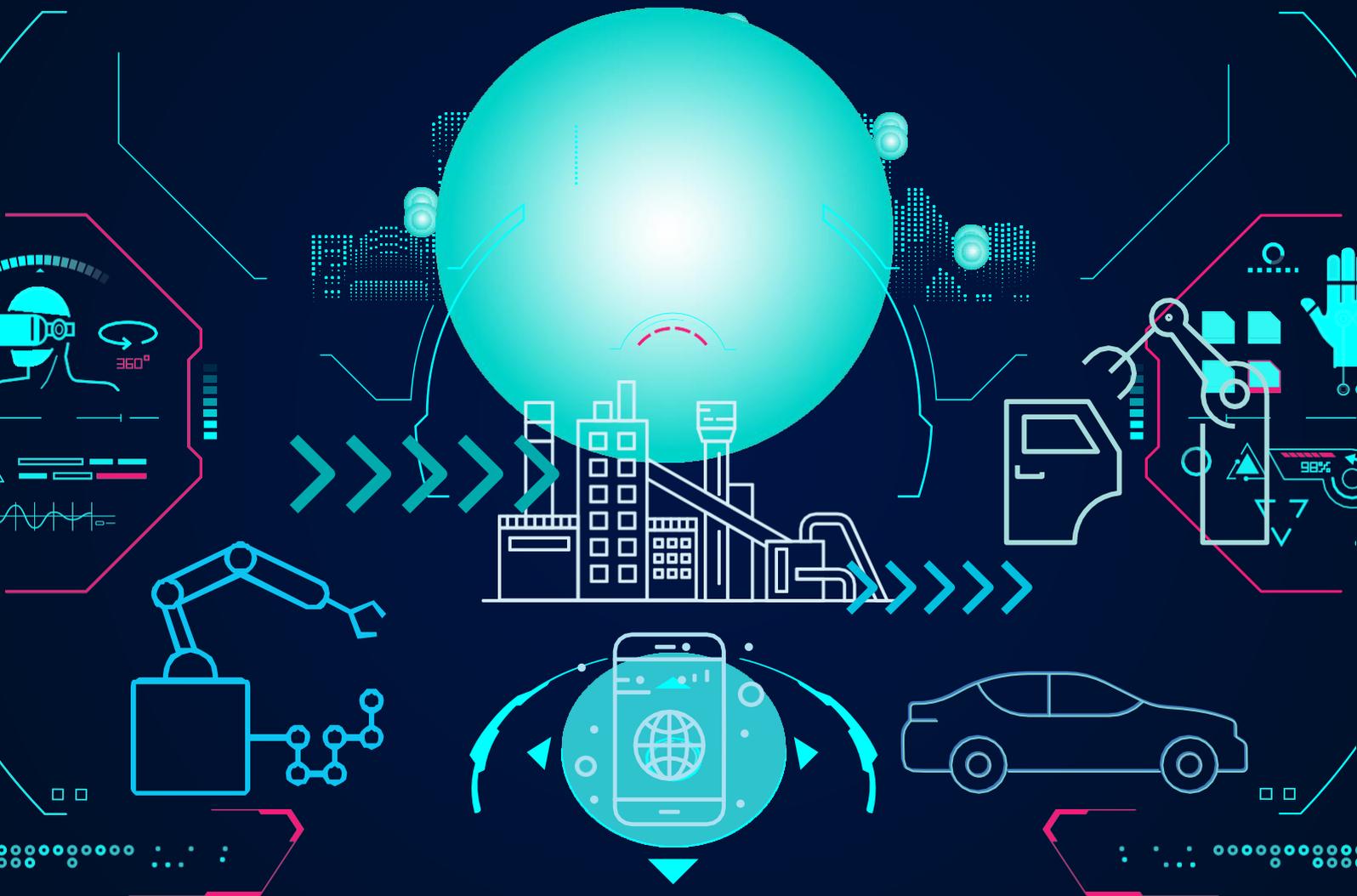


O metaverso industrial emergente



Prefácio

“O metaverso industrial emergente” é um relatório do MIT Technology Review Insights patrocinado pela Siemens. O relatório foi produzido por meio de entrevistas com tecnólogos, analistas do setor e acadêmicos de todo o mundo, conduzidas em setembro e outubro de 2022. Ele examina o surgimento do metaverso industrial, seus casos de uso e futuros desafios e oportunidades, e os impactos que terá sobre as empresas e para a vida diária. Cindy Waxer foi a autora deste relatório, Teresa Elsey a editora e Nicola Crepaldi a encarregada da publicação. A pesquisa é independente editorialmente e as opiniões expressas são as do MIT Technology Review Insights.

Gostaríamos de agradecer às seguintes pessoas por seu tempo e ideias:

Veronika Bienert, Chief Executive Officer, Siemens Financial Services

Ian Fisher, Head of Product Management Visualization, Siemens Digital Industries Software

Michael Grieves, Executive Director and Chief Scientist, Digital Twin Institute

Annika Hauptvogel, Head of Technology and Innovation Management, Siemens

Stefan Kögl, General Manager, Siemensstadt Square

Selim Köklü, Digitalization Lead, Siemens Mobility Turnkey

Danny Lange, Senior Vice President, Artificial Intelligence, Unity Technologies

Kevin O'Donovan, Co-Chair, VR/AR Association, Industrial Metaverse & Digital Twin Committee

Hemdat Sagi, Chief Strategy and Business Development Officer, Konnect Volkswagen Group

Leslie Shannon, Head of Trend and Innovation Scouting, Nokia

Landry Signe, Executive Director and Professor, Thunderbird School of Global Management, and Senior Fellow, Brookings Institution

Matthias Ziegler, Managing Director, Technology Innovation, Accenture

CONTEÚDO

01	Sumário executivo.....	5
02	O próximo capítulo da indústria: O metaverso	8
03	O metaverso industrial em ação: Casos de uso.....	10
04	Blocos de construção do metaverso industrial: O gêmeo digital.....	12
05	Experiência transformadora: Impacto e valor do metaverso	15
	Experimentando e melhorando o ambiente humano	15
	Habilitando o local de trabalho do futuro	16
	Em busca da sustentabilidade	16
06	Habilitando o metaverso industrial emergente	18
07	Conclusão: Cultivando futuros virtuais	20
	Não se isole	20
	Defina objetivos claros.....	20
	Empodere as pessoas para desenvolver o metaverso industrial	21
	Construa parcerias e ecossistemas robustos	21

Prefácio

Hoje, nossas vidas e nosso futuro estão sendo moldados por algumas megatendências poderosas. Precisamos proteger os alicerces da nossa civilização, reduzir as emissões e diminuir o consumo de recursos preciosos – ao mesmo tempo em que possibilitamos novas oportunidades para uma população mundial crescente e um viver melhor em cidades e

metrópoles cada vez maiores. Isso cria um desafio paradoxal: Devemos literalmente criar mais, usando menos recursos. E devemos fazer isso enquanto a ordem política e econômica mundial está passando por uma enorme mudança.

Felizmente, outra megatendência pode nos ajudar a enfrentar e moldar esses desafios: a digitalização. E, tendo em vista o futuro da nossa economia e sociedade, isso significa, sobretudo, o metaverso industrial.

Embora muitas pessoas associem o termo “metaverso” a um mundo virtual colorido para entretenimento e compras, o metaverso industrial tem o potencial de revolucionar o mundo real de uma forma que poucas tecnologias conseguem. Neste mundo digital, máquinas, fábricas, prédios, cidades, veículos e sistemas de tráfego inteiros podem ser espelhados e simulados, permitindo testes virtuais que economizam recursos. O metaverso industrial ajudará a desenvolver produtos sustentáveis, bem como fábricas, edifícios e cidades mais eficientes e sustentáveis. Possibilitará a democratização da engenharia, permitindo que todos possam inovar sem temer riscos ou altos custos adicionais.

Ao mesclar gêmeos digitais com suas contrapartes do mundo real, as empresas podem otimizar a produção e os processos em um ciclo de feedback contínuo. Essa convergência dos mundos digital e real mudará a forma como trabalhamos e colaboramos, permitindo a interação em tempo real com outras pessoas e máquinas, assim como no mundo real.

Este relatório explora a fundo o metaverso industrial, explicando como ele emergirá como uma evolução e convergência das tecnologias atuais, como gêmeos digitais, inteligência artificial, computação na nuvem e computação de borda Computing. O relatório descreve os desafios e as decisões que as sociedades e as empresas enfrentam para tornar essa visão em realidade e criar um metaverso industrial verdadeiramente sustentável e aberto. Interoperabilidade e ecossistemas robustos são cruciais para a construção do metaverso industrial, assim como são para a digitalização bem-sucedida atualmente.

Embora este relatório não afirme ter todas as respostas sobre como navegar com sucesso no caminho para o metaverso industrial, ele oferece orientações valiosas sobre como empresas e sociedades podem iniciar sua jornada para o futuro. É um importante ponto de partida para novas conversas sobre o assunto, pois estamos apenas no início de um desenvolvimento que pode transformar completamente nosso cotidiano. Neste sentido, este relatório é antes de tudo um convite para debater sobre como podemos construir juntos esse futuro.

Peter Körte, Chief Technology & Strategy Officer, Siemens



Sumário executivo



O metaverso industrial - um setor do metaverso que espelha e simula máquinas reais, fábricas, cidades, redes de transporte e outros sistemas altamente complexos - oferecerá a seus participantes representações e simulações totalmente imersivas, em tempo real, interativas, persistentes e síncronas do mundo real.

