação quântica vai ainda mais longe.



A cidade de Santa Barbara, na Califórnia, fica mais perto de Hollywood do que do Vale do Silício. O campus universitário da cidade, informal e de frente para o mar, é um inesperado centro de desenvolvimento da computação quântica, o futuro do nosso setor. Sua

proximidade com Hollywood vem bem a calhar, já que um roteiro de cinema pode ser um guia melhor para a física e a mecânica quântica do que um livro universitário. Como já dizia a série *Além da imaginação*, de Rod Serling: “Você está entrando em outra dimensão. Uma dimensão não só da visão e do som, mas também da mente. Uma jornada para um território fantástico cujo único limite é o limite da sua imaginação. Já podemos ver a placa. Sua próxima parada: além da imaginação”.

Não é fácil definir a computação quântica. Nascida na década de 1980, ela alavanca determinadas propriedades físicas quânticas de átomos ou núcleos que lhe possibilitam trabalhar juntos como bits quânticos, ou *qubits*, para atuar como o processador e a memória de um computador. Ao interagir uns com os outros isolados do nosso ambiente, os qubits são capazes de fazer determinados cálculos com muito mais rapidez do que os computadores convencionais.

A fotossíntese, a migração de aves e até a consciência humana são estudadas como processos quânticos. No mundo da computação clássica de hoje, o nosso cérebro pensa e os nossos pensamentos são digitados ou falados em um computador que nos dá o feedback numa tela. No mundo quântico, alguns pesquisadores especulam que não haverá barreiras entre nosso cérebro e a computação. É um futuro ainda muito distante, mas será que um dia a consciência vai poder se fundir com a computação?

“Se não ficou profundamente chocado com a mecânica quântica, você ainda não sacou a ideia”, disse Niels Bohr, o físico dinamarquês ganhador do Prêmio Nobel. Richard Feynman, um vencedor posterior do Prêmio Nobel, propôs a ideia da *computação* quântica, lançando a corrida para explorar a mecânica quântica aplicada à computação. As instituições que estão competindo para mobilizar a computação quântica são a Microsoft, a Intel, o Google e a IBM, bem como startups como a D-Wave e até governos que contam com enormes verbas para a defesa nacional. A espe-

rança é que a computação quântica revolucione os fatores físicos da computação.

É claro que, se fosse fácil criar um computador quântico, alguém já teria conseguido realizar essa façanha. Enquanto a computação clássica se restringe a seu código binário e às leis da física, a computação quântica leva todos os tipos de cálculo (matemáticos, científicos e de engenharia) do mundo linear dos bits ao universo multidimensional dos qubits. Em vez de se limitar a ser simplesmente 1 ou 0, como os bits clássicos, os qubits podem ser todas as combinações (uma superposição), o que possibilita muitas computações ao mesmo tempo. Com isso, entramos num mundo no qual muitos cálculos paralelos podem ser feitos simultaneamente. Com um bom algoritmo quântico, o resultado, de acordo com um dos nossos cientistas, “é um grande massacre no qual todas ou a maioria das respostas erradas são canceladas”.

A computação quântica não só é mais rápida do que a computação convencional como sua carga de trabalho obedece a outra lei de escala, contornando os preceitos da Lei de Moore. Segundo a Lei de Moore, formulada por Gordon Moore, o fundador da Intel, o número de transistores no circuito integrado de um dispositivo dobra aproximadamente a cada dois anos. Alguns dos primeiros computadores tinham cerca de 13 mil transistores, enquanto o Xbox One que você usa para jogar games contém 5 bilhões. Nos últimos anos, porém, a Intel tem relatado que a velocidade do avanço diminuiu, criando uma enorme demanda por maneiras alternativas de fornecer um processamento cada vez mais rápido para sustentar os avanços da inteligência artificial. As soluções criadas até o momento são aceleradores criativos, como fazendas de unidades de processamento gráfico (GPU, na sigla em inglês), chips de unidades de processamento de tensor (TPU, na sigla em inglês) e arranjos de portas programáveis em campo (FPGA, na sigla em inglês) na nuvem. Mas todos nós sonhamos criar um computador quântico.

Hoje, temos uma necessidade urgente de resolver problemas que os computadores clássicos levariam séculos, mas que poderiam ser resolvidos por um computador quântico em poucos minutos ou horas. Por exemplo, a velocidade e a precisão com as quais a computação quântica é capaz de decodificar até a criptografia mais complexa são espantosas. Um computador clássico levaria 1 bilhão de anos para decodificar a criptografia RSA-2048 de hoje, mas um computador quântico é capaz de fazer a mesma tarefa em cerca de cem segundos, ou menos de dois minutos. Por sorte, a computação quântica também revolucionará a criptografia da computação clássica, levando a uma computação cada vez mais segura.

