



# Aceleração centralizada:

Uma abordagem estratégica para a  
ação climática em cidades até 2030

NOVEMBRO DE 2017

### **Sobre o McKinsey Center for Business and Environment**

O McKinsey Center for Business and Environment trabalha com negócios, governos e organizações sem fins lucrativos para enfrentar algumas das questões mais importantes e urgentes do mundo acerca de recursos naturais de forma a melhorar tanto o crescimento econômico como o uso de recursos.

### **C40**

O C40 conecta mais de 90 das maiores cidades do mundo, representando mais de 650 milhões de pessoas e um terço da economia mundial. Criado e liderado por cidades, o C40 concentra-se no enfrentamento da mudança climática e na condução de ações urbanas que reduzam as emissões de gás de efeito estufa e riscos climáticos, ao mesmo tempo em que aumenta as oportunidades econômicas, de saúde, bem-estar e dos cidadãos urbanos.

# Aceleração centralizada:

Uma abordagem estratégica para a  
ação climática nas cidades até 2030

NOVEMBRO DE 2017



# CONTEÚDO

- 4 Sumário Executivo
- 14 CAPÍTULO 1  
O papel crescente das cidades na ação climática
- 18 CAPÍTULO 2  
As maiores oportunidades para a ação climática nas cidades
- 23 **2.1:** Descarbonização da rede elétrica
- 30 **2.2:** Aprimoramento do consumo energético em edifícios
- 41 **2.3:** Capacitação da mobilidade de próxima geração
- 50 **2.4:** Melhoria da gestão de resíduos
- 54 CAPÍTULO 3  
Mapas urbanos ilustrativos
- 58 CAPÍTULO 4  
Desbloqueando todo o potencial das cidades através da ação climática
- 66 Conclusão
- 69 Agradecimentos



# RESUMO EXECUTIVO



© Sven Hartmann/Eye-m/Getty Images

Atualmente, há um amplo reconhecimento na comunidade internacional de que os compromissos assumidos pelos governos nacionais no âmbito do Acordo de Paris de 2015 não podem ser alcançados sem uma ação coordenada das cidades. Felizmente, muitos prefeitos têm demonstrado um forte compromisso quanto a combater a mudança climática e uma disposição de colaborar para atingir esse objetivo. O grupo C40 de Grandes Cidades, uma rede de prefeitos de megacidades do mundo comprometidas em fazer face à mudança climática, respondeu ao Acordo de Paris publicando uma análise — *Deadline 2020 (Prazo de 2020)*<sup>1</sup> — do percurso de redução de emissões que suas cidades precisariam percorrer a fim de desempenhar seu papel na manutenção do aumento da temperatura média global em limites “seguros” (abaixo de 1,5 °C). Agora, à medida que as cidades individuais do C40 tornam seus planos climáticos mais ambiciosos em conformidade com essa meta, o relatório leva esse trabalho a um estágio mais avançado, ao analisar as maiores oportunidades para as cidades acelerarem a redução de suas emissões de carbono.

Embora as tecnologias e o conhecimento existam para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C, o desafio ainda é formidável. Com o sobrecarregamento das cidades para alcançar várias prioridades competitivas, os líderes municipais devem determinar ações críticas que possam mudar a trajetória de emissões atuais e trabalhar proativamente com seus envolvidos, para construir e investir na infraestrutura, e prover os incentivos necessários, a fim de fazer progressos significativos com relação a essas ações. Isso significa priorizar a ação em torno de iniciativas que catalisem mudanças sistêmicas. Para este relatório, o Grupo C40 de Grandes Cidades fez uma parceria com The McKinsey Center for Business and Environment (Centro McKinsey de Negócios e Meio Ambiente) para avaliar quantitativamente as maiores oportunidades de redução de emissões e o que elas significarão para diferentes tipos de cidades ao redor do mundo.

Nós começamos com as mais de 450 ações de redução de emissões identificadas no relatório *Prazo de 2020*, e priorizamos 12 oportunidades em quatro áreas de ação com maior potencial na maioria das cidades globais para reduzir as emissões e colocar as cidades no caminho dos 1,5 °C até 2030. A nossa análise recomenda que as cidades busquem uma estratégia

<sup>1</sup> *Deadline 2020: How cities will get the job done*, C40 Cities and ARUP, 2016, c40.org.

de “aceleração centralizada” dentro dessas 12 oportunidades de redução de carbono. Esta recomendação é baseada em uma abordagem de gestão comprovada de que mais progresso pode ser feito concentrando-se em um pequeno número de oportunidades de alto valor que distribuindo os esforços em centenas de ações potenciais. O sucesso exigirá que as cidades encontrem formas criativas de enfrentar os desafios operacionais, incluindo o alinhamento de envolvidos, cadeias de suprimentos, práticas de aquisição e financiamento.

Ao implementar uma abordagem de aceleração centralizada, as cidades podem alcançar de 90 a 100 por cento de suas metas de emissões para 2030, e construir o conhecimento e as capacidades básicas necessários para atingir o carbono zero líquido até 2050. Ao mesmo tempo, o investimento adicional necessário para alcançar as metas de emissões de 2030 é significativo: aproximadamente de US\$ 50 a US\$ 200 por tonelada métrica de CO<sub>2</sub> equivalente. No entanto, todas as oportunidades proporcionam um retorno positivo do investimento de médio a longo prazo, seja através de fluxo de caixa direto para investidores (por exemplo, no caso de renováveis e melhorias de eficiência) ou impulsos mais amplos para a atividade econômica na cidade (por exemplo, desenvolvimento orientado para o trânsito). Para muitas oportunidades, os investimentos iniciais são pagos dentro de cinco a dez anos.

Este sumário executivo oferece uma breve visão geral das quatro áreas de ação: energia, edifícios, mobilidade e gestão de resíduos. Uma análise subsequente de alto nível sobre como as cidades podem diferir em sua abordagem para capturar essas oportunidades serve como um prelúdio para a discussão completa no corpo do relatório.



## DESCARBONIZAÇÃO DA REDE ELÉTRICA

As cidades—e o mundo—não podem alcançar uma trajetória de 1,5 °C sem uma expansão maciça da geração de energia renovável em larga escala, conhecida como “descarbonização da rede”. Embora as cidades possam acreditar que têm pouca influência sobre a combinação de redes, na verdade, elas geralmente representam uma parcela importante dos clientes de qualquer fornecedora de eletricidade local. Logo, potencialmente dando-lhes uma alavancagem significativa para moldar o perfil de emissões da eletricidade consumida em sua área metropolitana. Mesmo assim, capturar essa oportunidade não será fácil, e as cidades não podem agir sozinhas. Os serviços de utilidade pública e reguladores devem desempenhar um papel central, assegurando que a combinação geral de renováveis seja adequadamente equilibrada em nível de sistema e que os componentes críticos, como armazenamento de energia, sejam implementados para garantir a confiabilidade da rede. No entanto, as cidades têm um papel essencial a desempenhar, estabelecendo metas claras de descarbonização, agregando a demanda por energias renováveis, promovendo a eficiência de energia e transferindo mais o consumo de energia urbana para eletricidade (especialmente em transporte e aquecimento). Por meio de aceleração centralizada e estreita colaboração entre serviços de utilidade pública e reguladores, as cidades poderiam alcançar uma combinação de 50 a 70 por cento de energias renováveis (especificamente, solar e eólica, equilibradas com outras fontes de geração de emissões zero, como hidrelétricas) até 2030, dependendo das características dos recursos locais e da estrutura de mercado e regulação. Este nível capturaria de 35 a 45 por cento das reduções de emissões totais necessárias nesse período, a um custo baixo de US\$ 40 a US\$ 80 por megawatt-hora.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Com base em propostas recentes para renováveis de grande escala.

---

Ao implementar uma abordagem de aceleração centralizada, as cidades podem alcançar de 90 a 100 por cento de suas metas de emissões para 2030, e construir o conhecimento e as capacidades básicas necessários para atingir o carbono zero líquido até 2050.

---



## APRIMORAMENTO DO CONSUMO ENERGÉTICO EM EDIFÍCIOS

Em edifícios ao redor do mundo, sistemas de aquecimento e resfriamento somam de 35 a 60 por cento da demanda total da energia e, em média, produzem quase 40 por cento das emissões. Mais uma vez, a redução do uso de energia de edifícios não será fácil, e exigirá um esforço significativamente mais focado que a maioria das cidades têm realizado atualmente. No entanto, várias décadas de testes e de histórias de sucesso sugerem que a aceleração centralizada nesse espaço pode compensar. Várias oportunidades baseadas em tecnologias amplamente disponíveis oferecem o potencial de reduzir significativamente as emissões dos edifícios. Isso inclui elevar os padrões de construção para novos edifícios, adaptar os envelopes construtivos dos prédios, atualizar a tecnologia de aquecimento e climatização e implementar melhorias de iluminação, aparelhagem e automação. Embora as cidades geralmente tenham mais influência nessa área que muitas outras, o progresso ainda exigirá que líderes urbanos trabalhem juntamente com proprietários de edifícios – residenciais e comerciais –, incorporadores imobiliários e ocupantes de edifícios. Esta área de ação é particularmente importante, pois a construção de edifícios tende a ser reorientada apenas a cada período de 30 a 50 anos, e uma avaliação equivocada travará emissões e os custos potenciais por décadas. Por outro lado, fazer tudo certo reduzirá os custos de energia — além de proporcionar espaços mais confortáveis e resilientes para viver, trabalhar e se divertir — para os residentes urbanos até 2050 e na posteridade. Uma aceleração centralizada nessa área de ação pode diminuir em 20 a 55 por cento a lacuna entre as tendências atuais de emissões e metas de redução de 2030, dependendo do clima local e do crescimento populacional da cidade, a um custo médio de US\$ 20 a US\$ 100 por tonelada métrica de CO<sub>2</sub> equivalente.



## CAPACITAÇÃO DA MOBILIDADE DE PRÓXIMA GERAÇÃO

Líderes urbanos têm agora acesso a uma gama de opções de mobilidade sem precedentes. Várias tendências consolidantes de mobilidade e planejamento do uso da terra já estão transformando a experiência de locomoção nas cidades. A chave para reduzir as emissões por meio dessas tendências é garantir que todos os residentes tenham acesso a uma variedade de opções de mobilidade que sejam atraentes, acessíveis e de baixo teor de carbono. O desenvolvimento de comunidades completas e compactas que satisfaçam as necessidades de mobilidade de residentes e empresas é fundamental para construir cidades mais fortes e possibilitar a mobilidade de próxima geração. O desenvolvimento orientado para o trânsito implementado nos dias de hoje promove a densificação inteligente através de um melhor planejamento do uso da terra, estabelece as bases para mais transportes multimodais e emissões reduzidas de carbono em longo prazo. Iniciativas para incentivar a caminhada e o ciclismo dentro



dos padrões de uso da terra existentes nas cidades, bem como o aprimoramento direcionado do trânsito de massa, tal como a introdução do BRT nas principais artérias, podem coletivamente começar a reduzir as emissões em curto prazo. Além disso, as cidades podem acelerar as reduções de emissões permitindo a implantação de veículos de próxima geração, que se beneficiam de novas tecnologias elétricas autônomas, conectadas e compartilhadas, e ao otimizar o transporte de cargas e de entrega. A aceleração centralizada nesta área de ação pode contribuir para as reduções de emissões equivalentes na faixa dos 20 a 45 por cento das metas de 2030, dependendo dos níveis de renda urbana e da densidade populacional. No processo, esses esforços podem aumentar o PIB ao reduzirem o congestionamento e transformarem a qualidade de vida dos habitantes, aliviando a poluição do ar local e melhorando o acesso equitativo às opções de mobilidade.



## MELHORIA DA GESTÃO DE RESÍDUOS

As cidades podem combater emissões de resíduos de uma forma eficaz em termos de recursos, adotando uma abordagem de “uso melhor e mais elevado”: primeiro, reduzindo os resíduos ascendentes; em seguida, reaproveitando da forma mais útil possível os produtos finalizados; depois, reciclando, compostando e ainda recuperando materiais para uso; e, finalmente, administrando o descarte para minimizar as emissões de qualquer material orgânico restante.

---

Alcançar as metas do relatório *Prazo de 2020* não será fácil. As cidades precisarão garantir que irão além de ganhos imediatos para uma abordagem de aceleração centralizada em áreas de prioridade.

---

As emissões de metano a partir de resíduos têm 86 vezes o potencial de aquecimento global de curto prazo do dióxido de carbono, tornando-se uma prioridade urgente para evitar os piores efeitos da mudança climática; e reduzir os resíduos tem um impacto desproporcional nas emissões do ciclo de vida do consumo. Modelos inovadores de gestão de resíduos podem ajudar cidades a repensarem suas necessidades de infraestrutura tradicional para coleta e descarte, e cidades progressistas já estão avançando e planejando a transição para uma “economia circular” completa, mudando o consumo de recursos de fluxos lineares para reutilização contínua. Dependendo do ponto de partida dos serviços existentes de gestão de resíduos, bem como da composição de resíduos, a aceleração centralizada pode alcançar até 10% das reduções de emissões necessárias até 2030, bem como inúmeros benefícios para a resiliência e saúde dos recursos locais.

## **COMO DIFERENTES CIDADES PODEM ATINGIR SUAS METAS DE REDUÇÃO DE CARBONO**

Para demonstrar a escala de ação necessária para alcançar 100% das metas de reduções de emissões das cidades até 2030 por meio da aceleração centralizada, nós moldamos amostras de mapas para seis tipos ilustrativos de cidades. Esses mapas mostram onde diferentes cidades poderiam escolher focar e o porquê, juntamente com facilitadores críticos necessários para alcançar o carbono zero até 2050. Igualmente importante, esses mapas demonstram o impacto prático da aceleração centralizada em diferentes tipos de cidades.

Por exemplo: uma cidade grande, de renda média e semidensa, poderia enfatizar a aceleração de iniciativas altamente visíveis para ajudar os moradores a experimentarem como seria um futuro de baixo teor de carbono na vida cotidiana. Para tal cidade, a instalação de energia solar em telhados privados municipais adequados, bem como em locais comunitários, seria um bom projeto de demonstração. Políticas para aumentar a densidade populacional em determinados distritos, tais como o desenvolvimento orientado para o trânsito, novas rotas de BRT e planejamento urbano voltado para ciclovias poderiam aumentar a densidade em 6% e melhorar a média de vias caminháveis até 2030. A cidade também deve se comprometer com uma frota formada totalmente por ônibus de emissão zero até 2030, juntamente com medidas ecológicas, tais como, zonas de baixas emissões que ajudem a acelerar a eletrificação de veículos pessoais e comerciais nas ruas das cidades.

Por outro lado, uma cidade pequena, inovadora e com alta renda tem pouca luz solar, mas abundância de vento e de energia hidrelétrica. Como os habitantes estão acostumados a muitos meios de transporte diferentes, muitos já desistiram de seus carros. A cidade enfrenta invernos

frios, portanto o aquecimento domina o uso de energia em prédios comerciais e residenciais. Para evoluir a partir desta base sólida, a cidade busca criar uma rede mista de 70 por cento de energias renováveis centralizadas até 2030. Com relação à mobilidade, a cidade define como meta 100 por cento de ônibus com emissão zero, enquanto promove o compartilhamento de carros e tecnologias conectadas. Os esforços da cidade também incluem atingir um ou mais tipos de modernizações de eficácia energética em 100 por cento dos edifícios privados até 2030.

Uma comparação das iniciativas potenciais para essas duas cidades é mostrada na Figura A. As Figuras B e C comparam uma megacidade de renda média com uma cidade grande avançando progressivamente e de baixa renda, e uma cidade grande, de alta renda, densa com uma megacidade de baixa renda respectivamente. Estando as cidades nos primeiros estágios de desenvolvimento e implementação de seus programas de redução de carbono, ou contemplando como aproveitar seus esforços robustos existentes, esses mapas podem servir como ilustrações de como as cidades podem escolher maximizar os benefícios dos esforços de redução de carbono nas 12 oportunidades prioritárias identificadas neste relatório.

## AVANÇANDO

Alcançar as metas do relatório *Prazo de 2020* não será fácil. As cidades precisarão garantir que irão além de ganhos imediatos para uma abordagem de aceleração centralizada em áreas de prioridade. Além disso, parcerias intersetoriais serão essenciais tanto para capturar com sucesso as oportunidades quanto para garantir que as iniciativas da cidade incorporem considerações em nível de sistema, especialmente na descarbonização de redes. As oportunidades definidas neste relatório gerarão uma vasta gama de benefícios além das emissões de carbono—desde a redução de congestionamentos, melhor saúde pública e maior produtividade até melhoria da qualidade de vida e maior resiliência. Destacar os benefícios econômicos e sociais dos empregos, reduzir a poluição do ar, melhorar a segurança nas estradas e diminuir o tempo de deslocamento pode ajudar os prefeitos a defender os investimentos realizados hoje em nosso futuro coletivo.