As tecnologias existentes e em desenvolvimento, incluindo gêmeos digitais, inteligência artificial e aprendizado de máquina, realidade estendida, blockchain e computação em nuvem e computação de borda serão os blocos de construção do metaverso industrial. Estes convergirão para criar uma poderosa interface entre o mundo real e o digital que é maior do que a soma de suas partes individuais.

Annika Hauptvogel, head de gerenciamento de tecnologia e inovação da Siemens, descreve o metaverso industrial como “imersivo, fazendo com que os usuários se sintam como se estivessem em um ambiente real e colaborativo em tempo real; aberto o suficiente para que diferentes aplicativos interajam perfeitamente e com a confiança dos

indivíduos e empresas que participam” — muito mais do que simplesmente um mundo digital.

O metaverso industrial revolucionará a forma como o trabalho é feito, mas também revelará um novo valor significativo para os negócios e as sociedades. Ao permitir que as empresas modelem, façam protótipos e testem dezenas, centenas ou milhões de iterações de projeto em tempo real e em um ambiente imersivo baseado em física antes de comprometer recursos físicos e humanos em um projeto, as ferramentas de metaverso industrial darão início a uma nova era para resolver problemas do mundo real digitalmente.

“O mundo real é muito confuso, barulhento e às vezes difícil de realmente entender”, disse Danny Lange, vice-presidente sênior de inteligência artificial da Unity Technologies, uma importante plataforma para criação e crescimento de conteúdo 3-D em tempo real. “A ideia do metaverso industrial é criar uma conexão mais limpa entre o mundo real e o mundo virtual, porque o mundo virtual é muito mais fácil e barato de se trabalhar.”

Setores do metaverso

Embora o metaverso seja frequentemente representado como um mundo digital único e abrangente, ele pode ser dividido em três setores distintos, o metaverso industrial, o metaverso empresarial e o metaverso do consumidor. O ritmo em que cada um desses setores evoluirá é incerto, mas todas as análises projetam um rápido crescimento para o metaverso industrial e suas tecnologias facilitadoras nesta década.

Industrial

Máquinas, fábricas, redes de transporte e outros sistemas complexos simulados, permitindo a resolução de problemas do mundo real na indústria e na manufatura.

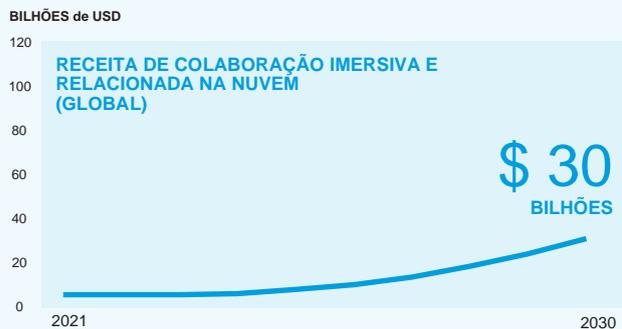


PROJEÇÕES DE MERCADO (PESQUISA DA ABI)



Empresarial

Tecnologias que permitem uma colaboração empresarial imersiva, incluindo ferramentas de produtividade e espaços de trabalho virtual.

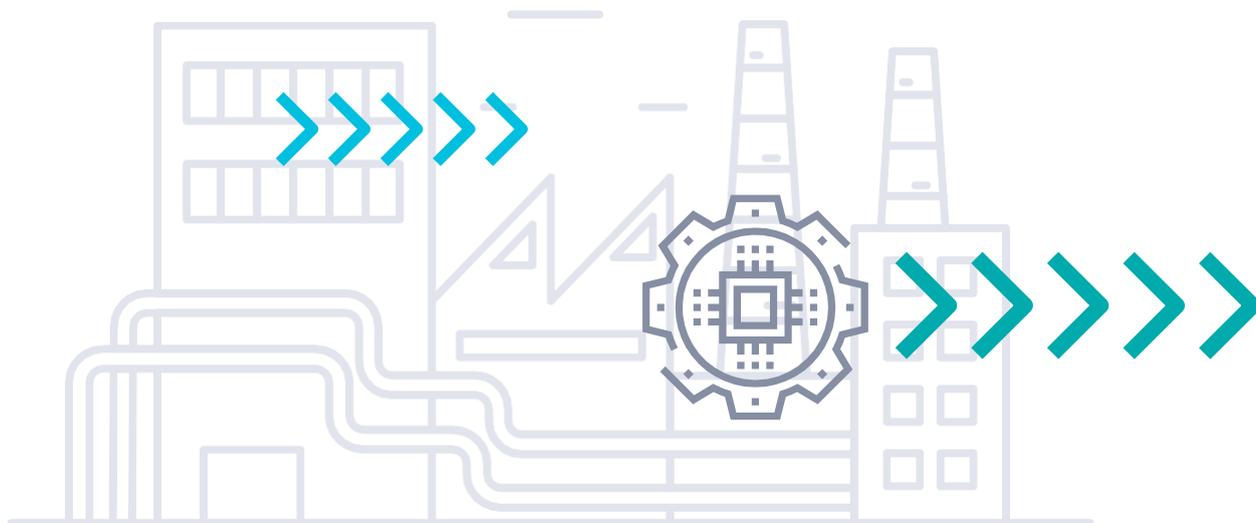


Consumidor

Mundos digitais e espaços imersivos para compras, jogos, convívio social e diversão.



Fonte: Compilado pelo MIT Technology Review Insights, incluindo dados da pesquisa [VentureBeat and ABI Research](#), de 2022.



Embora os aplicativos da vida real do metaverso do consumidor ainda estejam em desenvolvimento, os casos de uso do metaverso industrial são direcionados a propósitos específicos, bem alinhados com os problemas do mundo real e são imperativos empresariais.

A eficiência de recursos possibilitada pelas soluções do metaverso industrial pode aumentar a competitividade dos negócios e, ao mesmo tempo, impulsionar continuamente o progresso em direção às metas de sustentabilidade, resiliência, descarbonização e desmaterialização que são essenciais para o desenvolvimento humano.

Este relatório explora o que será necessário para criar o metaverso industrial, seus possíveis impactos nos negócios e na sociedade, os desafios futuros e casos de uso inovadores que moldarão o futuro. As principais descobertas nesse relatório são as seguintes:

- **O metaverso industrial reunirá os mundos digital e real.** Ele permitirá uma troca constante de informações, dados e decisões e capacitará as indústrias a resolver problemas do mundo real extraordinariamente complexos de forma digital, mudando a forma como as organizações operam e oferecerá benefícios sociais significativos.
- **O gêmeo digital é um bloco de construção central do metaverso.** Esses modelos virtuais simulam objetos do mundo real em detalhes. A próxima geração de gêmeos digitais será fotorrealista, baseada em física, habilitada para IA e vinculada a ecossistemas de metaverso.

- **O metaverso industrial transformará todos os setores.** Os gêmeos digitais existentes atualmente ilustram o poder e o potencial do metaverso industrial para revolucionar o projeto e a engenharia, os testes, as operações e o treinamento.

- **A vida cotidiana será radicalmente alterada.** O metaverso industrial mudará a forma como poderemos experimentar o ambiente físico e como trabalharemos, viveremos, fabricaremos bens e viajaremos. Isso nos ajudará a resolver problemas reais e tornar nosso mundo mais sustentável.

- **Os principais recursos e ecossistemas que permitirão o metaverso ainda estão surgindo.** Isso inclui conectividade, poder de computação, fidelidade dos gêmeos digitais, interoperabilidade, privacidade e segurança. Mercados, sistemas de pagamento e estruturas regulatórias para ferramentas e aplicativos em metaverso terão que ser projetados e construídos.

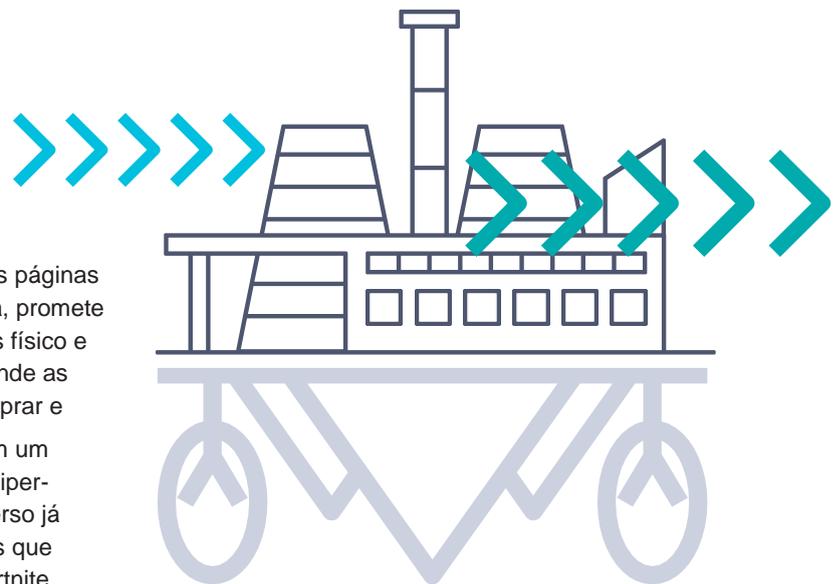
- **Parcerias serão essenciais.** Dar vida ao metaverso industrial exigirá uma colaboração substancial entre os setores em termos de normas e infraestrutura. As organizações podem fazer parcerias com fornecedores, concorrentes ou clientes para montar as complexas pilhas de tecnologia que sustentam a participação no metaverso. Os participantes do metaverso, que variam de empresas estabelecidas a startups e de governos a entusiastas individuais, trarão novas ideias e vozes ao metaverso industrial.