Para chegar lá, precisaremos de três avanços científicos e de engenharia. O avanço matemático no qual estamos trabalhando é o qubit topológico. O avanço em supercondutores do qual precisamos é um processo de fabricação capaz de produzir milhares de qubits topológicos extremamente confiáveis e estáveis. O avanço da ciência da computação do qual precisamos são novos métodos computacionais para programar o computador quântico.

Na Microsoft, nosso pessoal e nossos parceiros estão trabalhando neste exato momento para resolver questões da física teórica e experimental e questões matemáticas e da ciência da computação que um dia farão da computação quântica uma realidade. O centro de toda essa atividade é a Estação Q, no Departamento de Física Teórica da Universidade da Califórnia em Santa Barbara. A Estação Q foi concebida por Michael Freedman, agraciado com o mais importante prêmio de matemática do mundo, a Medalha Fields, no congresso da União Internacional de Matemática em 1986, aos 36 anos. Depois disso, ele entrou na Microsoft Research. Em Santa Barbara, Freedman reuniu alguns dos maiores talentos do mundo na área da computação quântica: físicos teóricos cujos cálculos são usados para fundamentar o trabalho de físicos experi-

mentais que, por sua vez, exploram essas conjecturas teóricas para montar experimentos que poderão ser usados por engenheiros elétricos e desenvolvedores de aplicativos para levar a computação quântica ao mercado.

□ □ □

Um dia, pouco depois do meio-dia na Estação Q, dois físicos teóricos comem tacos e atazanam um físico experimental com perguntas sobre suas últimas descobertas. Discutem os avanços de uma investigação focada num recanto complexo do mundo da matemática e da física conhecido como férmions (ou partículas) de Majorana, os quais prometem ser o tipo de supercondutor do qual precisamos para criar um computador quântico estável. A luz do sol se reflete no Oceano Pacífico, iluminando as incontáveis equações que eles rabiscaram nos quadros-negros que circundam a sala de reunião.

É esse tipo de colaboração intensa e em tempo real que levará aos avanços revolucionários dos quais precisamos. Craig Mundie, o visionário ex-diretor de tecnologia da Microsoft, criou a nossa iniciativa de computação quântica anos atrás, mas o processo acadêmico era repleto de obstáculos. Um físico teórico publica uma ideia. Um físico experimental testa essa teoria e publica os resultados. Quando o experimento fracassa ou produz resultados abaixo do ideal, o teórico critica a metodologia do experimento e ajusta a teoria original. E o processo todo recomeça do zero.

Hoje em dia, a demanda pela computação quântica acelerou a corrida pelas descobertas e a única maneira de cruzar primeiro a linha de chegada é reduzindo o tempo entre a teoria, o experimento e a criação. A busca por um computador quântico tornou-se uma espécie de corrida armamentista. Diante da necessidade de avançar com

mais rapidez, aumentar nossa eficiência e intensificar nossa orientação para resultados, definimos um prazo para a meta de criar um computador quântico capaz de realizar uma tarefa útil, uma tarefa que os computadores clássicos são incapazes de fazer e que exigirá milhares de qubits. Para chegar lá, estamos promovendo maior colaboração no âmbito da empresa. Reunimos alguns dos melhores estudiosos do mundo e pedimos que trabalhem juntos, em pé de igualdade, e resolvam os problemas em colaboração com a mente aberta e uma postura de humildade. Quando sugerimos que cientistas experimentais e teóricos trabalhassem em estreita colaboração no Skype para lapidar as ideias e criar testes juntos, essa prática otimizou muito o processo.

Até agora, registramos mais de 30 patentes, mas ainda estamos longe da linha de chegada. Embora a corrida para a nuvem, a inteligência artificial e a realidade mista estejam chamando muita atenção, a corrida pela computação quântica tem passado em geral despercebida, em parte por sua complexidade e por todo o sigilo ao redor dessa tecnologia.

Uma das aplicações da computação quântica será melhorar a capacidade da inteligência artificial de entender a linguagem humana e resumi-la com precisão. E a computação quântica vai poder salvar vidas por meio de incríveis avanços médicos. Por exemplo, a computação clássica tem se mostrado incapaz de resolver o problema computacional de desenvolver uma vacina para eliminar o vírus do HIV, já que a capa protetora do HIV é extremamente variável e passa por constantes mutações. Por isso, ainda estamos a décadas de distância de conseguir criar uma vacina contra o HIV. Com um computador quântico, seria possível lidar com o problema de uma nova maneira.