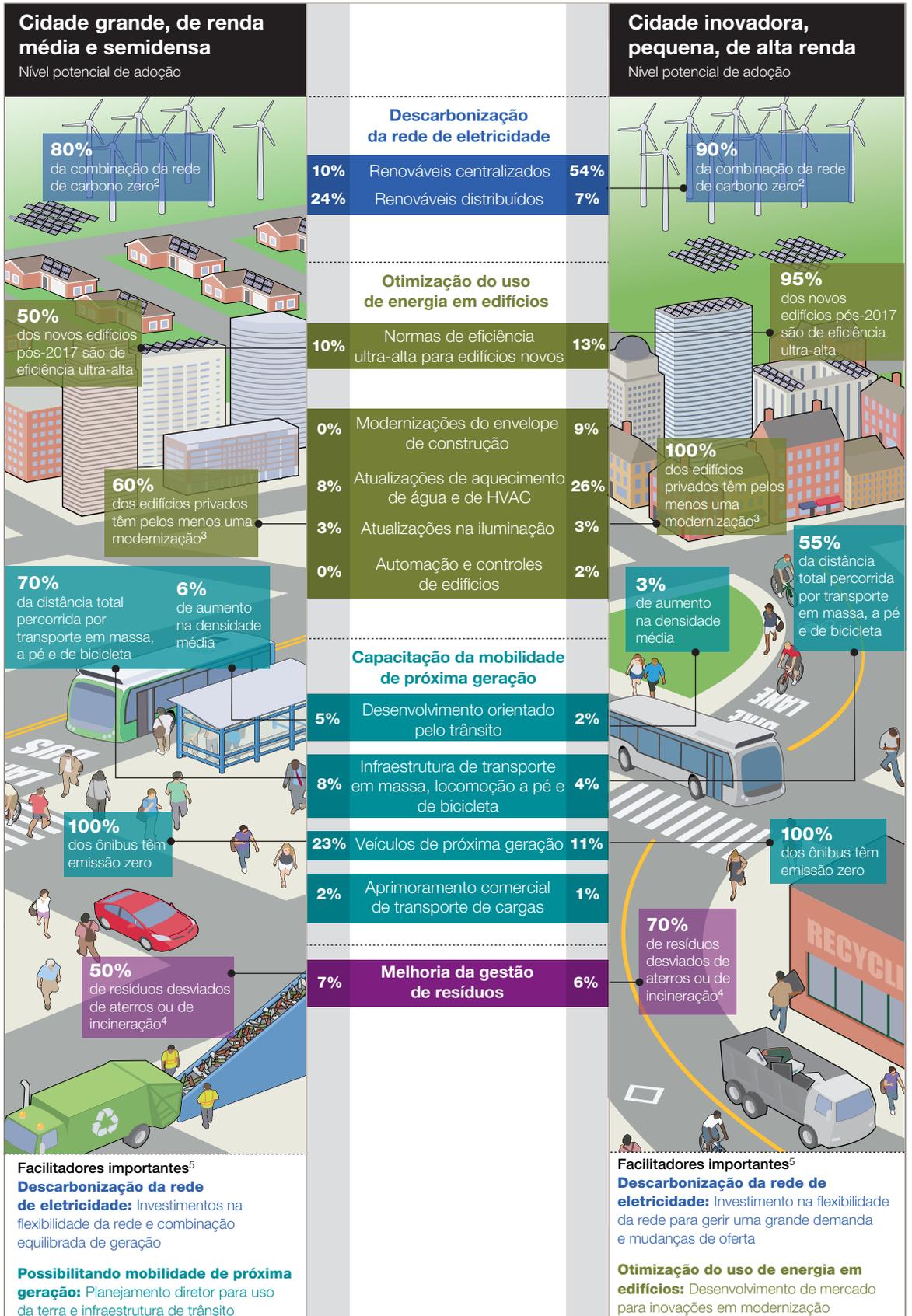
As áreas de ação definidas neste relatório representam a primeira fase das estratégias de redução de carbono. As cidades que constroem um conjunto de ferramentas de classe mundial para capturar essas oportunidades, incluindo aquisições simplificadas, acesso a capital, relacionamentos com outras cidades para aprender com suas melhores práticas e parcerias com o setor privado e o governo, estarão bem posicionadas para enfrentar o próximo conjunto de oportunidades de redução de emissões. Alcançar as metas de reduções de 2030 também estabelecerá as bases para capturar oportunidades que demoram mais para serem cumpridas — como a densificação e o planejamento do uso da terra—, mas serão essenciais para alcançar a descarbonização mais profunda necessária para atingir as metas de 2050.

Com a ação climática como prioridade máxima, este relatório oferece um caminho futuro viável para cidades de todos os tamanhos e recursos. O progresso exigirá reunir vontade, liderança e compromisso para progredir, mas ter um caminho futuro definido será uma vantagem essencial. ■

Figura A

**Comparando o impacto de emissões potenciais e o nível de adoção até 2030 entre dois tipos de cidade**

Potencial de redução de emissões  
Porcentagem da meta de 2030<sup>1</sup>



<sup>1</sup> O potencial de redução de emissões para uma cidade específica irá variar com base na pegada de carbono e na meta de redução das emissões para 2030 do relatório *Data Limite 2020*.

<sup>2</sup> Pressupõe uma equilibrada combinação de rede do sistema que pode incluir energia solar, eólica e hídrica e outras fontes de geração.

<sup>3</sup> Edifícios com um ou mais dos elementos a seguir: envelope completo ou modernização das janelas e telhado, HVAC ou atualização do aquecimento a água, automação e controles instalados.

<sup>4</sup> Pressupõe uma coleta universal de resíduos instalada como pré-requisito.

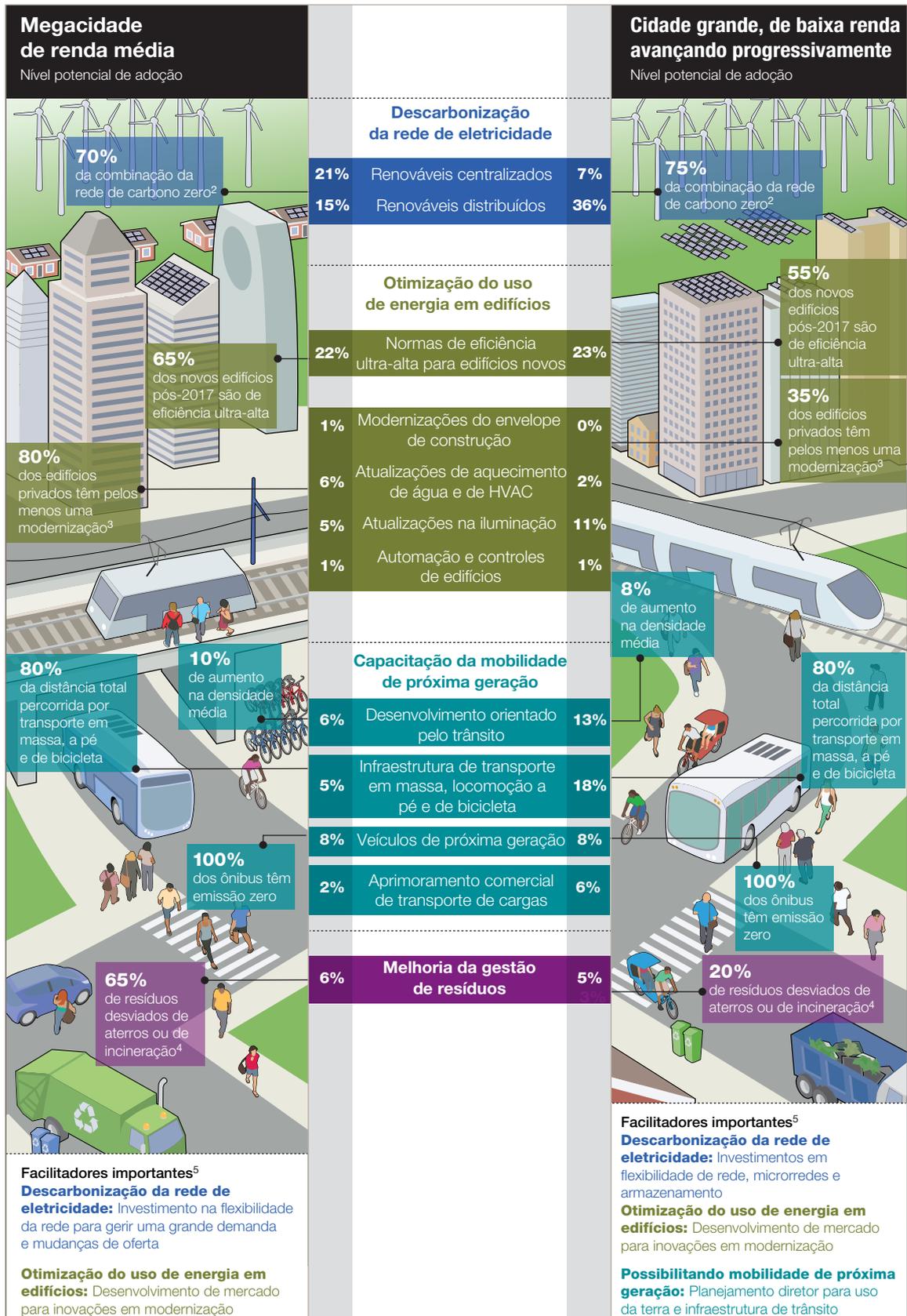
<sup>5</sup> Exemplos – não exaustivos.

FONTE: Análise de McKinsey

Figura B

**Comparando o impacto de emissões potenciais e o nível de adoção até 2030 entre dois tipos de cidade**

Potencial de redução de emissões  
Porcentagem da meta de 2030<sup>1</sup>



<sup>1</sup> O potencial de redução de emissões para uma cidade específica irá variar com base na pegada de carbono e na meta de redução das emissões para 2030 do relatório *Data Limite 2020*.

<sup>2</sup> Pressupõe uma equilibrada combinação de rede do sistema que pode incluir energia solar, eólica e hídrica e outras fontes de geração.

<sup>3</sup> Edifícios com um ou mais dos elementos a seguir: envelope completo ou modernização das janelas e telhado, HVAC ou atualização do aquecimento a água, automação e controles instalados.

<sup>4</sup> Pressupõe uma coleta universal de resíduos instalada como pré-requisito.

<sup>5</sup> Exemplos—não exaustivos.

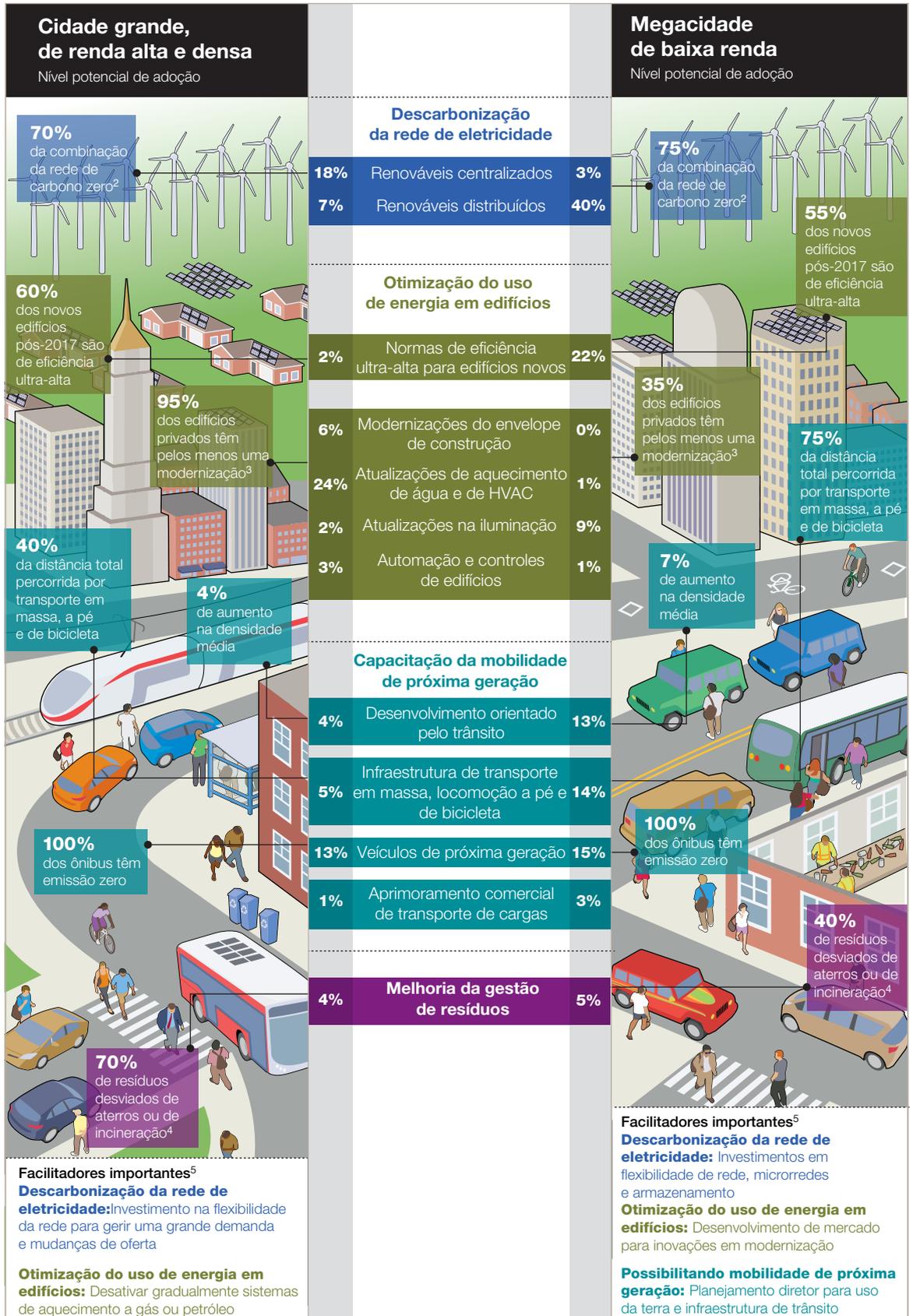
FONTE: Análise de McKinsey

Ilustrações de Vic Kulihin

Figura C

**Comparando o impacto de emissões potenciais e o nível de adoção até 2030 entre dois tipos de cidade**

Potencial de redução de emissões  
Porcentagem da meta de 2030<sup>1</sup>



<sup>1</sup> O potencial de redução de emissões para uma cidade específica irá variar com base na pegada de carbono e na meta de redução das emissões para 2030 do relatório Data Limite 2020.

<sup>2</sup> Pressupõe uma equilibrada combinação de rede do sistema que pode incluir energia solar, eólica e hídrica e outras fontes de geração.

<sup>3</sup> Edifícios com um ou mais dos elementos a seguir: envelope completo ou modernização das janelas e telhado, HVAC ou atualização do aquecimento a água, automação e controles instalados.

<sup>4</sup> Pressupõe uma coleta universal de resíduos instalada como pré-requisito.

<sup>5</sup> Exemplos—não exaustivos.

FONTE: Análise de McKinsey



Capítulo 1

# O PAPEL CRESCENTE DAS CIDADES NA AÇÃO CLIMÁTICA



© aaaaimages / Getty Images

As cidades têm sido os centros do comércio, cultura e inovação por séculos. Mais recentemente, centros urbanos têm emergido como defensores importantes da ação global em matéria de mudança climática. Várias tendências explicam o perfil e a influência crescentes das cidades. Ao redor do mundo, a urbanização está crescendo: até 2050, 70 por cento da população do mundo estará vivendo em áreas metropolitanas, com grande parte das migrações ocorrendo em nações em desenvolvimento.<sup>1</sup> O fluxo da humanidade de áreas rurais para urbanas está acontecendo em uma escala perturbadora. Considere que mais de 65 milhões de pessoas—o equivalente a oito Londres—deslocam-se para cidades a cada ano. O crescimento dessa população reforçou a posição das cidades como motor da economia global, representando mais de 80 por cento do PIB mundial.<sup>2</sup> Tradicionais cidades-potência, tais como, Londres, Nova York, Singapura e Tóquio estão unindo forças com novos concorrentes, tais como Bombaim e Xangai, com a última categoria de cidades emblemática do rápido crescimento em nações emergentes.

As pessoas estão indo para as cidades para maior acesso a empregos, educação e assistência médica, mas sua migração também pressionará os sistemas atuais. Como atestam os guindastes que pontilham o horizonte de qualquer grande cidade em crescimento, o aumento das populações urbanas demanda novos edifícios, sistemas de transporte expandidos e nova infraestrutura energética. Toda essa atividade, desde negócios e transporte a construções e a vida de todos os dias, significa que centros urbanos consomem mais que dois terços da energia global e emitem mais de 70 por cento do total de gases de efeito estufa do mundo.<sup>3</sup> Esta concentração significa que reduzir globalmente as emissões exige a redução das emissões nas cidades.

Ao redor do mundo, líderes urbanos estão fazendo experimentos com iniciativas focadas em eficácia energética, energia renovável e sustentabilidade. Eles estão lançando e expandindo programas inovadores, cobrindo uma vasta gama de desafios, inclusive a redução do consumo de energia, diminuindo congestionamentos, controlando a poluição do ar e melhorando a qualidade de vida para habitantes. Soluções facilitando viagens multimodais, reciclagem,

1 "Human population: Urbanization," *Population Reference Bureau*, 2007, pbr.org.

2 *Urban world: Mapping the economic power of cities*, McKinsey Global Institute, 2011, McKinsey.com.

3 "Why cities?" C40, acessado em 30 de outubro de 2017, c40.org.

---

A nossa análise sugere que a “aceleração centralizada”— colocando a maioria dos esforços e recursos na implementação de várias soluções— será importante para um progresso sustentado.

---

programas de compartilhamento de bicicletas e desenvolvimento comercial e residencial orientado pelo trânsito são apenas alguns dos esforços sendo buscados pelas cidades.

Muitas cidades também demandam maior participação nas decisões em um esforço para moldar a política ambiental global. Na conferência COP21 em Paris, em 2015, 195 nações se comprometeram a manter a temperatura média global bem abaixo de 2°C acima de níveis pré-industriais e buscar esforços para limitar o aumento da temperatura para 1,5°C.<sup>4</sup> Muitas das maiores cidades do mundo também prometeram fazer sua parte, reconhecendo que elas podem ser mais ágeis e responsivas que outros níveis de governo e que ações locais, tais como o planejamento do uso da terra e modernizações de edifícios, têm implicações para emissões globais de longo prazo. Em 2016, o C40 lançou o documento *Data Limite 2020*, um relatório que traça caminhos indicativos para que cidades satisfaçam os compromissos do Acordo de Paris, reduzindo suas emissões ao longo do tempo e convergindo em um objetivo de longo prazo de emissões líquidas zero. O desafio é enorme: cidades mais ricas devem reduzir as emissões per capita de 70 a 80 por cento, e cidades com renda menor devem manter as emissões absolutas em um nível estável à medida que administram o mesmo crescimento ao longo do mesmo período.

Alcançar essas metas exigirá muito mais do que a definição de metas. As cidades precisarão arregaçar as mangas, construir e, investir ativamente na infraestrutura e nos incentivos necessários para fazerem progressos significativos. Elas não podem fazê-lo sozinhas, mas podem liderar o caminho e elas devem agir imediatamente.

## **A IMPORTÂNCIA DA ACELERAÇÃO CENTRALIZADA**

Quando se trata de ação climática, o desafio para muitas cidades é entender onde focar. *Data Limite 2020* identifica mais de 450 ações que as cidades podem implementar para reduzir suas emissões. No entanto, sem clareza acerca das principais prioridades, os líderes urbanos podem cair na armadilha de dispersar sua atenção e recursos em várias pequenas áreas ao invés de identificar as mais valiosas oportunidades para atingir reduções profundas de emissões. Esta abordagem fragmentada pode fornecer recompensas de curto prazo à medida que cidades colhem os frutos mais fáceis de apanhar, mas não será o suficiente no longo prazo e podem ainda colocar os líderes urbanos no caminho errado.