O próximo capítulo da indústria: O metaverso

O metaverso, como se arrancado das páginas de um romance de ficção científica, promete mudar a fronteira entre os espaços físico e digital, criando um mundo digital onde as pessoas podem se encontrar, comprar e

vender mercadorias e participar de eventos em um biológico e digital. ambiente hiper-imersivo e hiper-personalizado. Alguns aspectos desse metaverso já existem - pensem nas legiões de adolescentes que atravessam mundos digitais no videogame Fortnite. Outros ainda vivem na província da imaginação – Landry Signe, diretor executivo e professor da Thunderbird School of Global Management e membro sênior do Brookings Institution, menciona “uma rede de mundos virtuais interconectados usando uma plataforma tridimensional. Os seres humanos irão interagir com o conteúdo digital e uns com os outros para formar um ecossistema, em uma fusão de tecnologia que confunde a fronteira entre os mundos físico, biológico e digital.

Entretanto, indiscutivelmente o maior potencial para esses espaços imersivos e interativos está no metaverso industrial. Uma integração de tecnologias existentes – incluindo simulações de alta fidelidade, realidade estendida, inteligência artificial, aprendizado de máquina, Internet das Coisas, blockchain, nuvem e 5G/6G – com aquelas que estão sendo desenvolvidas, o metaverso industrial oferecerá realismo totalmente imersivo em tempo real e representações síncronas do mundo real.



"Os seres humanos irão interagir com o conteúdo digital e uns com os outros para formar um ecossistema, em uma fusão de tecnologia que confunde a fronteira entre os mundos físico, biológico e digital."

Landry Signe, Diretor Executivo do Thunderbird School of Global Management

“Da mesma forma que a revolução dos telefones celulares mudou a forma como consumimos mídia, o metaverso mudará a forma como interagimos com o mundo real e virtual.”

Hemdat Sagi, Diretor de Estratégia e Desenvolvimento de Negócios do Konnect Volkswagen Group

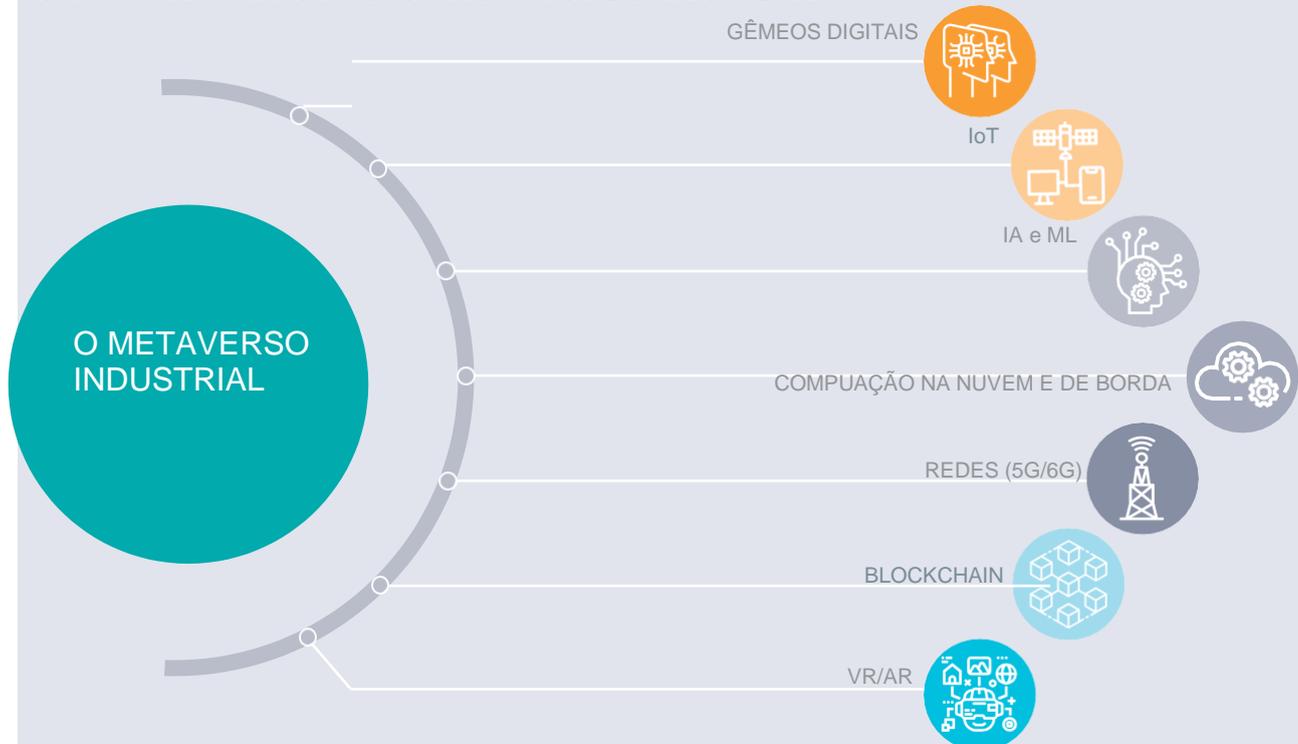
Os analistas definem o escopo desse mercado emergente de maneira diferente, porém todos projetam um investimento em rápido crescimento na tecnologia de gêmeos digitais, um elemento-chave e fundamental do metaverso. O mercado global de gêmeos digitais foi estimado em 6,5 bilhões de USD em 2021 e deve chegar a 125,7 bilhões de USD até 2030, de acordo com a Allied Market Research.¹ O Grupo Gartner oferece uma projeção semelhante, esperando que o mercado de gêmeos digitais cresça até 183 bilhões de USD por volta de 2031² e observa que o investimento da VC em startups de gêmeos digitais aumentou 20% entre 2020 e 2021³

De muitas maneiras, o metaverso industrial anuncia o próximo passo em uma jornada de décadas em direção à digitalização industrial, ou para a Indústria 4.0 – a 4ª

revolução industrial, na qual sistemas baseados em física, orientados por dados e autônomos são integrados em todas as instalações de produção e incorporados em processos-chave, para maior velocidade e agilidade.

“Da mesma forma que a revolução do telefone celular mudou a forma como consumimos mídia, o metaverso mudará a forma como interagimos com o mundo real e virtual”, disse Hemdat Sagi, diretor de estratégia e desenvolvimento de negócios do Konnect Volkswagen Group Innovation Hub, de Tel Aviv. “Em nível industrial, isso permitirá mais flexibilidade para integrar novas tecnologias e inovações.”

A evolução e a convergência de tecnologias-chave habilitarão o metaverso industrial



Fonte: Compilado pelo MIT Technology Review Insights, 2023.

O metaverso industrial em ação: Casos de uso



O metaverso industrial transformará significativamente o mercado altamente competitivo atual. Ao espelhar e simular máquinas, fábricas, cidades e outros sistemas complexos reais no mundo digital, o metaverso capacitará os setores, do automotivo ao hospitalar, a resolver problemas do mundo real extraordinariamente complexos de forma digital.

Essa nova fase de digitalização permitirá sensores virtuais que preveem falhas de equipamentos, caminhões autônomos que melhoram a logística, robôs colaborativos que aumentam a produtividade e otimizações sofisticadas da cadeia de suprimentos. Seu alcance se estenderá muito além do desenvolvimento de produtos e manutenção de máquinas para facilitar a colaboração das partes interessadas de qualquer lugar e criar novos insights para o projeto e a fabricação de produtos. “Você pode encontrar um caso de uso em qualquer lugar do ciclo de vida industrial e torná-lo melhor com o metaverso industrial”, diz Ian Fisher, Head de visualização de gerenciamento de produtos da Siemens Digital Industries Software.

Há uma impressionante variedade de áreas de aplicação para o metaverso industrial surgindo. Muitos dos novos recursos habilitados serão relevantes para uma ampla variedade de setores, desde manufatura e transporte até concessionárias de serviços públicos e desenvolvimento urbano. Aqui estão apenas alguns exemplos de casos de uso de metaverso para a indústria:

Projeto e engenharia aprimorados: Os membros da equipe de diferentes departamentos, locais e até setores poderão interagir com clientes, projetar novos produtos e obter insights em tempo real em um ambiente colaborativo, sem a necessidade de viagens demoradas, caras e com uso intensivo de recursos ou desenvolvimentos de múltiplos protótipos físicos. Além disso, o metaverso industrial nivela o campo de atuação ao permitir que equipes distribuídas entre as disciplinas contribuam igualmente para um projeto, permitindo que todos se tornem inovadores sem os riscos e custos associados aos contratemplos do mundo real.

Testes e validações mais extensos: Ao combinar ambientes fotorrealistas com simulações multifísicas, as indústrias podem testar uma ampla variedade de cenários diversos enquanto treinam e habilitam sistemas autônomos por meio de aprendizado de máquina e dados sintéticos.

“Você pode encontrar um caso de uso em qualquer ponto do ciclo de vida industrial e torná-lo melhor com o metaverso industrial.”

Ian Fisher, Head de Product Management Visualization da Siemens Digital Industries Software

Isso pode resultar em desenvolvimento mais rápido de um novo produto, um projeto mais eficiente de novas instalações ou uma integração antecipada dos princípios da economia circular nos projetos.

Comissionamento virtual: O uso de um modelo virtual de um sistema de manufatura pode criar resiliência, ajudando a detectar e corrigir erros iniciais de projeto e no software sem interromper as linhas de produção em andamento ou desperdiçar recursos físicos.

Operações aprimoradas: Ao simular uma fábrica ou outro local de trabalho, os membros da equipe podem coletar dados em um mundo digital – informações que podem ser usadas para dar suporte a uma ampla variedade de casos de uso habilitados para IA, como planejamento de fábrica virtual, robôs autônomos, manutenção preditiva e análise de dados extensivos (o chamado Big Data). Além disso, as representações imersivas em tempo real darão suporte aos funcionários da linha de frente e melhorarão a eficiência de suas operações no mundo real.