O mesmo pode ser dito de diversas outras áreas nas quais a tecnologia está “empacada”, como supercondutores de alta temperatura, produção de fertilizantes para otimizar a utilização da energia, teoria das cordas, entre outras. Um computador quântico possibilitaria uma nova abordagem para os problemas mais complexos da humanidade.

A cientista da computação Krysta Svore está no centro da nossa missão de resolver problemas usando um computador quântico. Krysta obteve seu doutorado pela Universidade Columbia, especializando-se em tolerância a falhas e computação quântica escalável, e passou um ano no MIT trabalhando com um cientista experimental no design do software necessário para controlar um computador quântico. Sua equipe está projetando uma exótica arquitetura de software, partindo do pressuposto de que nossos especialistas em matemática, física e supercondutores serão capazes de criar um computador quântico. Para priorizar os problemas que o software vai precisar resolver, ela convidou químicos quânticos do mundo todo para apresentar seu trabalho e participar de sessões de brainstorming.

Um problema se destacou. Milhões de pessoas ao redor do mundo passam fome devido à produção ou à distribuição inadequada de alimentos. Um dos maiores problemas da produção de alimentos é a necessidade de usar fertilizantes, que podem ser custosos e inclusive exaurir nossos recursos ambientais. A produção de fertilizantes requer retirar nitrogênio da atmosfera e convertê-lo em amônia, o que possibilita a decomposição de bactérias e fungos. Esse processo químico, conhecido como síntese de Haber-Bosch, continua inalterado desde que Fritz Haber e Carl Bosch o designaram em 1910. O problema é tão grande e complexo que os cientistas simplesmente nunca conseguiram propor uma solução melhor. Um computador quântico, em parceria com um computador clássico, contudo, poderia realizar enormes experimentos para encontrar um novo catalisador artificial capaz de imitar o processo bacteriano e reduzir a quantidade de gás metano e a energia necessária para produzir fertilizantes, reduzindo a ameaça ao ambiente.

A Microsoft adotou uma abordagem à computação quântica completamente diferente das dos demais concorrentes no setor. O inimigo da computação quântica é o “ruído” (ou seja, interferências eletrônicas como raios cósmicos, trovões e até o celular do seu

vizinho), que é muito difícil de contornar e é uma das razões pelas quais a maioria das tecnologias quânticas funciona em temperaturas extremamente baixas. Com base no trabalho original de Michael Freedman, nossa equipe da Estação Q desenvolveu uma abordagem de computação quântica topológica (TQC, na sigla em inglês) com colaboradores do mundo todo. A computação quântica topológica reduz a sobrecarga de recursos quânticos em duas a três ordens de grandeza, em relação a outras abordagens. Esse tipo de qubit topológico é naturalmente menos propenso a erro do que as outras abordagens por ser mais impermeável ao ruído. Embora essa abordagem requeira descobertas em novas áreas da física, os benefícios potenciais são incríveis.

Não pense que um dia um computador quântico terá a forma de um novo PC autônomo e super-rápido que você vai poder instalar na sua mesa de trabalho. Um computador quântico funcionará como um coprocessador, recebendo instruções e dados de uma série de processadores clássicos. Será um dispositivo híbrido que funcionará na nuvem e acelerará cálculos extremamente complexos que ainda nem podemos imaginar. Nosso assistente de inteligência artificial, agindo em nosso nome, poderá resolver um problema que envolve a checagem de 1 bilhão de gráficos, usando um computador quântico capaz de escanear esse bilhão de possibilidades e retornar instantaneamente com apenas um punhado de escolhas.

O desenvolvimento experimental dos qubits progrediu ao ponto de produzir uma tecnologia escalável de qubits. Podemos esperar, nos próximos anos, o desenvolvimento de pequenos computadores quânticos. Isso permitirá a criação dos primeiros aplicativos usando algoritmos quânticos breves que resolverão determinados problemas com mais eficácia do que os computadores clássicos. E, o que é ainda mais importante, quando tivermos um computador quântico, poderemos acelerar o desenvolvimento de “qubits lógicos” mais longos e computadores quânticos maiores e mais robustos.

A arquitetura de hardware quântico que será capaz de gerar produção em escala exigirá que cientistas da computação, físicos, matemáticos e engenheiros trabalhem em colaboração para superar os obstáculos à computação quântica universal. Na Microsoft, estamos apostando que a computação quântica fará com que a inteligência artificial seja ainda mais inteligente e a realidade mista, uma experiência ainda mais imersiva.