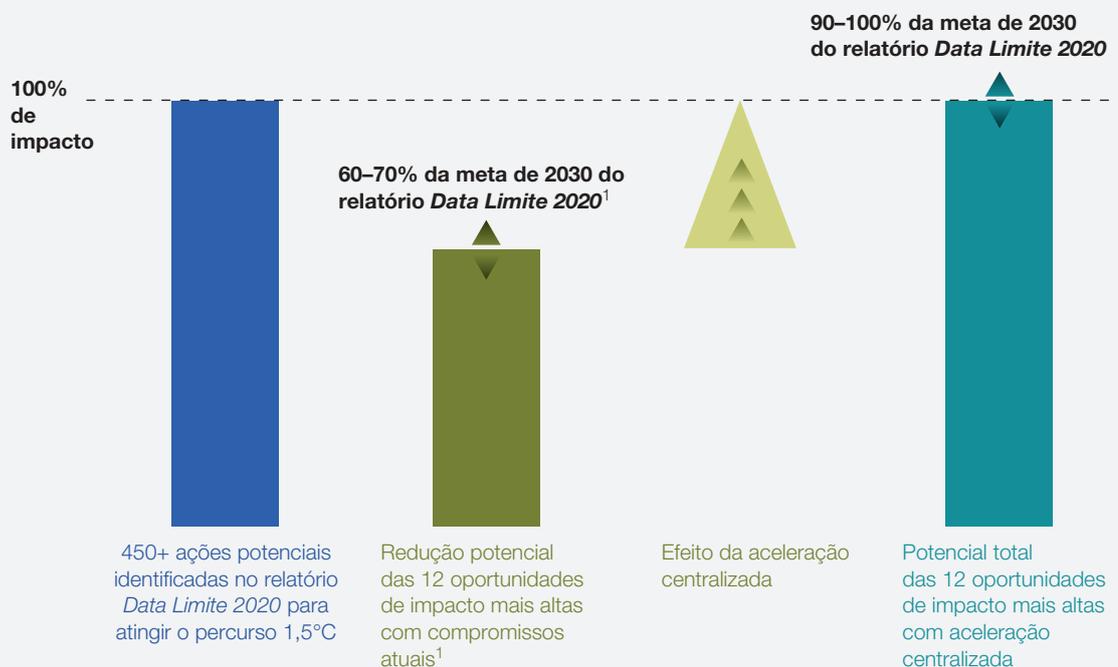
A nossa análise sugere que a “aceleração centralizada”—colocando a maioria dos esforços e recursos na implementação de várias soluções—será importante para um progresso sustentado. A aceleração centralizada é uma abordagem comprovada no setor privado. Nós descobrimos que empresas que

---

<sup>4</sup> Coral Davenport, “Nations approve landmark climate accord in Paris,” *New York Times*, 12 de dezembro de 2015, [nytimes.com](http://nytimes.com).

Figura 1

## Implicações para aceleração centralizada



<sup>1</sup> Pressupõe compromissos atuais do C40 com planos de ação climática cumpridos.

FONTE: Análise de McKinsey

focam nos esforços de mudança para algumas grandes oportunidades e os executam bem ao invés de somente tatear a superfície de várias iniciativas menores, alcançam resultados consideráveis e o fazem de forma mais rápida (Figura 1). Nós propomos uma breve lista de 12 oportunidades para que as cidades acelerem de uma maneira focada. (A combinação varia por tipo de cidade e este relatório esboça como determinar o percurso ideal.) Nós acreditamos que uma aceleração centralizada dessas oportunidades garantirá não apenas capturar o nível das reduções de emissões necessárias para alcançar suas metas de emissões de 2030, mas também desenvolver experiências e capacidades fundacionais necessárias para alcançar emissões líquidas de carbono zero até 2050.

Enquanto a nossa análise mostra que satisfazer as metas do relatório *Data Limite 2020* é algo que a maioria das cidades pode alcançar, a colaboração será essencial. Em muitos casos, as cidades precisarão ultrapassar as fronteiras tradicionais de influência urbana e poder de decisão. Serviços de utilidade pública, proprietários do mercado imobiliário, provedores de transporte, instituições financeiras, cidadãos, organizações não governamentais e outros envolvidos, todos têm um papel a desempenhar no alcance das metas de emissões, para que agentes urbanos realizem medidas decisivas, a fim de angariar o apoio de envolvidos para capturar a oportunidade inerente. Prefeitos e agentes eleitos podem usar sua capacidade para construir consensos, fornecer incentivos para investimentos privados, demandar mudanças que vão além de suas fronteiras jurisdicionais, compartilhar e aplicar abordagens definidas por governos e organizações ao redor do mundo para atingir o progresso necessário.

Os capítulos a seguir oferecem uma visão geral das maiores oportunidades para cidades terem como foco. Nós também oferecemos exemplos de mapas mostrando como diferentes tipos de cidades podem alcançar seus objetivos climáticos nos próximos anos. ■



Capítulo 2

# AS MAIORES OPORTUNIDADES DE AÇÃO CLIMÁTICA NAS CIDADES



© Brent NG/AP Images for C40

Para ajudar os líderes de diferentes cidades a entender como podem buscar efetivamente uma estratégia de aceleração centralizada, avaliamos todo o espectro de oportunidades para reduzir as emissões urbanas e criamos modelos para as potenciais reduções de emissões a partir de oportunidades de maior impacto para seis tipos ilustrativos de cidades (Figura 2). Os mapas urbanos oferecem informações sobre onde diferentes cidades podem concentrar seus esforços e porquê, juntamente com alguns dos facilitadores essenciais necessários para alcançar o objetivo de carbono zero até 2050.

O modelo explica as interdependências entre as diferentes oportunidades de redução de emissões, tais como as mudanças nos diferentes meios de transporte e o efeito da geração renovável adicional na intensidade de emissões das tecnologias elétricas. Nossa análise também incorpora principais características urbanas, como crescimento de renda, usuários de transporte público e composição de instalações, para garantir que as diferenças contextuais sejam consideradas. Em seguida, aplicamos os níveis de adoção dessas oportunidades que acreditamos possam ser alcançadas até 2030, em um cenário de aceleração centralizada, com base nas tendências de custo e viabilidade obtidas do setor e dos estudos de casos das principais cidades. Por último, comparamos o impacto das emissões resultantes em cada tipo ilustrativo de cidade com as reduções necessárias para cumprir sua trajetória de 1,5 °C, conforme indicado no Prazo de 2020 (Deadline 2020).

Nossa análise revela que as maiores oportunidades para atuar em 2030 na maioria das cidades residem em quatro áreas de ação principais – descarbonização da rede elétrica, aprimoramento do consumo energético em edifícios, capacitação da mobilidade de próxima geração (incluindo melhor planejamento do uso da terra) e melhoria na gestão de resíduos – que, por sua vez, revelam 12 oportunidades (Figura 3). Para garantir que essas oportunidades também sejam compatíveis com reduzir a zero as emissões de carbono até 2050, nos concentramos em soluções que reduzem as emissões em curto prazo e estabelecem as bases para um futuro sem carbono. Como resultado, a análise prioriza a eletrificação e as energias renováveis por meio de tecnologias de “ponte”, como geração de energia com gás natural e veículos movidos a biocombustíveis.

Com a aceleração centralizada, as 12 oportunidades têm o potencial de atingir de 90 a 100% das reduções de emissões necessárias até 2030, dependendo do contexto da cidade. Ao mesmo tempo, esta pesquisa mostra que o investimento adicional necessário para alcançar os objetivos

Figura 2

Seis tipos ilustrativos de cidade oferecem análises e destacam considerações essenciais para diferentes cidades individuais

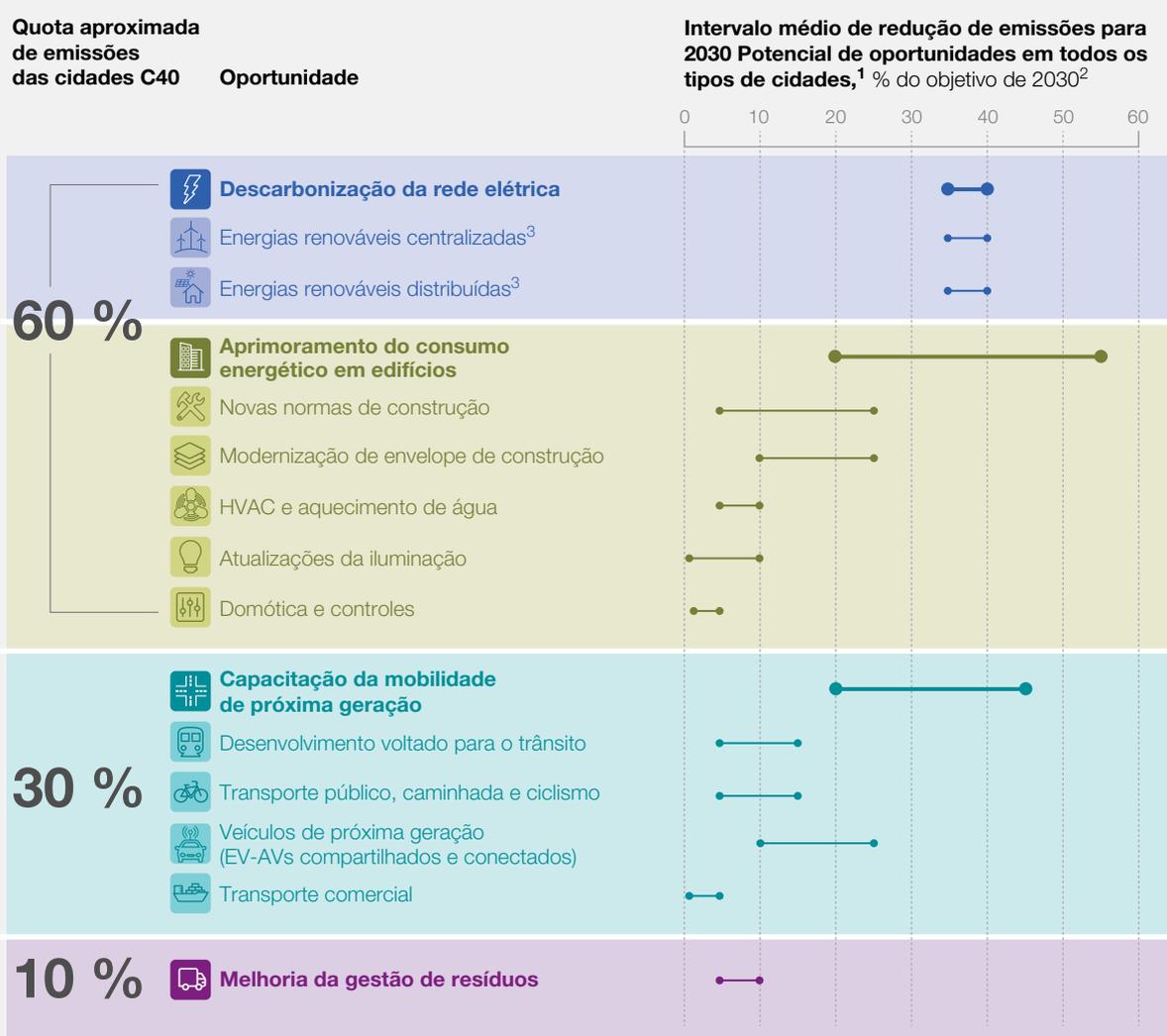


FONTE: Análise de McKinsey

de emissões de 2030 é significativo: em média, de US\$ 50 a US\$ 200 por tonelada métrica de equivalente de CO<sub>2</sub> – um gasto de dezenas de bilhões de dólares para uma única cidade até 2030. Entretanto, todas as oportunidades alcançam resultados econômicos positivos em médio e longo prazos, seja por fluxo de caixa direto para investidores (por exemplo, no caso de energias renováveis e melhorias de eficiência) ou impulsos mais amplos à atividade econômica na cidade (por exemplo, no caso de desenvolvimento voltado para o trânsito), além da saúde pública e outros benefícios de qualidade de vida. Para muitas oportunidades, nossa análise mostra que os investimentos iniciais são pagos em um período de cinco a dez anos (Figura 4).

O modelo que criamos determina o potencial de redução de emissões dessas quatro áreas de ação em diferentes tipos de cidades. Entretanto, as cidades não as estão adotando em velocidade e escala suficientes. Nas taxas atuais de implementação e adoção, com base nas políticas e

Figura 3 Doze principais oportunidades por área de ação



<sup>1</sup> O potencial de redução de emissões foi modelado para um cenário de “aceleração centralizada” em 6 tipos ilustrativos de cidades, com remoção dos discrepantes principais e secundários.

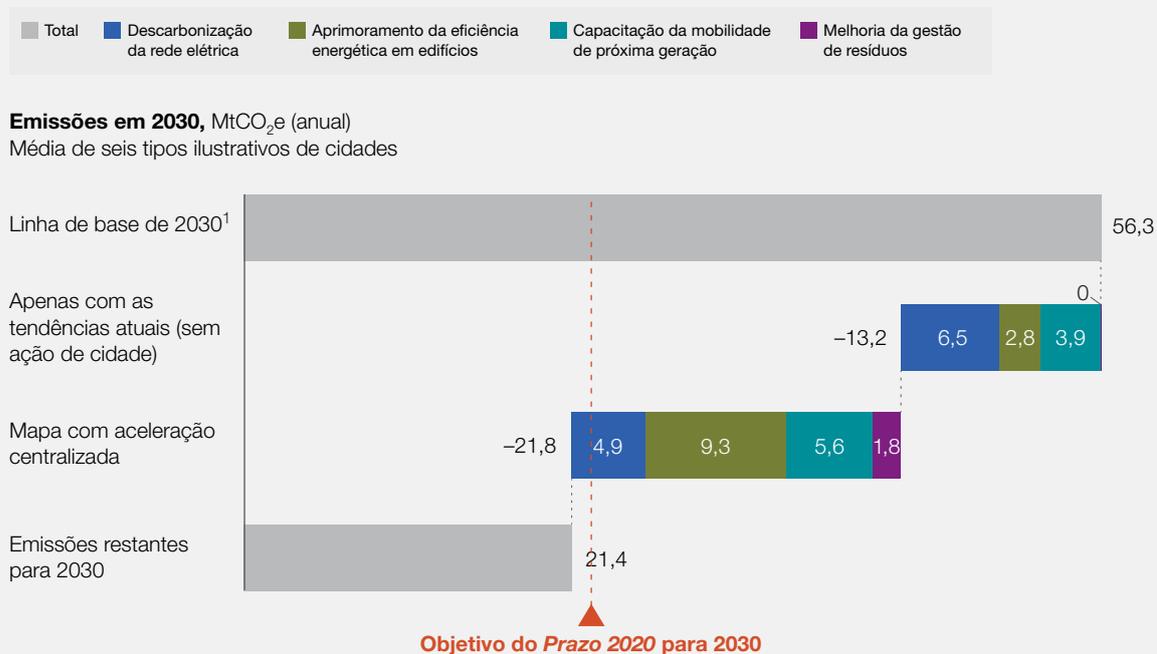
<sup>2</sup> O objetivo de 2030 é com base nos caminhos do *Prazo 2020* para tipos específicos de cidades.

<sup>3</sup> As percentagens fornecidas são de composição de nível de sistema. O equilíbrio entre a geração centralizada e distribuída varia de acordo com a região.

FONTE: Análise da McKinsey

Figura 4

### Impacto da aceleração centralizada versus tendências atuais



<sup>1</sup> Parte do pressuposto que tecnologias e políticas permanecem inalteradas a partir de 2015

FONTE: Análise da McKinsey

tendências de mercado existentes, essas 12 oportunidades estão previstas para entregar apenas de 20 a 50% das emissões até 2030 conforme indicado pelo *Prazo de 2020* – bem abaixo de seu potencial. Atualmente, muitas cidades com planos de ação climática estão aquém de uma trajetória de 1,5 °C.

Alcançar uma trajetória de emissões compatível com a meta de 1,5 °C até 2030 e fazê-lo de maneira a preparar o cenário para reduzir a zero as emissões de carbono até 2050, não será fácil – as cidades precisarão de uma visão clara, compromisso sustentado e investimento significativo. Entretanto, acreditamos que a maioria das cidades pode ficar totalmente em conformidade com as reduções de emissões do *Prazo de 2020* se seguirem uma estratégia de aceleração centralizada focada nessas 12 oportunidades. Além disso, esses esforços colocarão em prática grande parte da infraestrutura necessária para alcançar emissões sem carbono até 2050. Como cada cidade tem características diferentes, o nível de foco em cada uma dessas 12 oportunidades será diferente. Por exemplo: um centro urbano maduro em um país desenvolvido tem um perfil de emissões diferente do perfil de uma cidade em rápido crescimento em um país em desenvolvimento. Em geral, um conjunto de fatores – como contexto regulamentar, geografia, clima, níveis de renda e densidade populacional – moldará a abordagem ideal para cada cidade.

Nas seções a seguir, avaliamos cada uma das quatro áreas de ação, incluindo considerações para capturar valor de cada oportunidade, fatores-chave que consideram as diferenças entre as cidades e ilustrações de abordagens que diferentes tipos de cidades poderiam tomar para alcançar as reduções de emissões necessárias até 2030.



## CAPÍTULO 2.1:

# Descarbonização da rede elétrica

**As cidades – e o mundo –** não podem alcançar uma trajetória de 1,5 °C sem uma expansão maciça de geração de energia renovável, conhecida como “descarbonização da rede”. À medida que cada vez mais funções vitais de uma cidade passam a funcionar com eletricidade, desde itens básicos como resfriamento e iluminação até veículos elétricos (EVs) e conectividade sem fio para a Internet das Coisas (IoT), garantir um abastecimento de energia limpa e com baixo teor de carbono torna-se essencial.

As cidades não podem descarbonizar a rede de forma independente – serviços de utilidade pública e agências reguladoras precisam desempenhar um papel central na gestão da composição e desenvolvimento de energias renováveis no sistema ou no nível regional. O envolvimento dessas partes é necessário porque a composição global de energias renováveis na rede deve ser balanceada adequadamente (por exemplo, para evitar geração excessiva ou escassez em determinados momentos do dia ou durante certas estações), e componentes críticos, como armazenamento, devem estar estabelecidos para garantir que o sistema permaneça confiável ao longo de mudanças na oferta e na demanda. Esses desafios são técnica e economicamente complexos e exigirão um planejamento cuidadoso por parte de empresas de serviços públicos e apoio de agências reguladoras estaduais e nacionais, embora existam soluções.

Ainda assim, as cidades têm um papel essencial a desempenhar no incentivo ao desenvolvimento de energias renováveis. Algumas cidades podem não priorizar a demanda por uma eletricidade mais limpa, acreditando que têm pouca influência na composição das redes, quando, na verdade, representam a maior parte dos clientes de qualquer concessionária de energia elétrica local – essa influência oferece uma potencialização significativa para moldar o perfil de emissões da eletricidade consumida na área metropolitana de uma cidade. Ao estabelecer metas claras de descarbonização, agregando a demanda por energias renováveis, transferindo mais consumo de energia urbana para eletricidade (especialmente em transporte e aquecimento) e melhoria da gestão de demanda de energia, as cidades podem ajudar os serviços públicos a alcançar um futuro altamente eletrificado e movido a energia renovável. Através da execução da aceleração centralizada e de uma estreita colaboração, serviços públicos, reguladores e cidades podem alcançar uma composição de 50 a 70% de energias renováveis até 2030. Dependendo das características da cidade, essa composição equivale a alcançar de 35 a 45% do total de reduções de emissões necessárias nesse período, apenas por meio da descarbonização da rede.

## As oportunidades

A energia renovável já é o tipo de geração de eletricidade que mais cresce em todo o mundo, com aproximadamente 135 gigawatts de capacidade renovável instalados em 2016<sup>5</sup> – o suficiente para atender à demanda de eletricidade de todo o Reino Unido, ou de seis cidades do tamanho de Nova Iorque. A rápida evolução dos custos está impulsionando a tendência: desde 2009, os custos totais instalados de energia eólica offshore e solar diminuíram em até 70% em todo o mundo, com os custos da energia eólica offshore previstos para diminuir em 50% até 2030.<sup>6</sup> Novos

<sup>5</sup> *Global trends in renewable energy investment 2017*, Frankfurt School, UNEP Collaborating Centre, 2017, fs-unep-centre.org.