Acesso a talentos e treinamento: No mercado de trabalho apertado atual, as organizações não podem perder talentos devido à falta de acesso a treinamento e desenvolvimento de carreiras. A boa notícia é que “as oportunidades oferecidas pelo metaverso para melhorar as habilidades e fornecer treinamento são únicas”, disse Signe. Isso porque o metaverso pode oferecer aos funcionários acesso remoto a habilidades especializadas e módulos de treinamento virtual, independentemente de sua localização física. No futuro, essas tecnologias podem ajudar a diminuir a escassez de mão de obra em uma sociedade em envelhecimento.

No metaverso industrial, os gêmeos digitais da próxima geração representarão tudo, desde fábricas inteiras e redes de transporte até cidades em crescimento e sistemas humanos altamente complexos.

Ao interconectar os mundos físico e digital, o metaverso industrial não apenas mudará a forma como as organizações operam e os funcionários trabalham, mas também revelará benefícios significativos para a sociedade de forma a impulsionar a sustentabilidade e melhorar a vida humana.

Cronologia das revoluções industriais

Primeira revolução industrial de 1760

A transição do trabalho humano ou animal para o acionamento a vapor para aplicações como teares elétricos, máquinas de tecelagem navios a vapor e locomotivas

A transição para a eletrificação e mecanização, que aumentou a produtividade e a conectividade por meio de tecnologias como linha de montagem, ferrovia elétrica e telégrafo

Segunda revolução industrial de 1880

Terceira revolução industrial de 1947

A transição para a computação, a automação e a digitalização, com o advento do transistor, do circuito integrado, da computação doméstica e da internet.

A transição para usos imersivos e incorporados da tecnologia, possibilitados pela internet, dados e IA, e conexões físico-digitais via IoT e gêmeos digitais.

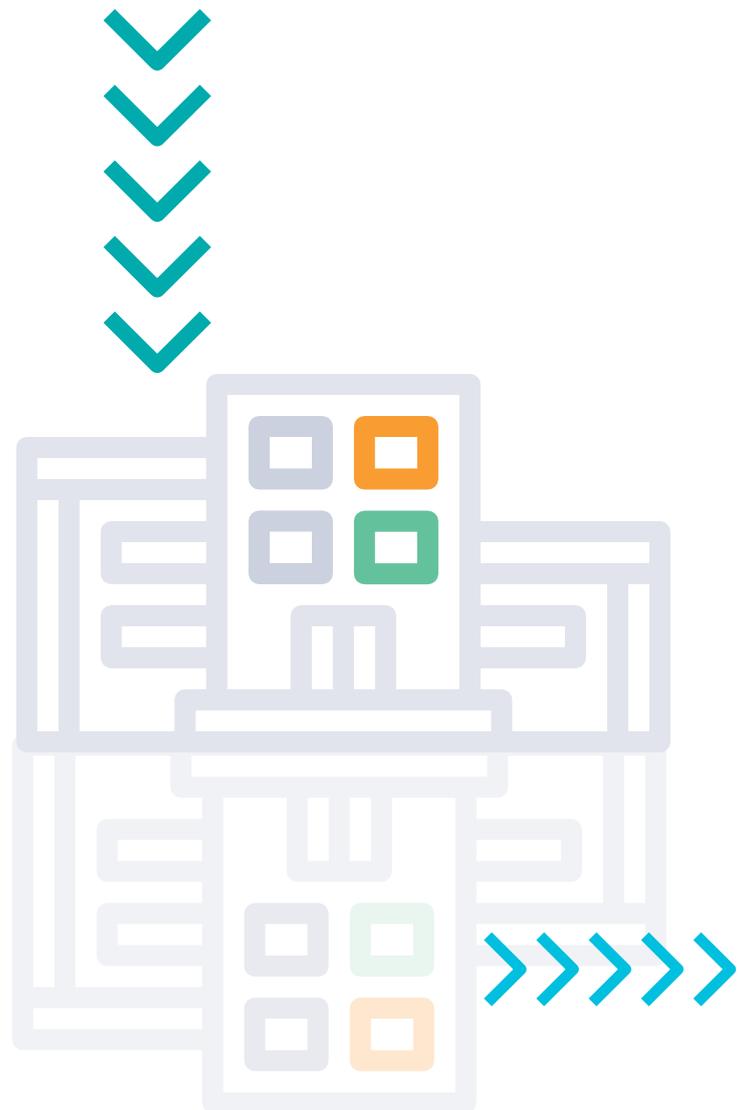
Quarta revolução industrial de 2000 em diante

Blocos de construção do metaverso industrial: O gêmeo digital

O gêmeo digital estará no coração do metaverso industrial – um modelo virtual projetado para refletir com precisão um objeto do mundo real. Um gêmeo digital integra todos os dados sobre um objeto físico em todo o ciclo de vida desse objeto. Na verdade, os gêmeos digitais podem simular objetos com detalhes tão precisos que imitam cada aspecto de um objeto como se fosse real.

E, enquanto as bases do metaverso industrial ainda estão sendo lançadas, os gêmeos digitais já estão mudando a forma como o trabalho é feito. A Siemens, por exemplo, usou a tecnologia de gêmeo digital para planejar e simular a construção de uma fábrica de 73.000 metros quadrados em Nanjing, na China.

Ao combinar dados de fábrica, dados de linha de produção, dados de desempenho e informações da edificação, a Siemens foi capaz de testar e validar o desempenho e a eficiência da instalação antes de colocar um único tijolo. O gêmeo digital agora é usado para otimizar a produção da fábrica: A nova fábrica apresenta produtividade até 20% maior do que as fábricas convencionais, flexibilidade de volume de fabricação até 30% maior e eficiência de espaço até 40% maior.



“Construir uma versão digital de um objeto físico é, na verdade, apenas o começo.”

Danny Lange, vice-presidente sênior de inteligência artificial, da Unity Technologies

O veículo espacial da NASA em Marte, o *Perseverance*, é outro produto da tecnologia de gêmeos digitais. Antes de lançar o veículo de exploração espacial na atmosfera de Marte a mais de 12.000 milhas por hora, a NASA criou um veículo gêmeo digital e o usou para detectar quaisquer problemas com seu projeto conceitual e antecipar problemas que poderiam impedir o rover de pousar com segurança em Marte.

Apesar de todas as vantagens de construir um gêmeo digital que se comporte exatamente como o objeto físico, ainda há espaço para inovação. “Construir uma versão digital de um objeto físico é, na verdade, apenas o começo”, disse Lange.

Os gêmeos digitais permitirão que as equipes examinem cenários hipotéticos e executem simulações para gerar insights mais detalhados e granulares para casos de uso mais sofisticados. Veículos autônomos podem ser treinados em ambientes fotorrealistas simulados e, durante a operação, coletar dados do mundo real para melhorar seu modelo de treinamento inicial.

Lange oferece o exemplo hipotético de um veículo autônomo que “alimenta continuamente os dados do sensor de volta para um gêmeo digital, enquanto o gêmeo digital constantemente analisa, aprende e melhora a partir desses dados e alimenta atualizações de volta ao mundo físico”.

Outro avanço na tecnologia de gêmeos digitais será a criação de gêmeos digitais rápidos, fotorrealistas e baseados em física. Isso fornecerá uma experiência mais imersiva para os participantes e fornecerá feedback em tempo real em suas interações com ativos digitais ou outros participantes. Ao trabalhar em um mundo digital que parece real, os participantes terão a confiança necessária para tomar decisões rápidas.

E, finalmente, ao vincular vários gêmeos digitais em um único ambiente, as empresas construirão a espinha dorsal do metaverso industrial. A Capgemini apelidou essa próxima fase, de colaboração entre pessoas, gêmeos digitais e ambientes simulados, de “Internet dos Gêmeos”⁴. Essa interconexão de dezenas de gêmeos digitais permitirá que as empresas simulem as complexas relações entre diferentes objetos, preenchendo assim a lacuna entre o mundo digital e o físico – e criando o metaverso industrial no processo.

Mercado global de gêmeos digitais deve crescer

Duas empresas de pesquisa projetam um crescimento intenso no mercado de gêmeos digitais nesta década.



Fonte: Compilado pelo MIT Technology Review Insights, com base em dados da [Allied Market Research](#) e da [Markets and Markets](#), 2022.

Gêmeos digitais reduzem custos e prazos

McKinsey estima que gêmeos digitais podem permitir



Aplicações de gêmeos digitais

Os estudos de caso da Siemens sobre gêmeos digitais em uso demonstram o potencial de combinar o mundo real e o digital.



A MÁQUINA A Heller é uma importante produtora de máquinas CNC que recorreu à tecnologia de gêmeos digitais executáveis para melhorar ainda mais a eficiência em suas máquinas.

Eles precisavam de uma solução para identificar possíveis desalinhamentos das ferramentas que fossem compatíveis com seus locais existentes”, explicou Hauptvogel, “e o Gêmeo Digital executável da Siemens poderia fornecer isto”. Com essa solução, a Heller conseguiu detectar poucos desalinhamentos de 20 micrón em menos de 400 milissegundos, sem a necessidade de hardware adicional. Isso permite que a Heller melhore drasticamente a eficiência do seu trocador automático de ferramentas e limite as vibrações na máquina.