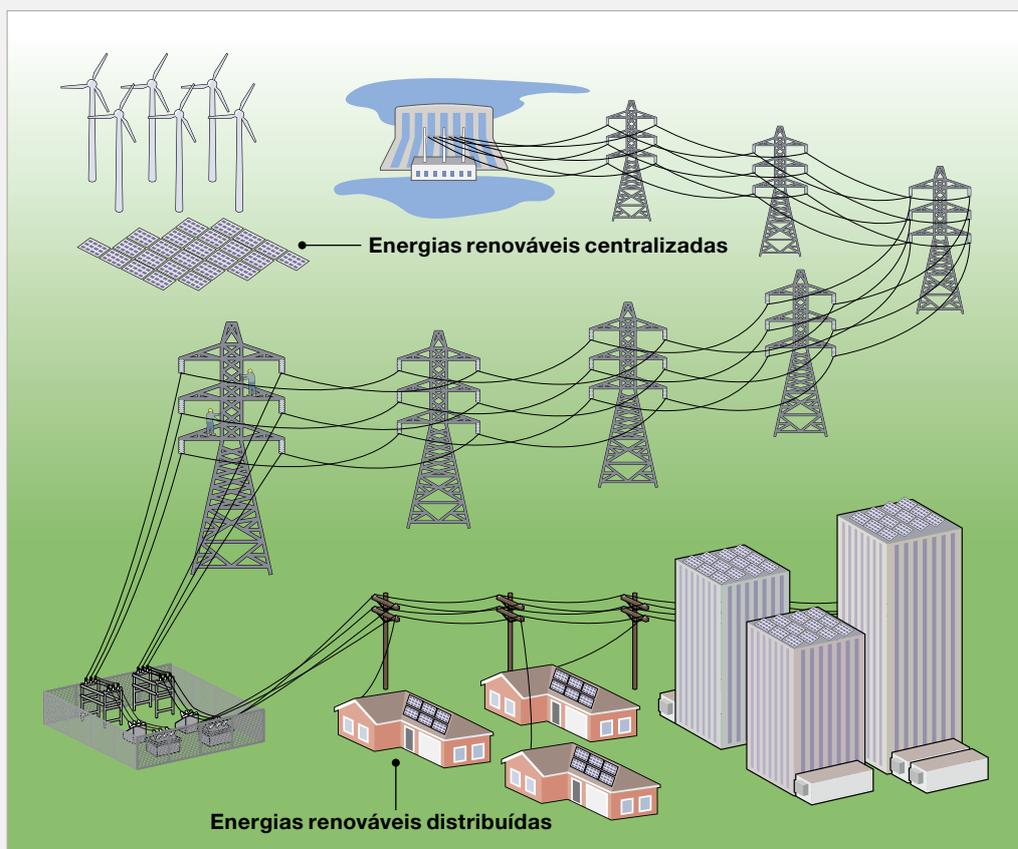
<sup>6</sup> David Frankel, Aaron Perrine e Dickon Pinner, “How solar energy can (finally) create value”, outubro de 2016, McKinsey.com; Katherine Dykes, Maureen Hand, Eric Lantz, et al., *Enabling the SMART wind power plant of the future through science-based innovation*, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2017, nrel.gov.

contratos de compra de energia (power purchase agreements, PPAs) de energia solar agora frequentemente estão abaixo de US\$ 100 por megawatt-hora, com alguns chegando a menos de US\$ 30, colocando a energia solar em/ou abaixo do custo de uma nova usina de gás natural e em/ou abaixo do custo marginal de geração da maioria das usinas de combustível fóssil. Em muitos contextos, agora é mais barato operacionalizar uma nova geração de energia solar que continuar operando usinas de carvão existentes<sup>7</sup> (Figura 5).

Ainda assim, o desafio é considerável: para alcançar os objetivos de emissões de 2030, os novos projetos de energia renovável precisarão entrar em operação em um ritmo de desenvolvimento duas a três vezes superior ao atual. As cidades podem desempenhar um papel crucial em ajudar seus serviços de utilidade pública a acelerar a descarbonização da rede em duas frentes: investindo na expansão massiva de energias renováveis centralizadas e permitindo a expansão inteligente de energias renováveis distribuídas.

<sup>7</sup> David Frankel, Aaron Perrine e Dickon Pinner, outubro de 2016, McKinsey.com.

Figura 5



**Energias renováveis centralizadas**

Parques solares ou eólicos em grande escala ou outra geração renovável fora da cidade

**Energias renováveis distribuídas**

Geração renovável de menor escala na cidade, geralmente sistema de energia solar comunitário ou de terraço

**Investir na expansão massiva de energias renováveis centralizadas.** Os métodos de geração de energia eólica, solar e outros tipos de energia sem carbono em larga escala são muitas vezes as formas mais econômicas para descarbonizar rapidamente a rede, com ofertas recentes chegando à faixa dos US\$ 40 a US\$ 80 por megawatt-hora. Essas usinas de energia renovável podem empregar tecnologia avançada, como painéis solares de monitoramento solar fotovoltaicos e turbinas maiores para energia eólica, e se situarem em locais onde o recurso renovável é mais abundante. Para alguns tipos de renováveis, como a energia eólica offshore, a geração centralizada é a escala econômica mínima.

Cidades em todo o mundo mostraram que podem liderar o caminho da expansão maciça de energias renováveis centralizadas. Em nossa análise, desenvolvemos modelos da capacidade das cidades de ajudar a transferir a composição total da rede para energias renováveis além dos compromissos estaduais ou nacionais existentes até 2030, com base nos êxitos auferidos por cidades, como Copenhague, Melbourne e São Francisco.

**Possibilitar a expansão inteligente de energias renováveis distribuídas.** Enquanto as energias renováveis centralizadas têm economias de escala claras, as energias renováveis distribuídas, como a energia solar fotovoltaica em terraços e em toda a comunidade, também têm um papel importante a desempenhar. Em situações em que as energias renováveis centralizadas exigiriam a construção dispendiosa da infraestrutura de transmissão ou distribuição, instalações menores mais próximas ou dentro das cidades podem ser mais econômicas para os serviços de utilidade pública e potencialmente mais rápidas de implementar. Por exemplo, a Con Edison de Nova Iorque optou por investir US\$ 200 milhões em tecnologias de energias renováveis distribuídas e de redução de demanda, permitindo adiar a construção de uma nova subestação de US\$ 1,2 bilhão.<sup>8</sup> A geração no local, como a PV solar em terraço, quando combinada com armazenamento no local, pode ajudar a aliviar os picos de demanda de energia – como durante os dias quentes de verão, quando os prédios de escritórios operam com ar condicionado – que poderiam exigir o desenvolvimento dispendioso de uma capacidade de carga máxima centralizada. Por exemplo: os locais disponíveis para usinas solares ou eólicas de grande escala podem estar distantes dos centros urbanos, enquanto locais menores nas proximidades podem ser adequados para projetos em escala comunitária ou até para instalações modestas em escala de serviços de utilidade pública.

A resiliência energética também é uma consideração importante para as cidades, especialmente quando a mudança climática e outras ameaças à resiliência da rede ultrapassam os limites dos sistemas centralizados. As energias renováveis distribuídas, combinadas com microrredes e armazenamento local de energia, podem permitir que as cidades restabeleçam o abastecimento de energia rapidamente após desastres naturais e outras interrupções no serviço de eletricidade centralizado. As cidades de baixa renda – onde as redes centralizadas geralmente não são confiáveis e difíceis de expandir com rapidez suficiente para atender às necessidades de eletricidade de uma população urbana em crescimento – têm um interesse específico em energias renováveis distribuídas. Por exemplo, na China e na Índia, a energia solar fotovoltaica em terraços residenciais está próxima, em termos de custos competitivos, à energia gerada por usinas termoeletricas a gás.<sup>9</sup> A energia solar também poderia ter benefícios adicionais para

---

<sup>8</sup> Gavin Bade, "ConEd Brooklyn-Queens non-wire alternative project installs first microgrid", *Utility Dive*, 14 de dezembro de 2016, [utilitydive.com](http://utilitydive.com).

<sup>9</sup> Sarah Martin, David Satterthwaite, Michael I. Westphal, et. al., *Powering cities in the global south: How energy access for all benefits the economy and the environment*, World Resources Institute, setembro de 2017, [wri.org](http://wri.org).

a redução de emissões e a qualidade do ar, substituindo o querosene para iluminação e cocção e tornando os geradores a diesel menos necessários para a energia de reserva.<sup>10</sup>

O custo das energias renováveis distribuídas continua a diminuir juntamente com as energias renováveis centralizadas, e até mesmo investimento em pequenas instalações, como painéis solares residenciais em terraços, podem compensar o investimento em um período de cinco a dez anos. Essa tendência faz das energias renováveis distribuídas uma das formas mais econômicas de reduzir as emissões urbanas, em torno de US\$ 40 a US\$ 150 por tonelada métrica de equivalente de CO<sub>2</sub>, dependendo da disponibilidade regional e dos custos de mão de obra. Instalações em toda a comunidade podem gerar mais melhorias de custo por meio de economias de escala e, quando combinadas com microrredes e armazenamento local, podem melhorar a resiliência de distritos inteiros.

Entretanto, é fundamental observar as interrupções significativas na confiabilidade da rede que podem ocorrer em níveis tão altos de geração distribuída, especialmente de um único tipo de recurso renovável, como o solar, a menos que problemas mais amplos de integração de sistemas também sejam abordados. Será essencial garantir que a composição global das redes seja adequadamente balanceada e que mecanismos de armazenamento e outros estejam implementados para oferecer suporte à capacidade acumulável e flexibilidade do sistema para enfrentar flutuações no fornecimento.

## Quebrando barreiras: Como é possível alcançar a aceleração

As cidades, os serviços de utilidade pública e órgãos reguladores podem aproveitar os custos decrescentes e a disponibilidade melhorada das energias renováveis para catalisar um rápido desenvolvimento ao longo da próxima década. O método mais simples é facilitar o investimento direto em, ou a compra de, energia renovável. A cidade de Copenhague, por exemplo, lançou uma cooperativa através de sua própria concessionária para investir em um parque eólico de 40 megawatts a apenas dois quilômetros de sua costa. A cooperativa atraiu mais de oito mil investidores na comunidade local, o que ajudou a superar a resistência à construção de uma grande instalação de energia nas proximidades. O produtor nacional de energia da Dinamarca, Ørsted (anteriormente DONG Energy), também tem uma participação acionária e a eletricidade produzida é vendida nacionalmente e também em Copenhague, ajudando a Dinamarca a progredir em direção ao objetivo de fornecer 50% da eletricidade total com a energia eólica offshore.<sup>11</sup>

Mesmo as cidades com condições menos favoráveis para energias renováveis encontraram formas inovadoras de descarbonizar o seu fornecimento de eletricidade. A cidade de Melbourne, na Austrália, recebe seu suprimento de energia de uma concessionária de energia operando com 90% de geração de energia a carvão, os arranha-céus dominam o centro da cidade e há um potencial limitado para energia renováveis no local. Isso também representa uma pequena parcela da demanda global de energia da região.<sup>12</sup> Trabalhando na política nacional existente,

<sup>10</sup> Sarah Martin, David Satterthwaite, Michael I. Westphal, et. al., World Resource Institute, setembro de 2017, wri.org.

<sup>11</sup> "Wind turbine co-operatives (Middelgrunden Vindmøllelaug)", State of Green, acessado em 30 de outubro de 2017, stateofgreen.com; "DONG Energy celebrates 1000 wind turbines at sea", Ørsted, 25 de outubro de 2016, orsted.com; "A world-leader in wind energy", Dinamarca: site oficial da Dinamarca, novembro de 2015, denmark.dk.

<sup>12</sup> "Cities100: Melbourne—Teaming up to buy renewable energy", Cities100, 30 de outubro de 2015, c40.org.

a cidade desenvolveu um modelo de aquisição de energia coletiva e juntou forças com outras prefeituras, instituições culturais e educacionais e empresas da área para adquirir 110 gigawatts-hora de nova eletricidade renovável em dez anos.<sup>13</sup> Em Boston, instituições e desenvolvedores da região assumiram a liderança: o Massachusetts Institute of Technology, o Boston Medical Center e a Post Office Square Redevelopment Corporation se uniram para financiar uma fazenda solar de 60 megawatts através de um PPA, comprometendo-se a comprar 100% da energia gerada, a partir da instalação, por 25 anos. A fazenda solar fica na Carolina do Norte, onde 40% da geração de eletricidade é a carvão – a nova capacidade solar acelerou a descarbonização da rede da Carolina do Norte e permitiu que uma usina movida a carvão nas proximidades fosse fechada antes do prazo previsto.<sup>14</sup> Esses desenvolvimentos são pequenas etapas iniciais em comparação com a magnitude das novas energias renováveis necessárias até 2030, mas apontam para a viabilidade de cidades tomarem medidas em grande escala para a descarbonização.

Empresas de serviços públicos e governos voltados para o futuro têm comprovado que podem facilitar expansões maciças de energias renováveis em um prazo bem curto. A Orsted, por exemplo, transformou seu negócio de energia como parte do esforço nacional da Dinamarca para alcançar 100% de eletricidade e aquecimento usando energia renovável até 2035, e já está em vias de alcançar uma composição de 72% de energia renovável até 2020.<sup>15</sup> Esses exemplos podem servir como um modelo para colaborações entre cidades e empresas de serviços públicos para acelerar a descarbonização da rede. As cidades precisarão trabalhar de forma proativa com os serviços públicos em seus mapas de descarbonização e eletrificação para garantir que esses objetivos sejam incorporados ao planejamento mais amplo do sistema. Por exemplo, os serviços de utilidade pública costumam desenvolver planos de recursos integrados em ciclos de vários anos, criando um intervalo entre as decisões de investimento de uma empresa de serviços públicos e a operacionalização de um ativo renovável. As linhas abertas de comunicação também ajudam os serviços públicos a verificar se os investimentos críticos na rede, como transmissão e armazenamento, são suficientes para evitar cenários dispendiosos de contingenciamento (onde os ativos de geração renovável ficam inativos devido à falta de capacidade da rede). À medida que os proprietários mudam para as tecnologias elétricas, os serviços de utilidade pública, os reguladores e as cidades também podem trabalhar juntos para moldar novos perfis de demanda. Por exemplo, cidades e reguladores podem colaborar para definir preços com base em tempo para cobrança de EVs como um incentivo para os proprietários de EV para ajudar a uniformizar, em vez de exacerbar, os picos existentes na demanda por eletricidade.

## Diferenças entre as cidades

A estratégia de uma cidade em buscar a descarbonização da rede elétrica dependerá principalmente de dois fatores: geografia local e infraestrutura existente da cidade, bem como o contexto regulatório.

---

13 "Melbourne Renewable Energy Project", Cidade de Melbourne, acessado em 30 de outubro de 2017, [melbourne.vic.gov.au](http://melbourne.vic.gov.au).

14 David L. Chandler, "MIT's solar plant is delivering on its promises", *MIT News*, 23 de março de 2017, [new.mit.edu](http://new.mit.edu); "Summit farms: Investing in off-site renewable energy", Departamento de Sustentabilidade do MIT, acessado em 30 de outubro de 2017, [sustainability.mit.edu](http://sustainability.mit.edu).

15 Peter Fairley, "Big customers demand 100 percent renewables—and utilities look set to deliver", *IEEE Spectrum*, 24 de agosto de 2017, [spectrum.ieee.org](http://spectrum.ieee.org).

---

As cidades precisarão trabalhar de forma proativa com os serviços públicos em seus mapas de descarbonização e eletrificação para garantir que esses objetivos sejam incorporados ao planejamento mais amplo do sistema.

---

**Características de recursos renováveis.** O ambiente natural dentro e ao redor de uma cidade molda a estratégia de serviços públicos para energias renováveis: a quantidade de recursos de energia solar, eólica e outros recursos renováveis disponível para construir a composição balanceada necessária para a estabilidade da rede; se é mais econômico construir projetos em escala de usina de energia em áreas mais remotas ou em instalações menores próximas ou dentro da cidade; e se o risco de inundações, tempestades ou outros desastres naturais justifica uma ênfase nos sistemas descentralizados. Variações regionais no custo e na disponibilidade de soluções de energia renovável também contribuem para a viabilidade de diferentes abordagens, incluindo custos de mão de obra e experiência com projeto, desenvolvimento e operação de diferentes tipos de ativos renováveis.

**Infraestrutura e estrutura reguladora existente.** O ponto de partida da política de energia e ativos de serviços públicos é importante: a capacidade de transmissão de energia que já está instalada (ou planejada) para conectar a cidade com novas energias renováveis centralizadas; se as estruturas de preços e as capacidades de rede corretas podem suportar altos níveis de energias renováveis distribuídas; se as energias renováveis podem ajudar a evitar a construção de novas usinas de energia a carvão, petróleo ou gás, ou se a empresa de serviços de utilidade pública já investiu recentemente em nova geração com base em fóssil; e como a composição atual de energias renováveis nos ativos de geração de energia existentes afeta as decisões no futuro.

Quando os regulamentos estaduais ou nacionais oferecem esquemas de preços estáveis e sustentáveis para energias renováveis distribuídas, como a energia solar fotovoltaica, ou permitem a propriedade cooperativa de energias renováveis centralizadas, as cidades podem fazer mais para acelerar o investimento de empresas e proprietários de imóveis. O projeto inteligente de políticas para energias renováveis em toda a comunidade – como permitir que os desenvolvedores vendam energia acima dos preços no atacado para facilitar uma taxa atrativa de retorno onde há um valor adicional de energia solar para a rede – pode ajudar as cidades a capturar as vantagens de escala da geração centralizada e as vantagens da proximidade com o consumidor da geração no local.

## Mapas ilustrativos de 2030 por contexto urbano

Os exemplos a seguir ilustram dois extremos do espectro com base no contexto específico de uma cidade.



A geografia de uma **cidade inovadora pequena e de alta renda** oferece um clima nublado (não tão bom para a energia solar), mas abundantes recursos eólicos e hídricos fora dos limites da cidade. Concentra-se na aceleração da geração centralizada, trabalhando com os serviços de utilidade pública e angariando capital através de fontes públicas e privadas para financiar capacidade eólica suficiente para descarbonizar a rede em mais 30 pontos percentuais. Mesmo com um objetivo desafiador de 2030 de reduzir as emissões per capita para metade dos níveis de 2015, essa cidade alcança mais de 50% de seu objetivo apenas através da descarbonização da rede. O investimento total necessário até 2030 é de cerca de US\$ 600 per capita e US\$ 130 por tonelada métrica de equivalente de CO<sub>2</sub>, e o valor líquido atual (net present value, NPV) resultam em economia de energia para os investidores; e, para os serviços públicos da cidade, em investimentos de infraestrutura evitados.