A FERROVIA A Siemens Mobility está criando um gêmeo digital para a construção de uma rede ferroviária de alta velocidade de 2.000 quilômetros no Egito, possibilitada pela integração de dados de ponta a ponta em todo o projeto. Até 300 funcionários do projeto usarão este gêmeo digital. “Isso os orientará, por exemplo, a identificar e rastrear o impacto de mudanças técnicas, monitorar a implementação e automatizar relatórios, o que ajudará a revelar erros antes que eles tenham impacto no projeto”, disse Selim Köklü, líder de digitalização da Siemens Mobility Turnkey. No futuro, as previsões suportadas por IA simuladas no gêmeo digital podem fornecer perspectivas adicionais para o controle do projeto.



A LINHA DE PRODUÇÃO A Unilever, um fabricante global de produtos de cuidados pessoais, precisa frequentemente testar e produzir novas garrafas para produtos novos ou atualizados – muitas vezes com designs variados para diferentes mercados. Mudar as linhas de produção para acomodar esses novos projetos, no entanto, é demorado e caro, especialmente ao testar pequenos lotes. Ao empregar gêmeos digitais dos novos produtos e máquinas, a Unilever pode identificar rapidamente as modificações necessárias nas peças e fabricá-las por meio de impressão 3-D em poucas horas. Isso agilizou significativamente o processo, reduzindo o tempo de lançamento do produto de nove para cinco meses, ao mesmo tempo em que reduziu os gastos de capital em 70%.



A PAISAGEM DA CIDADE Dnvolvido com a Siemens para a Expo 2020 em Dubai, o app Smart City foi projetado para monitorar e operar o local digitalizado e em rede da Dubai Expo, que abrange mais de 130 edificações. O app é baseado em um gêmeo digital alimentado com dados em tempo real. O app Smart City coletou, monitorou, correlacionou e analisou dados sobre energia, consumo de água e qualidade do ar, por exemplo, de sensores em mais de 200.000 pontos de dados, tornando os dados acessíveis em tempo real. Os usuários do app também puderam caminhar virtualmente pelo piso da exposição e visitar as áreas conectadas em uma experiência de AR/VR.

Experiência transformadora: Impacto e valor do metaverso



É claro que o metaverso industrial irá remodelar a economia. Assim como a internet, ela também transformará fundamentalmente a experiência cotidiana das pessoas em todo o mundo. Espera-se que o metaverso industrial tenha um impacto significativo em como vivenciamos o ambiente físico, como trabalhamos e como nossas atividades impactam o planeta.

Experimentar e melhorar o ambiente humano

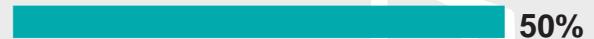
Em 2022, o Google Maps introduziu o Immersive View, um recurso que integra bilhões de visualizações de ruas e imagens aéreas para criar um gêmeo visual digital do mundo. Usando avanços em visão computacional e inteligência artificial, o Immersive View fornece aos usuários uma visão multidimensional de uma área, como uma cidade ou ponto de referência popular, junto com detalhes críticos, incluindo atualizações meteorológicas e de trânsito, alterando a experiência dos usuários do mundo físico.

Os avanços no metaverso industrial afetarão até as ruas por onde andamos e os serviços públicos dos quais dependemos. O projeto de desenvolvimento da Siemensstadt Square em Berlim, por exemplo, aspira converter uma área industrial fechada de 76 hectares em um distrito urbano futurista e neutro em termos de carbono até 2030. Para monitorar e otimizar seu desenvolvimento e operações, um ecossistema único de gêmeos digitais coleta e combina dados estáticos e dinâmicos sobre seus espaços abertos, edifícios, infraestrutura, energia e transporte.

Construindo sustentabilidade

Gêmeos digitais podem ser usados para...

REDUZIR AS EMISSÕES DE UM EDIFÍCIO EM



MELHORAR A EFICIÊNCIA OPERACIONAL DE UM EDIFÍCIO EM



AUMENTAR A PRODUTIVIDADE HUMANA NESSES EDIFÍCIOS EM



Fonte: Compilado pelo MIT Technology Review Insights, com base em dados da EY, 2022. "O metaverso: poderia criar um edifício de mundo virtual mais sustentável?"

Integrar ainda mais os gêmeos digitais de um distrito em um metaverso imersivo tornará esses dados mais acessíveis intuitivamente para os usuários, criando um ambiente colaborativo que estende o espaço físico como o conhecemos. "Os modelos de dados são a base necessária para enfrentar os desafios ecológicos e econômicos das cidades, tanto agora quanto no futuro", disse Stefan Kögl, gerente geral da Siemensstadt Square. "Os gêmeos digitais são a espinha dorsal para conseguir isso e, ao mesmo tempo, o metaverso tornará essa multiplicidade de dados sobrepostos transparente e utilizável em tempo real. Isso nos oferecerá uma colaboração estendida além dos limites espaciais que nem podemos imaginar atualmente."

Habilitando o local de trabalho do futuro

Casos de uso futuros do metaverso podem transformar a experiência do cliente. Sagi descreve uma época em que “os clientes poderão escolher e comprar um carro visitando um showroom virtual”, concluindo suas compras, o test-drive, a seleção de opcionais e do financiamento sem sair de casa.

Entretanto, além das concessionárias virtuais de automóveis, o local de trabalho também será transformado pelo metaverso. A pandemia da covid-19 precipitou uma grande mudança na forma como os funcionários trabalham, popularizando a conferência via internet e convertendo os moradores de cubículos de escritórios em trabalhadores remotos. Entretanto, disse Fisher, a questão permanece: “Como você consegue que as pessoas trabalhem juntas virtualmente para que possam ter experiências imersivas reais sem ter que viajar?” Ele menciona: “Essa será uma das principais mudanças que veremos no metaverso – pessoas trabalhando muito mais juntas, mas sem necessariamente precisar viajar”.

Além disso, o metaverso industrial aumentará os tipos de trabalho que podem ser feitos de qualquer lugar, dissociando ainda mais o emprego da geografia e criando a possibilidade de “trabalhar em casa” para ocupações que atualmente exigem interação pessoal ou infraestrutura física. Ao mesmo tempo, o metaverso industrial mudará o cálculo para as empresas decidirem onde construir novas instalações.

A segurança no local de trabalho também será fundamentalmente alterada: Imagine treinar engenheiros sobre como manter máquinas perigosas ou ajudar uma equipe de campo a solucionar problemas potencialmente fatais em um mundo digital seguro e imersivo. A detecção de perigos potenciais, de incêndio ou ferimentos, por exemplo, também é mais intuitiva quando você pode realmente ver e experimentar o ambiente.

O metaverso também será um campo de testes para a experimentação:

“As informações são uma substituição para o desperdício de recursos físicos”.

Michael Grieves, Diretor Executivo e Cientista Chefe, do Digital Twin Institute

“As empresas precisam mostrar que podem realmente fazer algo com segurança antes de colocar aquela empilhadeira no depósito ou colocar aquele veículo autônomo na estrada”, disse Lange. “Você pode fazer isto realmente no metaverso? Há vários usuários nesse espaço que estão simulando esses cenários e tentando ver se eles podem realmente realizar seu trabalho em um mundo digital.”

Matthias Ziegler, diretor administrativo de inovação tecnológica da Accenture, disse que a capacidade desses mundos digitais de capturar a natureza pessoal das interações físicas terá um grande impacto. “Se você está se movendo em uma sala e pode ouvir uma pessoa perto de você e saber se ela está atrás de você ou na sua frente, isso cria uma experiência muito mais imersiva que dá aos humanos as pistas de que precisam para desenvolver confiança e interagir mais naturalmente uns com os outros em um ambiente virtual”, afirmou ele.

Em busca da sustentabilidade

Um metaverso energeticamente eficiente alimentado por fontes renováveis terá o potencial de ajudar a acelerar a transição para a sustentabilidade, capacitando as empresas a aproveitar o poder dos dados.

Os gêmeos digitais podem tornar os projetos de construção muito mais eficientes em termos de recursos, tanto durante o processo de construção quanto durante toda a vida útil do edifício. Ao coletar dados gerados em um mundo digital e fazer alterações estruturais no gêmeo digital de uma fábrica, com base nessas informações, por exemplo, uma organização pode economizar recursos e materiais, minimizando o impacto ambiental de um local antes mesmo do início da construção. Além disso, os fabricantes podem integrar dados entre engenharia, manufatura e serviços em tempo real para tornar as operações mais eficientes e sustentáveis.

“A informação é um substituto para o desperdício de recursos físicos”, disse Michael Grieves, diretor executivo e cientista-chefe do Digital Twin Institute. Os mundos digitais podem orientar as pessoas no uso otimizado de recursos físicos e também catalisar mudanças adicionais em direção à desmaterialização, substituindo produtos anteriormente físicos por objetos ou serviços digitais.

Os consumidores podem aumentar suas próprias contribuições para a sustentabilidade testando e validando os produtos e serviços que desejam comprar em um mundo digital – ou substituindo-os totalmente por equivalentes digitais. “Antes de comprarem algo, eles podem conferir e ver se realmente vai funcionar para eles”, diz Lange. “Como sociedade, seremos muito mais eficientes e haverá menos desperdício.”



Um impacto-chave: permitir a sustentabilidade

As estatísticas são surpreendentes: Espera-se que a população mundial aumente de 8 bilhões atualmente para mais de 9 bilhões em 2050, com demandas crescentes por energia, água limpa e outros recursos.⁵ Para promover o desenvolvimento humano no futuro, a forma como vivemos terá que mudar.