**Uma megacidade de baixa renda** tem recursos solares abundantes graças à sua geografia ensolarada. Os serviços de utilidade pública estão dispostos a se associarem à cidade para descarbonizar a rede, já que observam uma oportunidade de crescer mais rapidamente e a um custo menor em comparação com a construção de usinas de combustível fóssil. Essa cidade se concentra na aceleração do armazenamento distribuído de eletricidade solar no local, trabalhando com os serviços públicos para financiar instalações em terrenos e terraços disponíveis e elegíveis na cidade, juntamente com as atualizações e investimentos de rede necessários em outra geração de baixo teor de carbono para balancear o sistema global. Essas medidas permitem que a cidade alcance 70% de suas necessidades de eletricidade com uma composição de energias renováveis distribuídas e centralizadas e cerca de 40% de seu objetivo total de emissões para 2030, mantendo, assim, as emissões absolutas estáveis mesmo com o crescimento da população e do padrão de vida da cidade. O investimento total necessário até 2030 é de aproximadamente US\$ 280 per capita e US\$ 30 por tonelada métrica de equivalente de CO<sub>2</sub>, e o valor líquido atual (NPV) positivo resulta em aumento para diversos envolvidos, incluindo desenvolvedores de energias renováveis e contribuintes.



## CAPÍTULO 2.2

# Aprimoramento da eficiência energética em edifícios

**Com milhões** de sistemas de aquecimento de ambientes, ar condicionado, água quente, iluminação, eletrodomésticos e equipamentos, os edifícios são os maiores consumidores de energia na maioria das cidades – e os maiores emissores de carbono. Em particular, o aquecimento e o resfriamento são responsáveis por 35 a 60% do uso de energia em edifícios em todo o mundo e geram, em média, quase 40% das emissões urbanas. As cidades podem reduzir significativamente suas emissões de carbono abordando não apenas a eficiência de equipamentos e eletrodomésticos em edifícios, mas também a eficiência dos próprios edifícios comerciais e residenciais, incluindo estruturas de prédios de muitos e poucos andares. Em todas as oportunidades, as cidades se beneficiarão da melhoria da disponibilidade de dados de energia do edifício como uma principal ação facilitadora para um código bem informado ou alterações no equipamento. Nossa análise indica que muitas cidades podem reduzir cerca de 20% a 55% da lacuna total em seus objetivos de redução de emissões melhorando a maneira como os edifícios consomem energia, sem incluir gastos adicionais em eletrodomésticos.

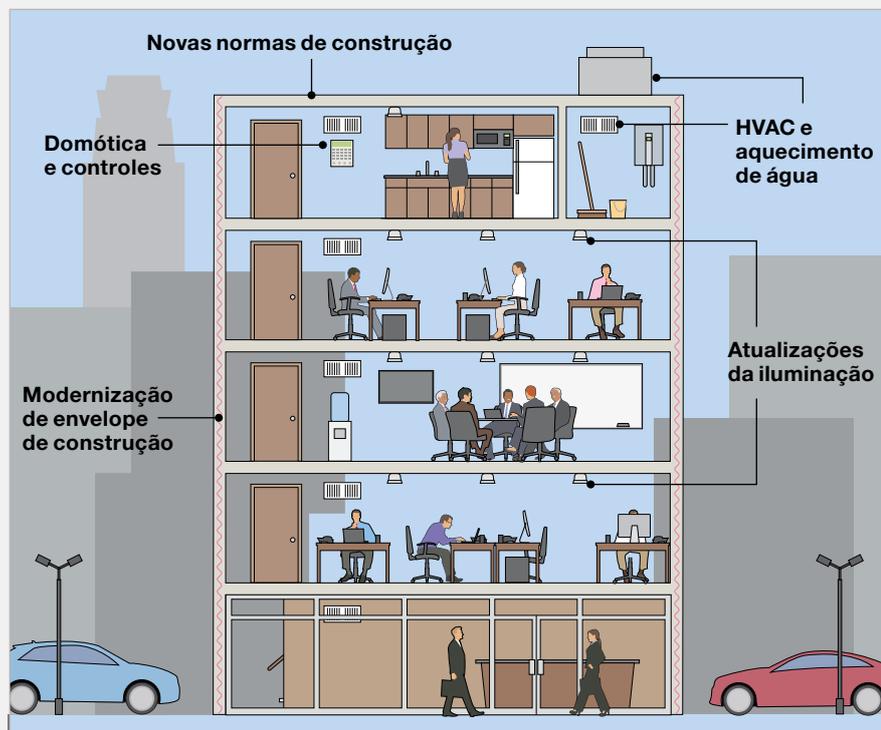
A aceleração centralizada da eficiência energética em edifícios municipais, comerciais e residenciais exigiria investimentos iniciais significativos: cerca de US\$ 20 a US\$ 100 por tonelada métrica de equivalente de CO<sub>2</sub>, o que significa dezenas de bilhões de dólares de capital necessários até 2030 para uma única cidade. Mas também faz sentido econômico: juntos, os investimentos em edifícios com consumo de energia mais eficiente podem ser recuperados em um período de 5 a 15 anos na maioria das cidades, continuando a reduzir os custos de energia – além de oferecer espaços mais confortáveis e resilientes para viver, trabalhar e brincar – para os moradores da cidade até 2050 e para a posteridade.

## As oportunidades

Em quase todas as cidades, os avanços no projeto de edifícios, sistemas e tecnologia oferecem inúmeras oportunidades para reduzir o consumo e as emissões de energia: normas mais elevadas para novas construções, modernizações de envelope de construção, tecnologias com baixo teor de carbono para aquecimento e resfriamento, LEDs para iluminação mais eficiente, além de automação e controles para melhor desempenho energético (Figura 6). Todas as oportunidades oferecem um NPV positivo (economia de energia com desconto durante a vida útil do investimento ultrapassa o custo inicial), especialmente quando agrupadas para aproveitar os efeitos sinérgicos. Em alguns casos específicos, o aquecimento e resfriamento em escala distrital podem ser vantajosos – essas condições são discutidas na seção sobre as diferenças entre as cidades.

**Aumentar as normas de eficiência de energia para novas construções.** Para qualquer cidade, garantir que a nova construção cumpra os princípios de projeto com eficiência de energia é uma das maneiras mais simples de reduzir as emissões a longo prazo. Um novo edifício construído de acordo com padrões elevados não precisará passar por uma modernização potencialmente dispendiosa e disruptiva depois para atender aos requisitos de redução de emissões. Muitas cidades já estão adotando padrões de maior eficiência (ou emissões menores) para novas construções, geralmente com base em um sistema de classificação ou certificação existente. Liderança em Energia e Projetos Ambientais (Leadership in Energy and

Figura 6



**Novas normas de construção**

Padrões de eficiência ultra-alta para novas construções; pode incluir requisitos de desempenho energético ou uso de materiais e tecnologias específicos

**Modernização de envelope de construção**

Atualização de paredes, teto, janelas e portas (por exemplo, telhados frios, janelas de alta eficiência, isolamento de paredes)

**HVAC e aquecimento de água**

Atualização de sistemas de aquecimento de espaços, ar condicionado e aquecimento de água (por exemplo, bombas elétricas de calor, ar condicionado de alta eficiência, aquecimento solar de água)

**Atualizações da iluminação**

Atualização de lâmpadas incandescentes e fluorescentes para LEDs

**Domótica e controles**

Sistemas para aprimorar e monitorar o consumo energético (por exemplo, sensores de iluminação, termostatos inteligentes)

Environmental Design, LEED), Método de Avaliação Ambiental do Building Research Establishment (Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM) e Casa Passiva (Passive House) são alguns dos sistemas mais conhecidos. Os princípios de projeto considerados nesses programas incluem hermeticidade, orientação espacial e o uso de materiais que aprimoram o aquecimento solar natural no inverno e maximizam sombras no verão (assim como o uso da luz natural) e outros recursos que minimizam as exigências gerais de energia da instalação. Algumas cidades também optaram por exigir tipos específicos de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) com eficiência energética, como calor radiante, em vez de sistemas de ar forçado central; outros definiram requisitos de desempenho de energia e relatórios que incentivam a adoção de sistemas de última geração. Os requisitos de zoneamento e planejamento urbano também podem promover o desenvolvimento de densidade mais alta, que, com o tempo, pode reduzir a demanda de energia da instalação em mais que apenas melhorias na eficiência.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Michail Fragkias, Burak Güneralp, Mukesh Gupta, et. al., "Global scenarios of urban density and its impacts on building energy use through 2050", *PNAS*, 22 de agosto de 2017, Volume 114, número 34, pnas.org.

---

Nas instalações imobiliárias existentes, reformar o envelope – o telhado, paredes externas, janelas e portas que formam o espaço fechado de um prédio – pode reduzir a demanda de aquecimento e resfriamento em cerca de 40%.

---

Em nossa análise, supomos que normas de construção de eficiência ultra-alta seriam aplicadas em 50 a 100% de novas construções em qualquer ano para a maioria dos tipos de cidades, e que conseguiriam diminuir o consumo energético de 50 a 70% nessas instalações até 2030, em comparação com as instalações existentes. Essas economias de energia são relativamente conservadoras, já que o projeto de construção de eficiência ultra-alta tem demonstrado reduzir a demanda de aquecimento e resfriamento em até 90%, e o consumo energético geral em até 75%.<sup>17</sup> Algumas cidades já aplicaram esses padrões a uma parcela ainda maior de novas construções: em 2011, depois de vários anos financiando projetos de demonstração e construindo o mercado, a cidade de Bruxelas passou a exigir que todas as novas instalações fossem construídas com a norma “Casa Passiva” (Passive House), bem como quaisquer modernizações que melhorem mais de três quartos de uma instalação.<sup>18</sup>

Bruxelas também demonstrou que o custo inicial da construção de acordo com as normas Casa Passiva pode ser comparável à construção de menor eficiência: o custo médio para edifícios residenciais é de US\$ 1.758 por metro quadrado comparado com US\$ 1.746 para construção tradicional, e Casa Passiva tem demonstrado ser um método mais barato que os métodos tradicionais para edifícios comerciais. Para a nossa análise, supomos um custo premium mais conservador de 10% com base na pesquisa anterior da McKinsey.<sup>19</sup> À medida que os custos dos materiais ecológicos de construção diminuem, esse custo inicial também irá decrescer. Entretanto, o custo ainda é um desafio para os incorporadores que operam em um setor altamente competitivo e fragmentado, com margens muito estreitas e onde é difícil repassar custos adicionais.

**Acelerar as modernizações de envelopes de construção existentes.** Nas instalações imobiliárias existentes, reformar o envelope – o telhado, paredes externas, janelas e portas que formam o espaço fechado de um prédio – pode reduzir a demanda de aquecimento e resfriamento em cerca de 40% e permitir que os edifícios usem ventilação natural ou instalem sistemas HVAC menores ou evitem completamente aquecimento e resfriamento, dependendo do ambiente. A eliminação ou instalação de sistemas de ar condicionado menores também pode reduzir consideravelmente a emissão de hidrofluorcarbonetos (HFCs), poderosos gases de efeito estufa de sistemas de resfriamento. Uma modernização completa inclui telhados mais frios (que também reduzem a temperatura ambiente nas áreas adjacentes), melhor isolamento de paredes, melhor hermeticidade e janelas de alta eficiência. Além de economizar nos custos de energia, as modernizações instaladas durante reformas também aumentam a resiliência urbana ao mitigar riscos extremos de temperatura para pessoas e propriedades

---

17 “What is passive house?” New York Passive House, [nypassivehouse.org](http://nypassivehouse.org).

18 Lenny Antonelli, “How Brussels went passive”, *Passive House Plus*, 26 de outubro de 2016, [passivehouseplus.ie](http://passivehouseplus.ie).

19 Shannon Bouton, David Newsome e Jonathan Woetzel, “Building the cities of the future with green districts”, *McKinsey on Sustainability & Resource Productivity*, 2015, Volume 3, pp. 49–55, [McKinsey.com](http://McKinsey.com).

em caso de interrupção de energia durante desastres naturais e quedas de energia. Cidades como São Francisco e Toronto criaram programas específicos para permitir que as comunidades de baixa renda reformem suas casas, como em moradias populares e prédios de apartamentos mais antigos, melhorando, no processo, a segurança e reduzindo elementos de risco à saúde, como mofo e condensação interna.<sup>20</sup>

Avaliações completas de edifícios podem revelar os custos e benefícios das intervenções no envelope de construção. Quando as demandas de aquecimento e resfriamento não justificarem uma reforma completa do envelope, ações mais simples, como a substituição de janelas e instalação de telhados frios ou ecológicos, podem alcançar grande parte do potencial de economia de energia, proporcionando melhores retornos financeiros. Telhados frios têm demonstrado reduzir a carga de ar condicionado em cerca de 10%, e janelas de alta eficiência podem melhorar o desempenho energético do edifício em 20%.<sup>21</sup> Como janelas e telhados são substituídos ou consertados com mais frequência que edifícios inteiros são reformados, o ciclo de rotatividade mais rápido permite que essas “mini-reformas modernizantes” alcancem economias de energia consideráveis para as cidades. Reformas para modernização de envelopes de construção geralmente são combinados com outras medidas, como iluminação e HVAC.

Nossa análise pressupõe que apenas os envelopes de modernização poderiam reduzir a demanda de energia de aquecimento e resfriamento em cerca de 40%, onde a demanda é razoavelmente alta (comparável às constatações do Departamento de Energia dos EUA) e que as cidades poderiam atender de 80 a 90% de suas instalações imobiliárias até 2030, como diversas cidades da Europa estão em vias de realizar.

**Atualização dos sistemas de aquecimento de água e HVAC para tecnologias de baixo teor de carbono.** Em cidades com demandas consideráveis de aquecimento e resfriamento e onde as soluções de escala distrital não são apropriadas, outra importante oportunidade para reduzir as emissões dos edifícios é acelerar a adoção de sistemas renováveis e de alta eficiência, como bombas de calor elétricas, sistemas de ar condicionado de alta eficiência e sistemas de aquecimento de água a base de energia elétrica ou solar. Como a maioria dos equipamentos de aquecimento e resfriamento permanece em operação por 10 a 20 anos ou mais, a atualização no momento da substituição também pode garantir futuras economias de emissões além do prazo de 2030. No curto prazo, substituir os sistemas de aquecimento a petróleo ou gás natural de baixa eficiência pelos modelos de maior eficiência pode contribuir com até 10% do objetivo de emissões de 2030 de uma cidade e oferece um NPV positivo hoje. Essa tecnologia já é obrigatória para novos sistemas HVAC em alguns mercados, como a União Europeia.

Em climas quentes ou temperados, o uso de espaço no terraço para aquecimento de água usando energia solar pode ser uma solução de tecnologia relativamente simples e de baixo custo para reduzir as emissões do edifício. Na China, onde algumas cidades alcançaram uma adoção quase universal em terraços adequados, o custo para instalar um aquecedor solar de água residencial pode ficar na faixa dos US\$ 200 a US\$ 300. Embora esse custo seja ainda maior que um aquecedor de água elétrico ou a gás, os proprietários de imóveis podem alcançar períodos de retorno financeiro sobre o investimento de cerca de três anos por meio

20 “Cities100: Toronto—Apartment retrofits prioritize resident well-being”, *Cities100*, 15 de novembro de 2016, c40.org; “Cities100: San Francisco—Equitable retrofits lower energy bills”, *Cities100*, 15 de novembro de 2016, c40.org.

21 “Cool roofing information for home and building owners”, Cool Roof Rating Council, acessado em 6 de novembro de 2017, coolroofs.org; *Technology roadmap: Energy efficient building envelopes*, International Energy Agency, 2013, iea.org; “Benefits: Energy & cost savings,” Efficient Windows Collaborative, acessado em 6 de novembro de 2017, efficientwindows.org; “How much can you really save with energy efficient improvements?” Energy.gov, 7 de outubro de 2016, energy.gov.

de economias em custos de eletricidade ou combustível ao substituir um sistema não baseado em energia solar.<sup>22</sup>

Em nossa análise, supomos que a aceleração centralizada poderia alcançar taxas de atualização comparáveis aos níveis que as principais cidades já estão observando para diferentes tecnologias de aquecimento de água e HVAC. Nas cidades escandinavas de hoje, por exemplo, as bombas elétricas de calor respondem por 55% de todas as vendas de sistemas de aquecimento de edifícios;<sup>23</sup> a Áustria se comprometeu a instalar três milhões de metros quadrados de energia solar térmica até 2030, ou 2,2 metros quadrados per capita, criando oportunidades de emprego consideráveis na economia local.<sup>24</sup>

**Mudar a iluminação para LEDs.** Como as reformas interrompem a operação normal de construção, os projetos que abordam a eficiência de aquecimento e resfriamento são frequentemente combinados com outras medidas de redução de emissões, o que melhora o caso de negócio geral e o tempo de retorno financeiro sobre esses investimentos.

A iluminação é responsável por 10% a 20% do consumo de energia nos edifícios, com uma percentagem ligeiramente maior nos edifícios comerciais que nos residenciais.<sup>25</sup> Adotar luzes de LED, que duram mais e produzem mais luz por watt, poder reduzir a demanda de eletricidade em 30% em comparação com as lâmpadas fluorescentes; e em 80%, com as lâmpadas incandescentes. Os custos de LED melhoraram consideravelmente na última década. Portanto, ao substituir lâmpadas incandescentes, cada nova lâmpada de LED cobre seu custo inicial em menos de dois anos em termos de economia de eletricidade.<sup>26</sup> Além da oportunidade nos edifícios, as cidades também podem reduzir as emissões no ambiente construído ao ar livre, convertendo a iluminação de rua em LEDs. Amã, por exemplo, está substituindo 119.000 postes de iluminação por LEDs e, como resultado, espera reduzir os custos de iluminação de rua em 50%.<sup>27</sup> Los Angeles instalou 114 mil lâmpadas de LED até hoje e reduziu seus custos anuais de eletricidade e manutenção em US\$ 7,5 milhões e US\$ 2,5 milhões, respectivamente – tudo isso melhorando a qualidade da iluminação.<sup>28</sup> Em nossa análise, supomos que as atualizações de iluminação podem alcançar resultados semelhantes ao nosso trabalho anterior com cidades individuais: uma média de 50% de ganho de eficiência de iluminação, com 85% de iluminação interna e 100% de iluminação pública usando LEDs até 2030.

**Ampliar o uso de domótica e controles.** Mesmo com a melhor tecnologia, o desempenho energético de um edifício tende a flutuar com o tempo, especialmente quando os ocupantes deixam luzes ou eletrodomésticos ligados e fazem muitos ajustes de aquecimento e resfriamento. Os sistemas de automação e controle, como termostatos adaptativos, sensores de iluminação e os monitores de energia de conexão, ajudam a garantir que os edifícios sejam confortáveis e funcionais para os ocupantes e, ao mesmo tempo, aprimoram a eficiência energética.

---

22 “Carrots and sticks boost renewables”, WWF Global, 1.º de março de 2012, [wwf.panda.org](http://wwf.panda.org); Umair Irfan, Kandy Wong e repórteres E&E, “Solar water heaters bloom on China’s rooftops but not in the U.S.”, *E&E News*, 2 de julho de 2013, [eenews.net](http://eenews.net).

23 Calculated based on 20 year upgrade cycle and 26–28 sales per 1,000 households, based on source: Thomas Nowak, European Heat Pump Association, European Heat Pump Summit, 2015.

24 Bettina Auinger, Brigitte Branstätter, Gerhard Dell, et al., *Carrots, sticks, and tambourines: How Upper Austria became the world’s leading solar thermal market*, O.Ö. Energiesparverband, dezembro de 2010, [energiesparverband.at](http://energiesparverband.at).

25 *Lighting Efficiency: Climate TechBook*, Pew Center on Global Climate Change, abril de 2011, [c2es.org](http://c2es.org).

26 Com base na análise da McKinsey.

27 “GAM signs deal to replace 119,000 street lights with LED unites”, *Jordan Times*, 11 de fevereiro de 2017, [jordantimes.com](http://jordantimes.com).

28 Justin Gerdes, “Los Angeles saves millions with LED street light deployment”, *Forbes*, 25 de janeiro de 2013, [forbes.com](http://forbes.com).

Os sistemas de domótica também podem ser integrados a programas de gestão de demanda de serviços públicos locais e geração de energia renovável no local – por exemplo, usando eletrodomésticos, como máquinas de lavar louça e secadoras de roupas, às vezes, quando a demanda geral de energia é inferior, para melhorar ainda mais o perfil de emissões dos edifícios. Em nossa análise, novamente com base em nosso trabalho anterior com cidades individuais, supomos que a automação e os controles podem alcançar de 2 a 5% de redução no consumo energético predial e que as cidades podem conseguir instalar sistemas de automação e controle em 15 a 40% dos edifícios até 2030. Essas oportunidades abordam as maiores fontes de emissões de gases de efeito estufa de edifícios na maioria das cidades. Oportunidades adicionais podem ser importantes apenas para algumas cidades, como alterar cozinhas que operam com base em combustível para energia elétrica ou de baixo teor de carbono, melhorando a eficiência dos eletrodomésticos e reduzindo as emissões do setor industrial (consulte a barra lateral, “Eficiência energética industrial”).

## Eficiência energética industrial

Para cidades com um grande setor industrial que contribui fortemente para as emissões de carbono, é essencial melhorar o processo e a eficiência energética em edifícios e instalações industriais. A pesquisa da McKinsey mostra que melhorias operacionais industriais podem reduzir o consumo de energia de 10 a 20%. Além disso, o investimento em tecnologias de eficiência energética pode contribuir com mais 30 a 40% e economizar centenas de bilhões de dólares por ano em custos de energia.<sup>1</sup> A maioria dos setores atualmente possui pelo menos uma solução de eficiência energética comercialmente viável que poderia, individualmente, reduzir a demanda de energia em pelo menos 15%.<sup>2</sup> As melhorias operacionais também podem consumir a energia de maneira mais

eficiente, muitas vezes sem gastos adicionais de capital. Por exemplo, ao criar perfis de carga de eletricidade mais previsíveis com menos picos no consumo energético, as fábricas podem evitar encargos dispendiosos de demanda de pico e ganhar créditos participando de programas de resposta à demanda disponibilizados pelo serviço público de energia elétrica.

1 Nicole Roettmer, Erik Schaefer e Ken Somers, “Capturing the lean energy-efficiency opportunity in industrial and manufacturing operations”, *Energy efficiency: A compelling global resource*, 2010, McKinsey.com.

2 Harsh Choudhry, Mads Lauritzen, Ken Somers e Joris Van Niel, “Greening the future: New technologies that could transform how industry uses energy”, agosto de 2015, McKinsey.com.

## Quebrando barreiras: como é possível alcançar a aceleração

Muitas cidades têm trabalhado para melhorar a eficiência de energia de edifícios por alguns anos e, embora alguns líderes tenham começado a desvendar a verdadeira escala das oportunidades disponíveis, ainda há muito a ser feito o mais rápido possível. Inovações recentes podem ajudar a aproveitar essa oportunidade, principalmente, se as cidades trabalharem juntas e compartilharem as lições aprendidas com seus esforços. Acreditamos que a receita para implementar a economia de emissões em edifícios é através de iniciativas centradas e em grande escala, com comprometimento de envolvimento de todas as partes interessadas necessárias. Nossa análise do potencial de redução de emissões em edifícios é com base nas taxas de renovação e atualização que as principais cidades estão em vias de alcançar até 2030 por meio desses programas coordenados e em escala.

**Demonstrar liderança.** As cidades podem liderar o processo de eficiência em edifícios ao adaptar proativamente seus próprios edifícios; geralmente têm um alto nível de controle sobre seus próprios edifícios municipais e podem avançar rapidamente com modernizações de eficiência de energia e medidas de redução do consumo energético, demonstrando liderança e economizando dinheiro público no processo. Cidades como Vancouver, por exemplo, estão exigindo normas para reduzir as emissões de carbono a zero para todos os novos edifícios municipais.<sup>29</sup> Iniciativas desse tipo criam empregos na região, melhoram a saúde dos moradores e usuários dos edifícios, reduzem o consumo de eletricidade e mitigam as emissões.<sup>30</sup> Enquanto isso, Bogotá, por sua vez, começou a avaliar as emissões de sua rede pública hospitalar. Essa iniciativa resultou em vários projetos-piloto, como instalações de aquecimento de água com energia solar que reduziram o consumo energético apesar de um aumento significativo nos serviços hospitalares prestados.<sup>31</sup>

**Ignorar ciclos de renovação natural.** A longevidade das instalações imobiliárias, que, geralmente, passam por grandes reformas a cada 30 ou 50 anos, é um dos principais desafios na aceleração de melhorias. Esse prazo faz com que o estímulo a novas normas de construção se transforme em uma oportunidade para redução de emissões em todas as cidades, mesmo quando aplicado apenas a um subconjunto de novas construções (aualmente, algo corriqueiro nas cidades) e mesmo com estimativas conservadoras para a economia de energia de normas de eficiência ultra-alta. Para lidar com as instalações imobiliárias existentes, as cidades tomaram medidas para contornar os ciclos de renovação natural ao vincular as exigências de atualização a acionadores mais frequentes, como alterações na titularidade. Por exemplo, Nova York exige que os proprietários de grandes edifícios realizem auditorias periódicas de energia e comissionamento retroativo de equipamentos. Ademais, a Prefeitura oferece assistência aos proprietários interessados em realizar reformas modernizantes mais profundas por meio de seu programa Retrofit Accelerator (Acelerador de modernização).<sup>32</sup> Nova York também anunciou recentemente planos para introduzir um limite máximo de combustível fóssil para edifícios altos para acelerar as modernizações de envelopes e atualizações de sistemas HVAC. Em Tóquio, um programa similar de “limitar e negociar” para grandes edifícios já reduziu as emissões em 22%, em sua primeira fase.<sup>33</sup> Em Shenzhen, 635 empresas e 197 grandes projetos de infraestrutura estão participando de um esquema de negociação de emissões que alcançou uma redução de 12,6% nas emissões, mesmo com o crescimento da atividade econômica.<sup>34</sup>

Outro desafio de atualizações de edifícios é que os projetos de modernização incomodam os moradores, que muitas vezes precisam se mudar até a conclusão do projeto, resultando em perda de receita para os proprietários de edifícios. Entretanto, inovações em modernizações rápidas de envelopes, como o modelo Energiesprong, na Holanda, permitem exteriores pré-fabricados que podem reduzir a duração do projeto para semanas, em comparação com o prazo normal de

---

29 Johanna Partin and Michael Shank, “Because national governments won’t, cities are pushing zero-energy buildings”, *Fast Company*, 25 de março de 2016, [fastcompany.com](http://fastcompany.com).

30 *Pembina institute*, “Vancouver’s green buildings policy is good news for homeowners and renters”, publicação em blog por Lee Loftus e Karen Tam Wu, 1.º de maio de 2017, [pembina.org/blog](http://pembina.org/blog).

31 “Cities100: Bogotá—Hospital program shrinks CO2, improves patient experience”, *Cities100*, 15 de novembro de 2016, [c40.org](http://c40.org).

32 “LL87: Energy audits & retro-commissioning”, Departamento de Sustentabilidade, Prefeito da Cidade de Nova Iorque, acessado em 6 de novembro de 2017, [nyc.gov](http://nyc.gov).

33 “Tokyo’s urban cap-and-trade scheme delivers substantial carbon reductions”, *C40 Cities*, 17 de novembro de 2015, [c40.org](http://c40.org).

34 “Cities100: Shenzhen—Carbon trading decouples growth from climate impact”, *Cities100*, 30 de outubro de 2015, [c40.org](http://c40.org).



© chinafaces/Getty Images

meses. Tais métodos minimizam a interrupção para os moradores e melhoram enormemente as perspectivas de negócios para os proprietários dos edifícios.<sup>35</sup> Essa abordagem com base em tecnologia e operações pode ajudar a colocar as cidades no caminho certo para renovar de 20 a 30% dos edifícios com poucos andares até 2030.

**Usar novos modelos de negócios e financiamento para melhorar o setor produtivo de negócio.** Um obstáculo comum às modernizações de eficiência energética é financeiro: as modernizações de edifícios envolvem custos iniciais significativos, longos períodos de retorno financeiro em caso de atualização (de 20 a 25 anos para melhoria do envelope e um tempo significativamente mais longo em casos difíceis) e superar o problema de “incentivo dividido” (quando os incorporadores ou proprietários investem em melhorias de eficiência energética, mas os moradores do edifício obtêm a economia de energia em suas contas de serviço público). O desbloqueio de capital privado, trabalhar com investidores como fundos de pensão e empresas de gestão imobiliária que têm metas financeiras de longo prazo e encurtar os períodos de retorno financeiro são abordagens fundamentais para a criação de edifícios com consumo de energia mais eficiente, mais baratos de operar e melhores para viver e trabalhar. Agrupar diversas melhorias juntas pode reduzir os custos de aquisição de clientes e possibilitar profundas modernizações com retornos financeiros razoáveis. Por exemplo, a renovação de um edifício que inclua a modernização do envelope, além de atualizações aos sistemas de aquecimento de água, iluminação, automação e HVAC, pode retribuir os investimentos por meio da economia de energia de cinco a dez anos. Modelos de financiamento inovadores também podem ultrapassar a questão do incentivo dividido. Um exemplo são os contratos de energia com base no desempenho, em que um terceiro gerencia a instalação de soluções de baixo teor de carbono e aprimora continuamente os sistemas do edifício para garantir que os benefícios totais sejam obtidos em troca de uma parte da economia de energia. O município de Paris teve sucesso na modernização de 100 escolas em uma fase inicial com um modelo de critérios de desempenho ambiental e agora está implementando o modelo em uma abordagem mais ampla.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Arno Schmickler, “Energiesprong — making net-zero energy housing a reality”, National Energy Foundation, 4 de novembro de 2016, nef.org.uk; “What are net zero energy refurbishments?” Transition Zero, acessado em 6 de novembro de 2017, transition-zero.eu.

<sup>36</sup> “Paris school retrofit project tackles energy efficiency”, *C40 Cities*, 18 de setembro de 2014, c40.org.

### **Exigir maior eficiência e eliminação de HVAC alimentado por combustíveis fósseis.**

Em casos de predominância do aquecimento alimentado por combustíveis fósseis nos edifícios existentes, as cidades alcançaram reduções aceleradas de emissões por meio de uma abordagem dupla: exigir sistemas a combustível fóssil de alta eficiência em curto prazo e implementar medidas de prazo mais longo para eliminá-los e substituí-los por tecnologia elétrica ou renovável. As cidades escandinavas exigem que todos os sistemas com base em combustível fóssil usem tecnologia de alta eficiência, como caldeiras de condensação e aquecimento de água sem tanque, enquanto promovem alternativas com teores ainda mais baixos de carbono, fazendo com que cerca de 35% dos edifícios passassem a usar bombas elétricas de calor a partir de 2017.<sup>37</sup> Padrões de emissões com base no desempenho, como de Nova York e Tóquio, ajudam a aumentar a adoção de sistemas de aquecimento de água e HVAC com baixo teor de carbono sem decretar o uso de uma tecnologia específica. Os resultados das reduções de emissões em Nova Iorque resultarão na eliminação de 40 mortes prematuras e 100 visitas às unidades de pronto atendimento por ano. Ademais, devido à melhoria da qualidade do ar 17.000 novos empregos no setor de construção civil serão criados até 2030.<sup>38</sup> Considerando a longa vida útil de equipamentos de aquecimento de água e HVAC em edifícios – geralmente de 10 a 20 anos ou mais –, é essencial que as cidades eliminem proativamente as tecnologias baseadas em combustíveis fósseis até 2030. As cidades podem ajudar a construir o mercado e reduzir o custo das tecnologias de substituição por meio de esforços como incubadoras e programas piloto que oferecem pontos de prova para o mercado em geral.

### **Diferenças entre as cidades**

O potencial de redução de emissões de diferentes soluções de edifícios em uma determinada cidade depende em grande parte de três fatores: instalações imobiliárias existentes e crescimento.

**Clima.** Não é surpreendente que o clima determine as exigências gerais de aquecimento e resfriamento de uma cidade. Por exemplo: os climas frios têm um grande diferencial entre as temperaturas internas e externas confortáveis, de modo que os envelopes de construção se tornam especialmente importantes para evitar a perda de calor. Quando as cidades enfrentam longos períodos de inverno, apenas melhorar o desempenho do envelope de construção pode alcançar cerca de 5% a 10% dos objetivos de redução de emissões até 2030. Em climas quentes, onde a ventilação natural é insuficiente para o resfriamento, o ar condicionado de alta eficiência se torna a maior oportunidade, especialmente quando a mudança climática gera ondas de calor mais frequentes e mais dias quando o resfriamento é necessário. Em climas amenos, os edifícios podem ser projetados para ventilação natural, evitando o uso de ar condicionado.

**Parque imobiliário existente.** Os edifícios mais ineficientes atualmente são (por exemplo, devido a isolamento e vedação inadequados, tecnologia de aquecimento e resfriamento mais antiga ou pouca automação ou mal calibrada), maior o potencial de economia de energia resultante de atualizações de eficiência e melhor o caso de negócio para investimentos em soluções com baixo teor de carbono. Por exemplo, as cidades suburbanas mais antigas, dominadas por casas unifamiliares construídas de acordo com normas de baixa eficiência, têm emissões per capita mais altas que as cidades mais densas com edifícios mais eficientes.

---

<sup>37</sup> Thomas Nowak, European Heat Pump Association, European Heat Pump Summit, 2015.

<sup>38</sup> *1.5°C Aligning New York City with the Paris Climate Agreement*, C40 Cities, setembro de 2017, nyc.gov.

---

Fortes códigos de construção e fiscalização, melhorias proativas de eficiência energética e planejamento e desenvolvimento urbano inteligentes são essenciais para garantir que o aumento da prosperidade e da população não levem a um consumo energético total e descontrolado.

---

**Crescimento populacional e de renda.** Em cidades que esperam um rápido crescimento da renda ou da população – e a enxurrada de construções de edifícios e o respectivo aumento de consumo energético – as normas de alta eficiência para as construções são imperativas para redução das emissões. Os residentes tendem a exigir mais área ocupada per capita e climas interiores controlados à medida que os seus rendimentos aumentam, e a construção rápida frequentemente leva a um projeto de má qualidade e a edifícios com desempenho insatisfatório em termos de eficiência energética. Fortes códigos de construção e fiscalização, melhorias proativas de eficiência energética e planejamento e desenvolvimento urbano inteligentes são essenciais para garantir que o aumento da prosperidade e da população não levem a um consumo energético total e descontrolado.

Em algumas circunstâncias, as cidades com rápido crescimento podem usar aquecimento e resfriamento distritais (sistemas de grande escala construídos para atender a vários edifícios) para oferecer aquecimento e resfriamento com baixo teor de carbono, juntamente com a rápida construção dos edifícios. Os sistemas distritais são mais econômicos em locais com alta demanda de recursos gratuitos com baixo teor de carbono, bem como aquecimento e resfriamento, como calor residual industrial e lagos ou oceanos para resfriamento e um alto volume de desenvolvimento na área de serviço viável do sistema. Sky Tree Town, em Tóquio, usa uma combinação de bombas de calor e tanques de água em seu sistema distrital, reduzindo o uso de energia em 44% e as emissões de gases de efeito estufa em 50% em comparação com sistemas individuais.<sup>39</sup> As cidades que já possuem sistemas distritais de energia podem descobrir que ampliar a cobertura para novos edifícios adicionais traz grandes economias. O sistema de aquecimento a vapor centralizado de Toronto, construído na década de 1970, foi ampliado em 2004 para adicionar uma capacidade de resfriamento usando a água do Lago Ontário. Para edifícios escolhidos em Toronto, a conexão com o sistema de resfriamento distrital custa 10% a 15% menos em custos operacionais que os resfriadores convencionais.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> JFS, "District heating and cooling of Tokyo sky tree area largely reduces energy use, CO2 emissions", 29 de outubro de 2013, japanfs.org.

<sup>40</sup> Gail el Baroudi, "An answer for the heat? Cool clear water", *The Globe and Mail*, 18 de julho de 2006, beta. theglobeandmail.com.

## Mapas ilustrativos de 2030 por contexto urbano

Os exemplos a seguir ilustram dois extremos do espectro com base no contexto específico de uma cidade.



**Uma cidade inovadora pequena e de alta renda** com um clima frio, crescimento lento e frequentemente com construções antigas e históricas no centro da cidade, concentra-se na aceleração de duas oportunidades: modernização dos envelopes de construção existentes e atualização de sistemas de aquecimento com baixo teor de carbono. Estabelece um modelo de "incubadora de modernização" para apoiar as instalações piloto e ampliar rapidamente inovações para automatizar e padronizar o processo de modernização de envelopes, permitindo que melhore 95% das instalações imobiliárias até 2030. Ao mesmo tempo, a cidade trabalha com o governo nacional para exigir um desempenho mínimo de emissões em sistemas de aquecimento de água e HVAC e construir o mercado para novas soluções – com o objetivo de se tornar líder regional ou global em tecnologias avançadas de construção. As bombas elétricas de calor crescem para responder por metade de todos os sistemas de aquecimento de espaços, e 100% dos sistemas de aquecimento de água são elétricos ou solares até 2030. As reduções de emissões resultantes alcançam cerca de 3% do objetivo total de redução de emissões da cidade em 2030. O investimento adicional total exigido até 2030 é de aproximadamente US\$ 11 bilhões, ou cerca de US\$ 4.000 per capita e US\$ 100 por tonelada métrica de equivalente de CO<sub>2</sub>, com NPV positivo e retorno financeiro agregado de seis a oito anos.