A indústria é um dos principais contribuintes para nossa produção atual de emissões de carbono e resíduos e, ao tornar os processos industriais mais eficientes, o metaverso pode desempenhar um papel importante na criação de um mundo mais sustentável. Baseando-se em dados infinitamente disponíveis, em vez de combustíveis fósseis e recursos naturais, o metaverso industrial também pode ajudar a acelerar a transição para emissão líquida zero e maior eficiência dos recursos.

O poder de computação que alimenta as tecnologias do metaverso, no entanto, requer ela mesma, quantidades significativas de energia. Garantir o atendimento dessa demanda de forma sustentável é um desafio que não pode ser ignorado ou subestimado, e os participantes do ecossistema terão que ser totalmente transparentes sobre sua contabilidade de energia para provar seu impacto.

Aqui estão algumas maneiras pelas quais o metaverso industrial pode apoiar a sustentabilidade:

- O metaverso industrial **poderia ajudar na transição para um menor uso de materiais não recicláveis e prejudiciais ao meio ambiente** reduzindo o desperdício físico na construção e na produção industrial. Ele também tem o potencial de incentivar uma mudança substancial em direção a modelos de negócios que substituam a produção e o gerenciamento do ciclo de vida de objetos físicos com serviços e ativos digitais.
- A experimentação é um precursor da inovação, entretanto pode ser cara e gerar desperdícios. Em um mundo digital, no entanto, **as organizações podem experimentar novos materiais e processos sem usar nenhum recurso físico**. Isso pode ser aplicado à própria sustentabilidade, com novas ideias para biomateriais, turbinas eólicas mais eficientes e veículos elétricos colocados no mercado com mais velocidade e facilidade para maior sustentabilidade. Novos produtos também podem ser desenvolvidos desde o início de forma a considerar todo o seu ciclo de vida e incentivar o reuso e o reaproveitamento.
- É imperativo mudar nossas fontes de energia de combustíveis fósseis para eletricidade verde. O metaverso industrial **pode ser um facilitador importante para reduzir a demanda por alguns dos usos de energia mais intensivos com efeito estufa (GEE)**, como transporte e aquecimento/resfriamento, e de forma mais eficiente organizar o transporte, aumentar a eficiência energética dos edifícios, e otimizar processos industriais.
- Os gêmeos digitais **podem oferecer suporte a tomadas de decisão mais inteligentes e rápidas na vida real**, permitindo a otimização de processos para reduzir custos. Esses processos simplificados – e a capacidade de ajustá-los continuamente com base em feedback em tempo real – resultarão em reduções substanciais no desperdício de energia e dos recursos físicos.

O potencial do metaverso industrial para ajudar a humanidade a resolver o problema da sustentabilidade é grande. Um estudo da Accenture descobriu que, com sua sofisticação tecnológica atual, os gêmeos digitais poderiam economizar cerca de 7,5 gigatoneladas de CO₂ em todo o mundo durante 10 anos.⁶



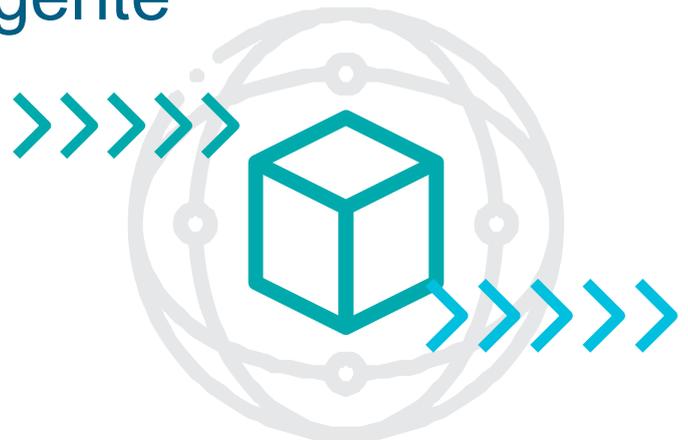
Habilitando o metaverso industrial emergente

Embora os blocos de construção sejam evidentes e já demonstrem seu valor, os principais recursos necessários para tornar o metaverso industrial verdadeiramente imersivo, persistente e capaz de fornecer feedback em tempo real ainda estão surgindo.

Conectividade: Hauptvogel diz que, para se tornar uma entidade coerente que leva a interação e a colaboração da Internet das Coisas para o próximo patamar, o metaverso industrial precisa não apenas do hardware e software adequados, mas também do tecido conectivo correto.

Hauptvogel disse que os principais componentes do metaverso incluem “um gêmeo digital, inteligência artificial e dados reais para transferir para uma aplicação virtual”. Ela acrescentou: “Você também precisa de soluções de conectividade, como 5G ou 6G. A computação de borda também é necessária, assim como a blockchain, porque precisa ser um ambiente seguro. Todas essas tecnologias existem – a parte complicada é realmente reuni-las e conectá-las.”

Poder de computação: Outro desafio é adquirir a infraestrutura de computação necessária para alimentar experiências imersivas em tempo real. “Você precisa de uma quantidade enorme de capacidade de computação” para suportar o metaverso industrial, disse Grieves. Felizmente, ele observa, “estão surgindo grandes aumentos nas capacidades que nos permitirão ter um tremendo poder de computação.”



Quando trabalhei no primeiro supercomputador, ele tinha 25 megaflops de capacidade. O Oak Ridge National Lab instalou recentemente um supercomputador com 40 bilhões de vezes essa capacidade de processamento – o mundo está mudando drasticamente.”

Fidelidade do gêmeo digital: As indústrias também devem encontrar maneiras de criar e validar modelos de altíssima fidelidade. Para ter recursos preditivos confiáveis, os gêmeos digitais devem se comportar exatamente como suas contrapartes do mundo real: “Acertar toda a nossa física corretamente é uma grande façanha”, disse Grieves. As organizações também devem capturar totalmente os dados que envolvem a contraparte física do seu gêmeo digital, incorporando informações do mundo real em tempo real. Köklü acrescenta: “Um modelo 3-D que parece realmente bom e abrangente não é um gêmeo digital. Trata-se dos dados por trás disso - se houver um equipamento de infraestrutura, você quer saber qual é o seu número de série? Qual é a sua função? Como ele está conectado a outros ativos? Quais processos dependem dele? Porque, caso contrário, são apenas renderizações de marketing para um catálogo.”

“Todas essas tecnologias existem – a parte complicada é conseguir reuni-las e conectá-las.”

Annika Hauptvogel, Head de Tecnologia e Gestão de Inovação da Siemens

Interoperabilidade: Para que as empresas construam e cultivem o metaverso industrial, elas precisarão de soluções abertas e interoperáveis que permitam colaboração contínua, em tempo real e simultânea. Isso requer, entre outras coisas, APIs abertas, formatos de dados compatíveis e protocolos, como o atual conjunto de protocolos da Internet. O objetivo é integrar o metaverso industrial usando uma linguagem comum. Isso permite que os usuários conectem seus gêmeos digitais a dezenas de outros, senão centenas, com nada mais do que um processo de arrastar e soltar.

Isso não é fácil quando a maioria dos gêmeos digitais são feitos sob medida, por meio de um longo e complicado processo de projeto e desenvolvimento. Entretanto, com sistemas abertos e plataformas padrão interoperáveis, as indústrias poderão conectar seus gêmeos digitais com os gêmeos digitais dos seus parceiros e fornecedores, criando ecossistemas maiores que produzam insights mais profundos. As pequenas e médias empresas também se beneficiarão da interoperabilidade e da padronização, uma vez que estimularão o desenvolvimento de soluções do tipo plug-and-play mais baratas que podem acelerar sua participação no metaverso.

A próxima economia: O metaverso industrial também exigirá e criará novas formas de fazer negócios. "Uma das partes mais importantes do metaverso industrial é que ele é confiável para indivíduos e empresas que participam do metaverso", disse Hauptvogel. A regulamentação apropriada precisa garantir e incentivar a colaboração e a interoperabilidade, ao mesmo tempo em que aborda questões de privacidade e segurança e protege a propriedade intelectual em ativos digitais.

Como resultado, Signe adverte que "tanto os formuladores de políticas quanto os líderes empresariais devem ser muito intencionais sobre o futuro que desejam criar com o metaverso".

O processo de Blockchain pode ser um ingrediente-chave do metaverso para garantir maior segurança e privacidade. De acordo com Ziegler, as tecnologias de identidade digital blockchain podem ajudar as indústrias a entender melhor "com quem estão interagindo, seja como uma empresa que deseja vender seus serviços e produtos para um ser humano, seja nas interações entre diferentes máquinas e componentes digitais". Além disso, tokens não fungíveis (NFTs) baseados na tecnologia blockchain podem fornecer uma maneira de provar a existência, autenticidade e propriedade de conteúdo e ativos no metaverso industrial. Isso permitirá a criação de valor durante todo o ciclo de vida do ativo digital e possibilitar novos modelos de negócios, como o comércio

Um elemento-chave habilitador serão as plataformas digitais e mercados que dão às empresas de todos os tamanhos acesso a soluções abrangentes, abertas e flexíveis de metaverso. O desenvolvimento de novas ferramentas de financiamento projetadas especificamente para o mundo digital será igualmente importante. "Muitas vezes, descobrimos que a tecnologia não é o que está impedindo as empresas de se transformarem com rapidez suficiente", disse Veronika Bienert, CEO da Siemens Financial Services. "Muitas vezes, são as barreiras financeiras que impedem o progresso significativamente." Fornecer os produtos de financiamento necessários, em escala, exigirá uma combinação de know-how financeiro e tecnológico, bem como cooperação entre instituições financeiras, fabricantes de máquinas, clientes finais e parceiros de tecnologia e serviços em todo o ecossistema.