**Uma megacidade de baixa renda**, com clima quente e rápido crescimento, concentra-se principalmente no estabelecimento de normas de Casa Passiva para novas construções e reformas, incluindo novos requisitos de eficiência para sistemas de ar condicionado e incentivando o desenvolvimento denso de novas construções. Metade dos novos edifícios a partir de 2017 são 50 a 70% mais eficientes que os edifícios existentes e, à medida que a cidade cresce, essas estruturas representam um terço do total das instalações imobiliárias, contribuindo com cerca de 22% das reduções totais de emissões necessárias para o objetivo de 2030 da cidade. O investimento adicional total exigido até 2030 é de aproximadamente US\$ 12 bilhões, ou cerca de US\$ 550 per capita e US\$ 20 por tonelada métrica de equivalente de CO<sub>2</sub>, com NPV positivo e retorno financeiro agregado de seis a oito anos.



## CAPÍTULO 2.3

# Capacitação da mobilidade de próxima geração

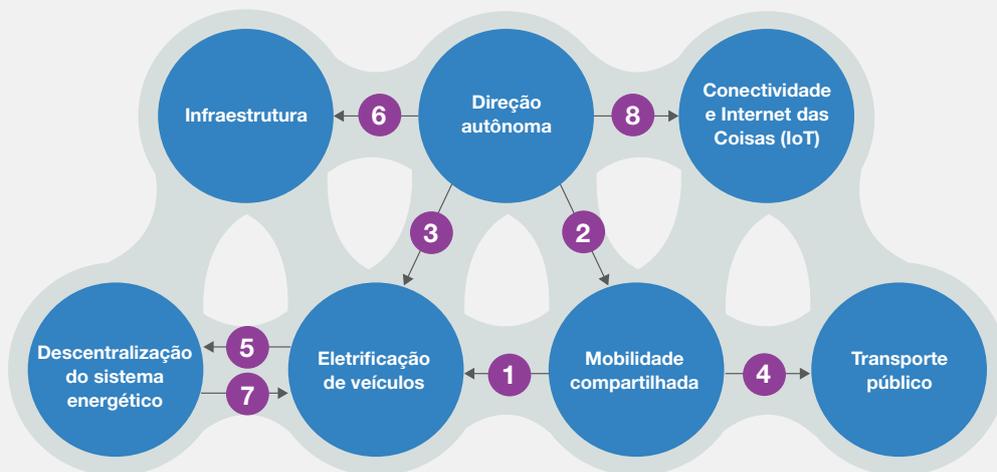
À medida que as cidades lidam com o influxo de pessoas nos centros urbanos, a mobilidade de pessoas e bens se tornou uma das preocupações mais urgentes para autoridades eleitas e estrategistas políticos. A situação atual já é insustentável em muitas cidades, com a poluição do ar local alcançando níveis perigosos para a saúde humana e o congestionamento custando até 8% do PIB total da cidade em alguns centros urbanos.<sup>41</sup> As cidades simplesmente não podem se dar ao luxo de aceitar “negócios conduzidos normalmente” quando se trata de transporte.

Felizmente, ao mesmo tempo, diversas tendências que se reforçam mutuamente no planejamento do uso do solo e mobilidade estão começando a transformar a experiência de se locomover nas cidades. O setor de transportes já está se reorientando para essa nova realidade: fabricantes de carros, empresas de petróleo e gás, serviços de utilidade pública e provedores de infraestrutura também assumem que carros e caminhões serão usados de maneiras drasticamente diferentes no futuro. A Figura 7 mostra como algumas dessas tendências provavelmente irão interagir: por exemplo,

<sup>41</sup> TheCityFix, “Study: Rio de Janeiro and São Paulo lost USD 43 billion from traffic congestion in 2013”, publicação em blog por Renato Lobo, 31 de julho de 2014, [thecityfix.com/blog](http://thecityfix.com/blog); *The future economic and environmental costs of gridlock in 2030*, Centre for Economics and Business Research, julho de 2014, [ibttta.org](http://ibttta.org).

Figura 7

### Principais tendências



### Reforço dos efeitos

- 1 Uma atualização da mobilidade compartilhada acelerará a eletrificação, já que uma utilização maior favorece a economia dos veículos elétricos.
- 2 A direção autônoma pode fundir modelos de negócio de mobilidade compartilhada em uma única proposta competitiva com a propriedade de carros particulares e o transporte público.
- 3 Os veículos autônomos – privados e compartilhados – tendem a aumentar o consumo de mobilidade e, nesse caso, os veículos elétricos oferecem menor custo total de propriedade.
- 4 Uma atualização da mobilidade compartilhada afetará o transporte público.
- 5 A produção de veículos elétricos em escala aceleraria as reduções de custo de bateria, com diversos efeitos.
- 6 Os veículos elétricos autônomos terão uma utilização diferente e, portanto, exigem requisitos diferentes para a infraestrutura de carregamento.
- 7 O aumento da geração de energia renovável tornará os veículos elétricos mais atrativos como um meio para reduzir a intensidade de carbono do setor de transportes.
- 8 Veículos autônomos podem acelerar a adoção de aplicativos IoT.

Fonte: Análise da equipe Bloomberg New Energy Finance e Future of Mobility

a direção autônoma poderia acelerar a criação de novos modelos de negócio para mobilidade compartilhada de baixo custo, o que poderia complementar as ofertas de transporte público.

Para aproveitar essas tendências e reduzir as emissões, as cidades precisarão planejar proativamente o cenário da mobilidade para garantir que diversas opções atrativas e acessíveis estejam disponíveis para todos. Para muitas cidades, as oportunidades nessa área de ação podem abranger de 20 a 45% das reduções de emissões necessárias até 2030, dependendo do contexto da cidade. No processo, esses esforços podem transformar a qualidade de vida dos residentes, reduzindo o tempo perdido devido ao congestionamento, aliviando a poluição do ar local e os efeitos associados à saúde, além de liberar imóveis valiosos da cidade.

## As oportunidades

A mobilidade de próxima geração inclui não apenas os meios de transporte que os residentes da cidade usam para ir de um ponto a outro, mas também o projeto e o desenvolvimento dos centros urbanos. Limitar as emissões do fluxo de passageiros e bens em toda a cidade é um desafio complexo, mas que pode ser resolvido através de quatro oportunidades principais (Item 8).

**Acelerar o desenvolvimento voltado para o trânsito.** Veículos compartilhados, de energia limpa e conectados abrirão novas possibilidades de mobilidade em uma cidade, especialmente em combinação com melhorias na infraestrutura de transporte e no ambiente urbano. Planejamento e desenvolvimento urbano ponderados podem alcançar um ciclo virtuoso para as cidades ao garantir emissões inferiores à medida que edifícios, sistemas de transporte e outras infraestruturas são construídos para maior eficiência, e uma maior densidade populacional possibilita uma série de soluções de mobilidade. Por exemplo, um desenvolvimento mais denso no centro da cidade e nós de emprego adjacentes podem reduzir o tempo médio de viagem, especialmente quando combinados com melhorias em vias para pedestres e bicicletas e investimentos em infraestrutura de transporte coletivo. Uma massa crítica de passageiros em potencial em uma área melhora o caso de negócio para sistemas como redes de carregamento de veículos elétricos, transporte público e veículos compartilhados.

Esses desenvolvimentos também podem ser econômicos para uma cidade com as estruturas de financiamento certas estabelecidas. Por exemplo, as áreas ao redor das estações ferroviárias de Tóquio possuem comunidades densas e multiuso, fazendo com que sejam modelos de um desenvolvimento voltado para o trânsito financeiramente bem-sucedido. As operadoras de metrô estão no centro desse desenvolvimento e obtêm maiores benefícios financeiros diversificando para o setor imobiliário, varejo e inúmeros outros negócios que transformam as estações de metrô em “centros de atração” nos distritos onde estão situadas.<sup>42</sup> Da mesma forma, a cidade de Joanesburgo está investindo nos “Corridors of Freedom” (Corredores da Liberdade), uma estratégia de desenvolvimento voltada para o transporte para conectar os nós de desenvolvimento de uso misto ao longo das artérias de transporte. Essa abordagem de desenvolvimento é projetada para não apenas reduzir os custos gerais de serviços para a cidade, mas também aproximar os cidadãos dos locais de emprego e serviços, aumentar o acesso a oportunidades de habitação acessível e impulsionar a conectividade geral e oportunidades de desenvolvimento econômico.<sup>43</sup>

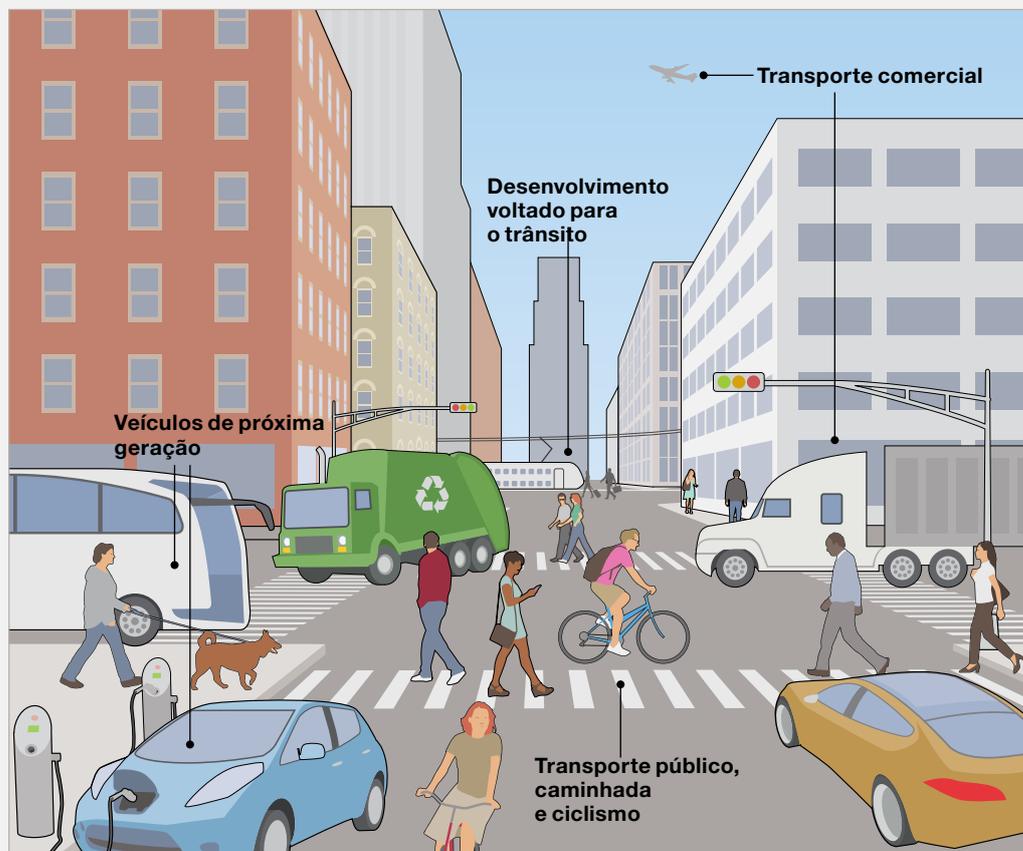
Na verdade, constatamos que a densificação através de um planejamento inteligente é uma das maiores oportunidades para reduzir as emissões de transporte, especialmente em cidades de

---

42 John Calimente, “Rail integrated communities in Tokyo”, *Journal of Transport and Land Use*, 2012, Volume 5, número 1, pp. 19–32, [jtl.u.org](http://jtl.u.org).

43 “Development planning, Joburg, my city, our future”, atualizado em 16 de agosto de 2017, [joburg.org.za](http://joburg.org.za); “TOD will improve quality of life,” Agência de Desenvolvimento de Johannesburg: Building a better city, [jda.org.za](http://jda.org.za).

Figura 8



**Desenvolvimento voltado para o trânsito**

Desenvolvimento urbano, denso e de uso misto, com conectividade de trânsito

**Transporte público, caminhada e ciclismo**

Infraestrutura para apoiar um maior uso de alternativas aos veículos particulares (por exemplo, ciclovias protegidas, vias rápidas para ônibus)

**Veículos de próxima geração**

Carros elétricos, caminhões, ônibus e outros veículos com recursos conectados, compartilhados e autônomos

**Transporte comercial**

Alterações nas operações e tecnologias para agilizar o tráfego comercial (por exemplo, entrega noturna, centros de consolidação urbana, armários de encomendas)

Ilustração de Vic Kullihin

rápido crescimento. Isso ocorre principalmente porque o aumento da densidade tende a aumentar o número de pedestres, ciclistas e usuários do transporte público, especialmente em áreas que já possuem transporte público acessível.<sup>44</sup> Com base nessa constatação, a nossa análise mostra que elevar a densidade populacional média por quilômetro quadrado de 3 a 10% pode contribuir com 5 a 15% das reduções de emissões necessárias até 2030. Além desses benefícios em curto prazo, o planejamento do uso da terra e o desenvolvimento denso também garantem padrões positivos de desenvolvimento que reduzem as emissões de longo prazo, melhoram o acesso equitativo e apoiam o desenvolvimento econômico nas próximas décadas.

<sup>44</sup> Land use impacts on transport: How land use factors affect travel behavior, Victoria Transportation Policy Institute, julho de 2017, vtpi.org.

**Incentivar o transporte público, caminhada e ciclismo.** Para capturar todo o potencial de redução de emissões, as cidades precisarão garantir que vias para pedestres, bicicletas e transporte público permaneçam acessíveis e sejam opções atrativas para se movimentar pela cidade.

A melhoria da cobertura e da experiência de transporte público pode ajudar a atrair passageiros para formas de transporte motorizado com baixo teor de carbono, como ônibus e serviços ferroviários, especialmente em cidades com baixas taxas de propriedade de carros. Diversos fatores influenciam as decisões das pessoas para usar o transporte público, incluindo frequência, segurança, confiabilidade, limpeza e conveniência do serviço. As cidades podem fazer melhorias direcionadas ao transporte público, como a introdução de BRT nas principais vias urbanas, reforma das principais estações para melhorar a segurança ou a adição de estações para aumentar o acesso a áreas carentes. Por exemplo, em 2002, Boston acrescentou quatro novas estações a uma linha ferroviária, a Linha Fairmount/Indigo, que conecta o distrito comercial central e a periferia sul da cidade, uma das áreas mais pobres e densamente povoadas. Essa extensão não apenas impulsionou o número de usuários de transporte público, mas também estimulou a revitalização de áreas ao longo da rota, com empresas de desenvolvimento comunitário comprando e reconstruindo mais de 1.500 unidades habitacionais, desenvolvendo 73 metros quadrados de espaço comercial e criando mais de 1.300 empregos.<sup>45</sup> Da mesma forma, a cidade sul-africana de Tshwane introduziu uma rota de BRT dedicada com ônibus de baixa emissão para oferecer aos moradores da periferia da cidade acesso mais rápido e confiável ao centro da cidade. Consciente de que a rota substituiria os sistemas de transporte de miniônibus informais existentes, a cidade ofereceu uma remuneração financeira e uma participação acionária na nova empresa de operação de ônibus (bus operating company, BOC) às pessoas que ficaram deslocadas devido às mudanças.<sup>46</sup> Em Adis Abeba, onde o transporte responde por 47% do total de emissões e a rede elétrica é alimentada quase exclusivamente por energias renováveis, um novo sistema de veículo leve sobre trilhos mais que duplicou a velocidade média de transporte na cidade e criou mais de 1.100 empregos, além de reduzir a poluição do ar local.<sup>47</sup>

As cidades podem incentivar o transporte não motorizado tornando as vias para pedestres e bicicletas mais atrativas, especialmente em áreas densas e voltadas ao trânsito. Nossa análise mostra que o aprimoramento da infraestrutura de vias para pedestres e bicicletas com recursos como ciclovias e calçadas protegidas, espaçosas e convenientemente localizadas pode alcançar de 5 a 15% adicionais do objetivo de redução de emissões de 2030. Esses meios fisicamente ativos de transporte têm benefícios adicionais: a pesquisa mostra que a melhoria da capacidade de caminhada em 5% pode não apenas reduzir a quilometragem de veículos em aproximadamente 6,5%, mas também contribuir para melhorar a saúde das pessoas.<sup>48</sup>

Para incentivar ainda mais o transporte público, caminhada e ciclismo, as cidades podem introduzir medidas como pedágios automáticos, aberturas de vias dinâmicas, estacionamento reduzido ou com preços dinâmicos em áreas congestionadas e designar zonas para transporte não motorizado. Quando existem alternativas atrativas de carros particulares para viagens específicas, essas medidas de gestão de congestionamento podem servir para direcionar os viajantes a escolher formas de mobilidade com baixo teor de carbono e maior ocupação, além de reduzir as emissões de carros que ficam inativos em congestionamentos. Estocolmo introduziu uma tarifação de congestionamento

---

45 Shannon Bouton, David Cis, Lenny Mendonca, Herbert Pohl, Jaana Remes, Henry Ritchie e Jonathan Woetzel, *How to make a city great*, McKinsey Cities Special Initiative, 2013, McKinsey.com.

46 "Cities100: Tshwane—Creating a reliable alternative to informal transit", *Cities100*, 30 de outubro de 2015, c40.org.

47 "Cities100: Addis Ababa—Sub-Saharan Africa's first light-rail train", *Cities100*, 15 de novembro de 2016, 2016, c40.org.

48 William Bachman, Terry L. Conway, Lawrence D. Frank, et al., "Many pathways from land use to health: Associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality", *Journal of the American Planning Association*, março de 2006, Volume 72, número 1, pp. 75–87, researchgate.net.

---

Para incentivar ainda mais o transporte público, caminhada e ciclismo, as cidades podem introduzir medidas como pedágios automáticos, aberturas de vias dinâmicas, estacionamento reduzido ou com preços dinâmicos em áreas congestionadas e designar zonas para transporte não motorizado.

---

em 2006, e essa medida (combinada com a ampliação do transporte público) alcançou uma redução sustentada de 20% no tráfego de veículos.<sup>49</sup> A zona de congestionamento de Londres reduziu as emissões de carbono de 15 a 20%, e partículas finas e dióxido de nitrogênio (NOx) em 10%.<sup>50</sup>

Como o desenvolvimento voltado para o trânsito, os investimentos em infraestrutura para incentivar o transporte público, bem como a caminhada e o ciclismo, geralmente exigem que as cidades e outros órgãos governamentais realizem gastos líquidos de capital. Entretanto, esses gastos são positivos líquidos de uma perspectiva econômica mais ampla. Pedágios e estacionamento com preços dinâmicos podem gerar receitas, assim como tarifas de transporte público e pagamentos para serviços de compartilhamento de bicicletas, além de reduzir o estresse na infraestrutura rodoviária. Onde a economia faz sentido, parcerias público-privadas podem ser usadas para financiar esses investimentos. Benefícios econômicos adicionais, entretanto, são mais difíceis de quantificar à medida que resultam em benefícios para residentes e empresas na forma de maior tráfego de pedestres em áreas de varejo comercial, maior produtividade devido à redução do congestionamento e do tempo de deslocamento e melhor qualidade de vida que aumenta os valores de imóveis e atrai novos negócios e moradores para a cidade.