"As filosofias, a cultura e as prioridades das empresas que lideram na era do Metaverso, portanto, ajudarão a determinar se o futuro é melhor ou pior do que o nosso momento atual, em vez de apenas mais virtual ou mais remunerador."

Matthew Ball, em *O Metaverso: E como ele vai revolucionar tudo*

Conclusão: Cultivando futuros

A pesar desses desafios, não há dúvida de que o metaverso industrial está prestes a emergir. “Está na hora do metaverso decolar e realmente ter o avanço pelo qual trabalhamos nos últimos anos”, disse Ziegler.

“O metaverso industrial é simplesmente a consequência da nossa próxima fase de digitalização”, disse Kevin O’Donovan, co-presidente do Comitê de Metaverso Industrial e Gêmeos Digitais da Associação VR/AR. “Não ignore isso como apenas uma coisa da última moda”, disse ele. “Você precisa ter um plano.” À medida que as organizações reagem ao desafio, algumas recomendações ajudarão os primeiros usuários a colher os benefícios.

Não se isole

A interoperabilidade e a abertura das soluções digitais são os pré-requisitos básicos para construir e participar do metaverso industrial, mas também para uma digitalização bem-sucedida no presente. Quando as empresas tentam bloquear e isolar outras, elas apenas se fecham.

No entanto, disse Ziegler, “ainda vemos muitos cenários e abordagens em silos. Há uma falta de interfaces e interoperabilidade, até mesmo falta de normas.”

Felizmente, algumas entidades estão dando passos significativos para estabelecer normas e protocolos universais para participar no metaverso. O Metaverse Standards Forum, por exemplo, visa “promover normas de interoperabilidade para um metaverso aberto”, incentivando a colaboração entre organizações de normas e empresas.

“Já é hora do metaverso decolar e realmente ter o avanço pelo qual trabalhamos nos últimos anos.”

Matthias Ziegler, Diretor Administrativo de Inovação Tecnológica, da Accenture

O Fórum Econômico Mundial também está trabalhando para promover a colaboração entre os principais atores interessados para “construir o metaverso de uma maneira integrada e aberta”.

Embora seja um desafio, estabelecer normas abertas e garantir a interoperabilidade para o metaverso oferece às organizações uma excelente oportunidade para provocar mudanças tecnológicas e sociais significativas.

“Os formuladores de políticas têm a oportunidade única de aprender com os desenvolvimentos tecnológicos anteriores e a inovação disruptiva para criar um mundo melhor, um metaverso melhor, para criar o mundo que queremos”, disse Signe.

Defina objetivos claros

Mesmo na atual ausência de normas universais, entretanto, as organizações devem decidir como desenvolver e implementar uma estratégia clara de metaverso industrial. Isso inclui, por exemplo, investir na tecnologia subjacente, incluindo hardware de ponta, redes 5G industriais, tecnologias de gêmeos digitais e inteligência artificial e aprendizado de máquina, ou fazer parceria com um provedor de serviços ou de aplicações de metaverso.

As organizações também devem determinar uma proposta de valor ou caso de uso para suas iniciativas de metaverso industrial. Como acontece com qualquer tecnologia emergente, há muita agitação em torno do metaverso e seu potencial para revolucionar a maneira como as empresas operam e as pessoas vivem.

Ao trabalhar dentro dos limites de um objetivo claro – como minimizar o desperdício ou acelerar os ciclos de desenvolvimento de produtos – Grieves disse que as organizações podem construir “uma compreensão do que é real, do que não é real e do que é exagero” quando se trata de metaverso industrial.

Capacite as pessoas para desenvolver o metaverso industrial

As organizações também devem considerar as reações do seu pessoal à sua estratégia de metaverso. Por exemplo, advertiu Sagi, “as pessoas podem temer que seus empregos sejam tirados pelas tecnologias ou soluções que o metaverso oferece”. Em resposta, as organizações podem enfatizar como o metaverso industrial criará novas oportunidades: As pessoas não precisam ser engenheiros para trabalhar em máquinas altamente complicadas, por exemplo, e a tecnologia de realidade mista e conversas ao vivo com especialistas podem orientá-los na manutenção de sistemas complexos. Melhor ainda, o treinamento e a qualificação dos funcionários podem prepará-los para assumir novas tarefas e buscar novas carreiras no setor do metaverso.

Outra estratégia para impulsionar a aceitação do metaverso industrial é lidar com o medo do desconhecido por parte dos funcionários. “Esta é uma nova tecnologia, então há um ceticismo natural”, disse Lange. “Isso realmente vai funcionar? Você tem que convencer as pessoas a fazer as coisas de uma nova forma.”

Encontrar talentos para projetos de metaverso também envolve explorar novas fontes de trabalhadores

“As empresas devem realmente se aprofundar na comunidade de desenvolvimento de jogos para obter ajuda com o metaverso industrial”, disse Lange. “Eles já criam conteúdo 3-D para jogos. A experiência acumulada pela comunidade de desenvolvimento de jogos também pode ser aplicada a esses casos industriais. Se eu quiser animar um robô dentro do metaverso, por exemplo, os desenvolvedores de jogos já estão acostumados a fazer esse tipo de trabalho.” Os membros da equipe também terão que reunir seus conhecimentos e experiências para obter sucesso neste novo espaço. “Para criar gêmeos digitais significativos, você precisa do poder dos dados e do conhecimento de domínio”, disse Köklü. “Engenheiros de dados sentados ao lado de especialistas de domínio são essenciais, para que possam aprender uns com os outros e criar insights com impacto nos negócios.”

Construa parcerias e ecossistemas robustos

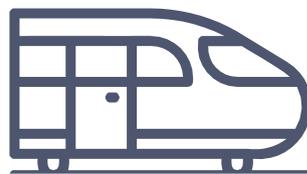
Da mesma forma, as organizações buscarão cada vez mais parceiros externos para impulsionar a inovação no metaverso. O Konnect Volkswagen Group de Tel Aviv, por exemplo, ajuda a gigante automotiva alemã a colaborar com empreendedores e startups israelenses para desenvolver veículos autônomos, eletrificação, descarbonização e tecnologias da Indústria 4.0. “Startups sabem adaptar soluções às necessidades dos clientes”, disse Sagi. “Essa é a chave para nosso sucesso.” Caso em questão: O Konnect Volkswagen Group tem explorado como a tecnologia de realidade mista pode ser usada para aplicações, incluindo fabricação, treinamento e projeto de peças em um ambiente virtual.

Leslie Shannon, chefe de pesquisa de tendências e inovação da Nokia, disse: “Estamos olhando para parcerias com múltiplos participantes daqui em diante, o que significa que um dos elementos mais importantes para participar do metaverso industrial é a agilidade nos negócios”. Ela acrescentou:



“A colaboração e a abertura serão essenciais para todas as estratégias de digitalização daqui para frente.”

Annika Hauptvogel, Head de Tecnologia e Gestão de Inovação da Siemens



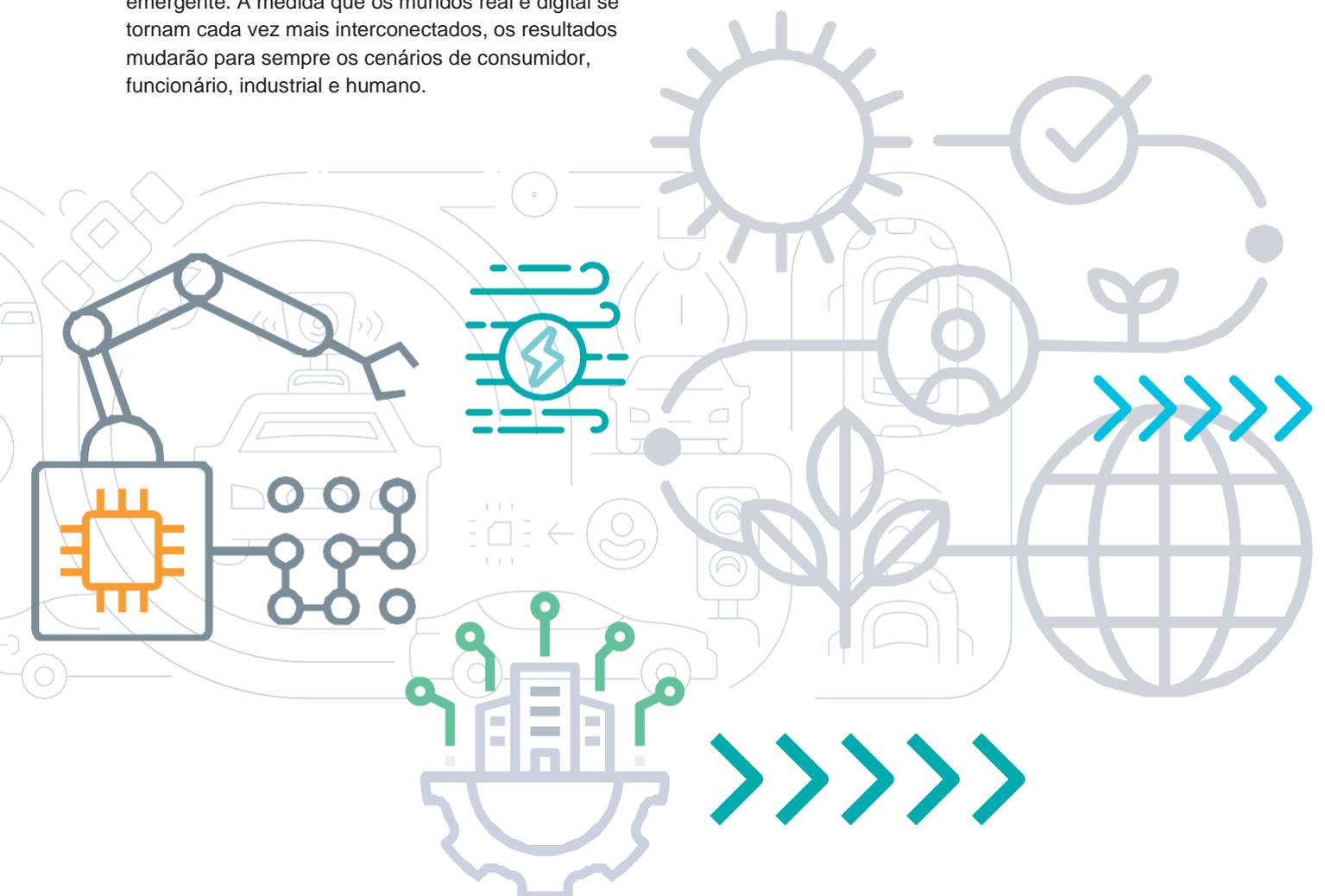
"A menos que as grandes empresas se tornem mais ágeis, elas não poderão participar efetivamente desses ecossistemas de parceria que podem criar soluções realmente poderosas."

A Siemens também vê a parceria como um elemento essencial na construção de um forte ecossistema de metaverso. "Ninguém pode fazer isso sozinho", disse Hauptvogel. "A colaboração e a abertura serão essenciais para todas as estratégias de digitalização daqui para frente." Além do projeto individual, a Siemens busca montar parcerias e ecossistemas em um nível de plataforma. A plataforma de negócios digitais Siemens Xcelerator, anunciada em julho de 2022, visa ajudar outras empresas a acessar o metaverso industrial, conectando clientes, desenvolvedores e provedores de serviços e fornecendo soluções de vários parceiros que são abertas, interoperáveis, flexíveis e mais fáceis de crescer.

Por enquanto, entretanto, as tecnologias de metaverso estão ganhando força rapidamente. As empresas podem começar a colher o potencial desses avanços hoje, reunindo o talento, as tecnologias e as estratégias necessárias para participar do metaverso industrial emergente. À medida que os mundos real e digital se tornam cada vez mais interconectados, os resultados mudarão para sempre os cenários de consumidor, funcionário, industrial e humano.

"Um dos elementos mais importantes para participar do metaverso industrial é a agilidade nos negócios. A menos que as grandes empresas se tornem mais ágeis, elas não poderão participar efetivamente desses ecossistemas de parceria que podem criar soluções realmente poderosas."

Leslie Shannon, Diretora de Pesquisa de Tendências e Inovação da Nokia



Sobre o MIT Technology Review Insights

O MIT Technology Review Insights é a divisão de publicação personalizada da *MIT Technology Review*, a revista de tecnologia mais antiga do mundo, apoiada pela principal instituição de tecnologia do mundo - produzindo eventos ao vivo e pesquisas sobre os principais desafios de tecnologia e negócios atuais. A Insights realiza pesquisas e análises qualitativas e quantitativas nos EUA e no exterior e publica uma ampla variedade de conteúdo, incluindo artigos, relatórios, infográficos, vídeos e podcasts. E, por meio de seu crescente MIT Technology Review [Insights Global Panel](#), o Insights tem acesso incomparável a executivos da alta direção, inovadores e líderes de pensamento em todo o mundo para pesquisas e entrevistas detalhadas.

Sobre a Siemens

A Siemens AG é uma empresa de tecnologia focada em avançar a espinha dorsal das economias e sociedades por meio das áreas de indústria, infraestrutura, transporte e cuidados médicos. Na Siemens, mais de 300.000 pessoas trabalham juntas para criar tecnologia com propósito e agregar valor real aos clientes: de fábricas mais eficientes em termos de recursos, cadeias de suprimentos resilientes e edifícios e redes elétricas mais inteligentes, a transportes mais limpos e confortáveis, bem como cuidados médicos avançados. Ao combinar os mundos real e digital, a Siemens capacita seus clientes a transformar suas indústrias e mercados, ajudando-os a transformar o cotidiano de bilhões de pessoas. Atualmente, a empresa oferece os recursos de gêmeos digitais mais abrangentes do setor e está trabalhando para torná-los o alicerce fundamental para um metaverso industrial imersivo, simultâneo, persistente e em tempo real.



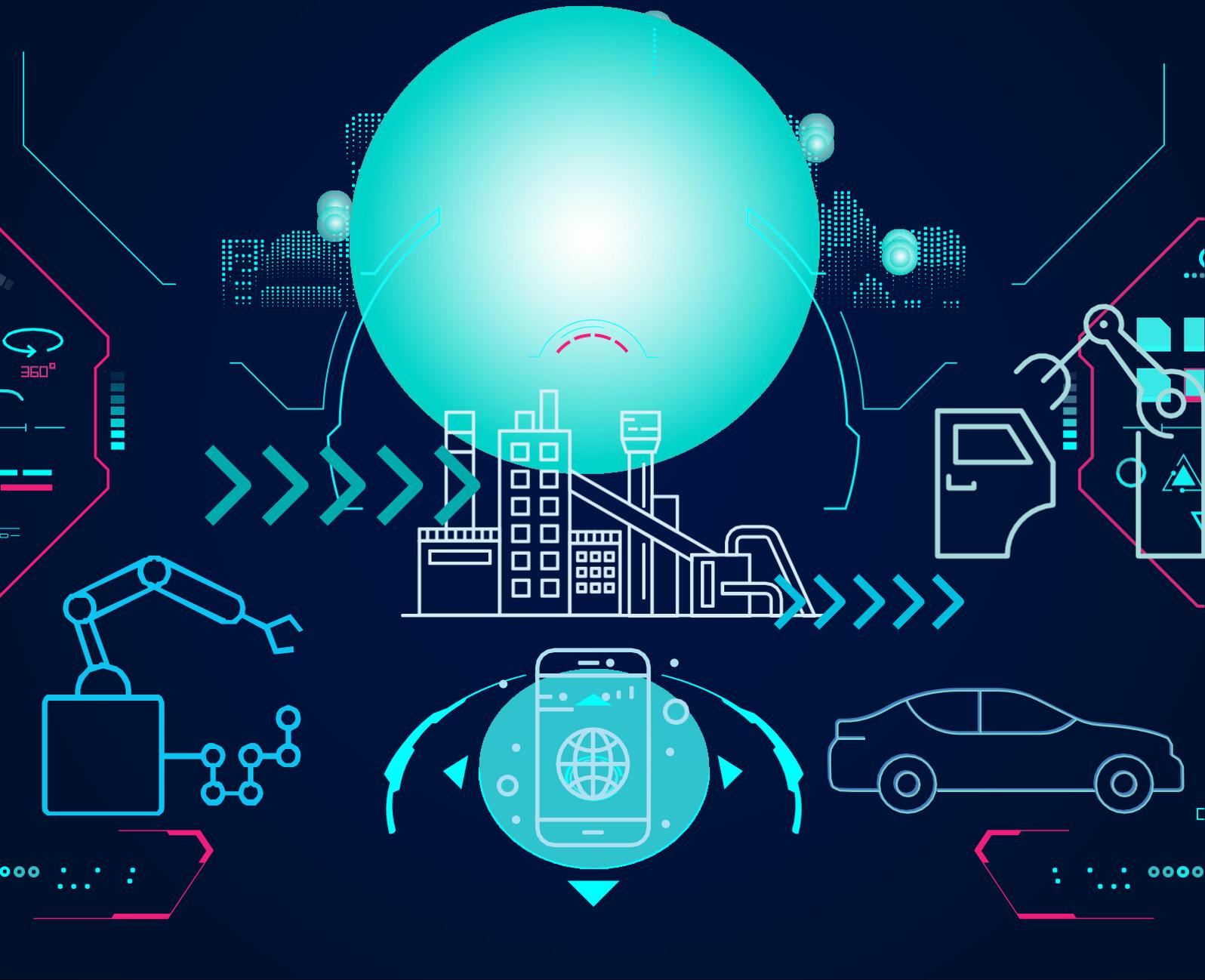
Notas de rodapé

1. j. Pankaj, M. Neha e V. Vitika, "[Mercado de Gêmeos Digitais: Análise de oportunidades globais e previsão do setor, 2021–2030](#)," Allied Market Research, julho de 2022.
2. Alfonso Velosa e Peter Middleton, "Tecnologias emergentes: Projeção de oportunidades de receita de gêmeos digitais," Gartner, Inc., 16 de fevereiro de 2022.
3. Alfonso Velosa, "Tecnologia emergente: Insights sobre crescimento de capital de risco para gêmeos digitais", Gartner, Inc., 21 de setembro de 2022.
4. Jacques Bacry, "[O que é o metaverso industrial?](#)" Capgemini, 6 de fevereiro de 2023.
5. "[Panorama de OECD Environmental para 2050: As consequências da falta de ação — Fatos e dados importantes](#)," Panorama Ambiental da OECD, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 5 de abril de 2001.
6. Simon Bentley e Tony Murdzhhev, "[Acelerando a sustentabilidade com gêmeos virtuais](#)", Accenture, 26 de janeiro de 2021.

Ilustrações

Todas as ilustrações foram montadas pela Chandra Tallman Design. Todos os ícones foram fornecidos pelo The Noun Project.

Embora todos os esforços tenham sido feitos para verificar a precisão dessas informações, o MIT Technology Review Insights não pode aceitar qualquer responsabilidade pela confiança de qualquer pessoa neste relatório ou em qualquer informação, opiniões ou conclusões apresentadas neste relatório.



MIT Technology Review Insights

www.technologyreview.com

insights@technologyreview.com