**Possibilitar veículos de próxima geração.** Quatro tendências interrelacionadas do setor poderiam ajudar a inaugurar uma era de mobilidade de baixa emissão de carbono perfeita: eletrificação de veículos; mobilidade compartilhada (por exemplo, frotas de carros compartilhados, serviços de e-hailing, transporte de van e miniônibus sob demanda e pooling de carga); veículos autônomos (AVs); e conectividade sem fio que permite comunicação entre veículos e com a infraestrutura de transporte mais ampla. Essas tendências reforçam umas às outras à medida que se desenvolvem. Por exemplo, tecnologia conectada e autônoma poderia reduzir o custo de soluções de mobilidade compartilhada, como serviços de e-hailing, que poderiam operar sem motoristas e expedidores. Veículos elétricos têm menor custo total de propriedade (TCO) que veículos movidos a combustíveis fósseis, tornando a eletrificação especialmente atrativa para serviços de entrega autônoma e mobilidade compartilhada. Enquanto isso, a conectividade entre carros e infraestrutura não apenas possibilita a autonomia, mas também um conjunto completo de outras soluções que podem melhorar o fluxo do trânsito, incluindo semáforos inteligentes e reencaminhamento em tempo real em caso de congestionamento. Juntamente com essas tendências tecnológicas mais recentes, a economia crescente de combustível nos veículos convencionais de combustão interna desempenhará um papel significativo, contribuindo com cerca de 10 a 25% do total de reduções de emissões necessárias até 2030. Ao todo, a aceleração dessas tendências poderia contribuir com 20 a 45% do total de reduções de emissões, dependendo do contexto da cidade.

---

49 Eric Jaffe, "A blueprint for beating traffic", CityLab, 15 de dezembro de 2011, [citylab.com](http://citylab.com)

50 Ed Pike, *Congestion charging: Challenges and opportunities*, The International Council on Clean Transport, abril de 2010, [theicct.org](http://theicct.org).

Até que a rede esteja completamente descarbonizada, todos os veículos motorizados contribuirão com emissões de gases de efeito estufa. Entretanto, na maioria das cidades, os EVs terão um perfil de emissões inferior aos veículos de combustão interna comparáveis e oferecerão o benefício adicional de reduzir a poluição do ar associada ao transporte (como material particulado e óxido de nitrogênio) e ruído nas ruas da cidade. À medida que os EVs se tornam mais amplamente disponíveis e com TCO mais competitivos, as cidades podem alcançar eletrificação de até 12% da frota total de veículos até 2030 e contribuir com até 20% de redução de emissões para uma trajetória de 1,5 °C ao acelerar a eletrificação de veículos particulares, comerciais e de transporte público.

À medida que os modelos de EV se tornam mais amplamente disponíveis e acessíveis, podem chegar a quase 30% das vendas de novos veículos até 2030, embora seja improvável que essa aceitação seja uniforme;<sup>51</sup> as cidades que querem alcançar uma maior aceitação provavelmente terão que realizar esforços mais amplos. Na verdade, com os incentivos da cidade, os EVs poderiam responder por até 50% das vendas de veículos novos nesse período. Além disso, a pesquisa da McKinsey indica que outras novas tendências de mobilidade também começarão a ocorrer até 2030: até 10% dos carros vendidos podem ser um veículo compartilhado e até 15% dos novos carros vendidos naquele ano podem ser totalmente autônomos. Considerando o caráter reforçador das quatro tendências de mobilidade descritas acima, o crescimento significativo em veículos compartilhados, AVs e conectividade provavelmente irá gerar taxas de adoção de EV mais altas. (Consulte a barra lateral, “Veículos autônomos”).

Os ônibus são os principais candidatos para as cidades; as frotas gerenciadas são particularmente adequadas para a eletrificação, já que é possível fazer rodízio com os veículos para carregamento, conforme necessário, e seguir rotas fixas, para que os locais de estação de carregamento possam ser aprimorados. As cidades com grandes frotas de ônibus podem alcançar de 1 a 3% do objetivo de redução de emissões ao converter todos os ônibus em modelos elétricos até 2030.

**Possibilitar entrega e transporte de carga de próxima geração.** Cidades onde a logística e as entregas contribuem significativamente para as emissões podem trabalhar com o setor privado

51 Shannon Bouton, Eric Hannon, Stefan Knupfer, Detlev Mohr, Timo Moeller, Jan Tijs Nijssen, Surya Ramkumar, Swarna Ramanathan, Christer Tryggstad, and Colin McKerracher, Itamar Orlandi, Michael Wilshire, *An Integrated Perspective on the Future of Mobility*, um relatório conjunto da McKinsey & Company e Bloomberg New Energy Finance, outubro de 2016, McKinsey.com.

## Veículos autônomos

Do ponto de vista das emissões, o principal benefício potencial da tecnologia totalmente autônoma, além da aceleração da adoção do EV, será a melhoria dos fluxos de trânsito em toda a cidade. Este “efeito de frota” resulta de AVs que podem identificar rapidamente rotas alternativas para vias congestionadas, gerenciar melhor a aceleração e as paradas, dirigir com mais rapidez e proximidade e, além disso, melhorar o comportamento da direção humana. Com base nos anúncios das principais montadoras, os AVs estarão disponíveis comercialmente a partir de 2020;

mesmo com a adoção rápida, é improvável que os AVs alcancem a massa crítica necessária para um efeito de frota substancial nas cidades antes de 2040. Enquanto isso, a coleta eficiente de dados de programas piloto dessa tecnologia inicial será essencial para entender seu impacto potencial no trânsito da cidade, na segurança e na produtividade dos residentes e as melhores estratégias para moldar o uso de AVs para alcançar o máximo benefício para os residentes e o clima.

para descarbonizar as cadeias de suprimento e transformar o transporte comercial. Embora o frete de longo curso, que geralmente ocorre fora dos centros urbanos, seja mais difícil para as cidades influenciarem diretamente, é possível trabalhar com negócios e empresas de logística para implementar estratégias para reduzir drasticamente as emissões de entregas urbanas de trecho final. Uma solução integrada que incorpora elementos como entregas noturnas, depósitos de encomendas e veículos elétricos de entrega pode compensar de 60% a 70% das contribuições de emissões das entregas entre empresas e de empresas para consumidores.<sup>52</sup> Em geral, as empresas estão muito dispostas a colaborar. Em Hamburgo, por exemplo, a UPS trabalhou com as autoridades municipais para apoiar o objetivo de não haver veículos motorizados no centro da cidade. O provedor de logística inclusive projetou um triciclo eletricamente assistido para levar encomendas para um trailer central de encomendas. A UPS estima que essa solução reduziu as emissões em mais de 70 toneladas métricas de equivalente de CO<sub>2</sub> na cidade.<sup>53</sup>

## Quebrando barreiras: como é possível alcançar a aceleração

Veículos de passageiros tendem a representar a maior oportunidade na maioria das cidades, já que geralmente são o tipo dominante de veículo na estrada; nos Estados Unidos, são responsáveis por cerca de 70% das emissões totais do transporte rodoviário.<sup>54</sup> Veículos compartilhados em particular (táxis e carros usados para serviços de e-hailing, como Lyft e Uber) têm um potencial particularmente alto para acelerar a eletrificação e reduzir as emissões. Esses veículos têm maior utilização e, como resultado, ciclos de vida mais curtos – um fato que já contribui para uma tendência de os veículos compartilhados serem modelos mais novos e com um consumo mais eficiente de combustível. A eletrificação é incentivada pelos custos operacionais e de manutenção mais baixos em comparação a motores tradicionais de combustão interna, gerando um TCO de vida útil mais baixo. Através de uma combinação de eletrificação e maior eficiência de combustível, a nossa análise indica que veículos compartilhados, como um grupo, terão um consumo de energia até 25% mais eficiente que veículos pessoais até 2030.

As cidades podem impulsionar ainda mais a adoção de EVs por meio de tratamento preferencial, como vias ou estacionamentos designados, subsídios, zonas sem emissão e carregamento conveniente e fácil de encontrar. Por exemplo, a criação de zonas com baixa emissão, nas quais não são permitidos veículos de alta emissão, poderia ajudar a incentivar a adoção de veículos com emissões mais baixas. Mais de 220 cidades e vilas em 14 países da Europa implementaram ou planejam implementar essas zonas.<sup>55</sup> Outro fator importante nas decisões dos consumidores para comprar EVs é a infraestrutura de carregamento. As cidades podem ajudar a promover a conscientização da rede de carregamento existente para promover a adoção de EV, seja em substituição ou como complemento de outras medidas, como subsídios diretos ou incentivos, como estacionamento premium gratuito.

Novas tecnologias de mobilidade e modelos de negócio também podem ser projetadas para garantir que as medidas destinadas a reduzir o congestionamento e as emissões não tenham um impacto desproporcional nos cidadãos de baixa renda. Por exemplo, Los Angeles está lançando

---

52 Shannon Bouton, Eric Hannon, Linda Haydamous, Bernd Heid, Stefan Knupfer, Tomas Naucler, Florian Neuhaus, Jan Tjjs Nijssen e Swarna Ramanathan, *An integrated perspective on the future of mobility part II: Transforming urban delivery*, McKinsey Center for Business and Environment, September 2017, McKinsey.com.

53 "Sustainability solutions", UPS, ups.com.

54 "Fast facts on transportation greenhouse gas emissions", *Green Vehicle Guide*, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, epa.gov.

55 "Overview of low emissions zones", *Urban access regulations in Europe*, acessado em 31 de outubro de 2017, urbanaccessregulations.eu.



uma frota de compartilhamento de carros EV em comunidades de baixa renda com acesso insatisfatório ao transporte público para ajudar a melhorar as condições ambientais e as perspectivas econômicas nessas comunidades.<sup>56</sup> Da mesma forma, os serviços de e-hailing podem ser subsidiados para oferecer cobertura de trecho inicial e final para comunidades carentes, a fim de garantir o acesso a centros de transporte.<sup>57</sup>

À medida que a autonomia e a mobilidade compartilhada se tornam mais prevalentes, as cidades podem gerenciar e limitar de forma proativa o impacto das emissões líquidas desses veículos, moldando a utilização e o comportamento do consumidor. Por exemplo, AVs poderiam ser enviados para realizar missões sem passageiros ou para procurar estacionamento e veículos compartilhados poderiam passar a maior parte do tempo circulando vazios, enquanto esperam para serem enviados para passageiros correspondentes. As cidades podem colaborar com provedores de mobilidade para incentivar soluções de alta ocupação, como suporte a serviços de vans e miniônibus sob demanda, agregando pontos de coleta e entrega (como centros de transporte) e aumentando os requisitos de ocupação para vias e zonas de veículos com alta ocupação (high-occupancy-vehicles, HOVs).

## Diferenças entre as cidades

As cidades que querem projetar um modelo de transporte de energia limpa, mitigar as emissões de carbono e atender às necessidades de mobilidade deveriam considerar a renda per capita e a densidade populacional. A região geográfica é um fator menor quando comparado a essas características, pois tendem a ser os principais fatores que determinam o potencial da mobilidade urbana de próxima geração.

**Renda per capita.** As cidades com renda per capita mais baixa tendem a ter populações que crescem mais rápido e uma urbanização contínua mais rápida que as cidades de renda mais alta, fazendo com que as soluções que abordam o congestionamento e a poluição do ar (como

<sup>56</sup> "Cities100: Los Angeles—Electric car-sharing in low-income communities", *Cities100*, 15 de novembro de 2016, c40.org.

<sup>57</sup> Shannon Bouton, D. Canales, L. Da Silva, et al., *Connected urban growth: Public-private collaborations for transforming urban mobility*. Coalition for Urban Transitions, New Climate Economy, 2017, newclimateeconomy.net.

compartilhamento de carros e eletrificação) sejam particularmente atrativas. Cidades com renda per capita mais alta, onde os custos de mão de obra tendem a ser mais altos e a infraestrutura mais estruturada, provavelmente alcançarão uma penetração mais rápida de tecnologia conectada avançada, como eletrificação e autonomia. Os níveis de renda também provavelmente moldarão as opções de transporte público que uma cidade busca. Por exemplo, um sistema de BRT pode alcançar muitos dos mesmos objetivos que um sistema de veículo leve sobre trilhos a um custo mais baixo, considerando seu uso de ônibus e infraestrutura rodoviária existente, e tem sido adotado mais amplamente por cidades em desenvolvimento.

**Densidade populacional.** Em cidades densamente povoadas, a poluição do ar, o congestionamento e a escassez de estacionamento tendem a fortalecer a necessidade de uso do transporte público, transporte não motorizado e mobilidade elétrica compartilhada, além de oferecer massa crítica para a rápida adoção desses modos. No outro extremo do espectro, as cidades suburbanas de baixa densidade poderiam continuar a considerar carros particulares como o elemento central da mobilidade. Para essas cidades, veículos elétricos e autonomia poderiam ajudar a compensar as emissões e a perda de produtividade de viagens mais longas.<sup>58</sup> A densificação voltada para o trânsito específica de determinados distritos dessas cidades também pode começar a mudar as preferências de mobilidade através da construção de edifícios residenciais perto das opções de vias para pedestres, bicicletas e transporte público.

<sup>58</sup> *An integrated perspective on the future of mobility*, um relatório conjunto da McKinsey & Company e Bloomberg New Energy Finance, 2016, mckinsey.com.

## Mapas ilustrativos de 2030 por contexto urbano

Os exemplos a seguir ilustram dois extremos do espectro com base no contexto específico de uma cidade.



Uma **megacidade de baixa renda** é semi-densa e tem um número de usuários de transporte público e infraestrutura voltada para o trânsito, mas também sofre com um congestionamento incapacitante e a poluição do ar causada por veículos de alta emissão. Esses desafios incentivam a adoção mais ampla da eletrificação e do compartilhamento. No período até 2030, o programa se concentra em uma expansão significativa de seu sistema de transporte público e na melhoria da conectividade entre as opções de transporte existentes, especialmente caminhadas, ciclismo e viagens compartilhadas em uma variedade de veículos eletrificados. A maioria destes veículos é ainda operada por pessoas, considerando o estado da infraestrutura existente e a complexidade do trânsito, mas com menos veículos privados de combustão interna nas estradas, o congestionamento e a qualidade do ar local ainda melhoram consideravelmente. Essas melhorias contribuem com cerca de 45% das reduções de emissões necessárias até 2030.



Uma **cidade inovadora pequena e de alta renda** começa com altas taxas de pedestres, bicicletas e usuários de transporte público, mas enfrenta maior congestionamento devido ao maior uso de entregas de encomendas devido ao crescimento de comércio eletrônico e de veículos de e-hailing. Sua densidade e infraestrutura permitem a aceleração da adoção da autonomia, eletrificação e mobilidade compartilhada na movimentação de bens e pessoas. Além disso, essa cidade continua a ampliar seus serviços de mobilidade multimodal contínua para incentivar ainda mais o uso de infraestrutura de caminhada e ciclismo, transporte público e soluções compartilhadas de trecho final. Essas medidas combinam transporte privado, compartilhado e público na cidade e, juntas, alcançam cerca de 20% do objetivo de emissões da cidade.



## CAPÍTULO 2.4

# Melhoria da gestão de resíduos

**Uma melhor gestão de resíduos e materiais** é uma importante área de intervenção para as cidades, uma vez que muitas cidades têm uma quantidade significativa de energia em seus sistemas de resíduos. Lidar com as emissões derivadas do descarte de resíduos pode desempenhar um papel importante para garantir que as cidades obtenham as reduções de emissões necessárias para uma trajetória de 1,5 °C, tendo impacto local direto e reduzindo mais amplamente o consumo de recursos pelas cidades. Nossa análise mostra que, embora os resíduos geralmente representem 10% ou menos das emissões diretas da maioria das cidades, os esforços conjuntos podem reduzir essas emissões pela metade ou mais até 2030, contribuindo com até 10% do total de reduções de emissões necessárias.

Entretanto, esses números apenas começam a ilustrar a importância do tratamento de resíduos. Noventa e sete por cento (97%) das emissões diretas globais de resíduos são metano, um gás de efeito estufa com 86 vezes o potencial de aquecimento global do dióxido de carbono em curto prazo, fazendo com que seja uma prioridade urgente para evitar os piores efeitos da mudança climática.<sup>59</sup> A redução de resíduos também tem um impacto desproporcional do ponto de vista de um ciclo de vida completo (que estava fora do escopo do nosso esforço de modelagem): para cada quilo de resíduos do consumidor final, vários quilos de resíduos são gerados em fases anteriores, como na mineração de matérias-primas ou produção agrícola, fabricação e processamento, e deterioração ou danos durante transporte, com consumo de energia de combustíveis fósseis em cada etapa. No geral, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente estima que as melhorias na gestão de resíduos podem alcançar uma redução de 10% a 15% no total de emissões globais, ou até 20%, se medidas de redução de resíduos forem incluídas.<sup>60</sup>

Os benefícios de resiliência da melhoria da gestão de resíduos também são significativos. Ao transformar resíduos em insumos para as indústrias locais e evitando obstáculos aos materiais virgens, as cidades podem se tornar menos vulneráveis à escassez e às flutuações nos preços de commodities. A redução do desperdício de alimentos protege contra a escassez de alimentos, especialmente nos países em desenvolvimento. E os produtos de resíduos redirecionados, como adubo e biogás, podem melhorar a qualidade do solo e oferecer combustível com baixo teor de carbono para aquecimento e transporte.

## As oportunidades

As cidades podem lidar com as emissões de resíduos de uma maneira eficiente em termos de recursos, adotando uma abordagem de “maior e melhor uso” e evitando que o máximo de desperdício possível alcance cada etapa subsequente do processamento. Conceitualmente, a hierarquia de gestão de resíduos tem quatro níveis amplos: redução anterior de resíduos, reaproveitamento do máximo de produto acabado útil possível, reciclagem e compostagem, recuperação de materiais para uso e gestão do descarte para minimizar as emissões de resíduos remanescentes. Em cada etapa, a gestão de materiais biodegradáveis, como resíduos alimentares, aparas de jardim e produtos de papel é especialmente importante, uma vez

<sup>59</sup> *Global waste management outlook*, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2015, [unep.org](http://unep.org).

<sup>60</sup> *Global waste management outlook*, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2015, [unep.org](http://unep.org).

que esses produtos são responsáveis por todas as emissões de metano de aterros sanitários e descarte não gerenciado.<sup>61</sup>

A redução da quantidade de resíduos gerados é uma ótima oportunidade para reduzir as emissões do ciclo de vida completo de bens e serviços consumidos nas cidades, exigindo menos recursos totais e menos energia para oferecer os mesmos benefícios aos consumidores. Por exemplo, as cidades podem trabalhar com empresas de alimentos para alcançar melhores sistemas de armazenamento a frio e processamento de produtos agrícolas frescos, para reduzir o desperdício de alimentos antes da compra. Através de programas voluntários e códigos de construção, os líderes da cidade podem incentivar práticas de construção e demolição mais eficientes em termos de recursos para reduzir o volume de resíduos de materiais de construção enviados para aterros sanitários. Reaproveitar itens antes de se tornarem resíduos, como canalizar o excesso de alimentos para serviços de assistência nutricional ou processá-los para ração animal, utilizar produtivamente produtos acabados em vez de gastar energia e recursos adicionais para reprocessá-los.

Embora a redução, a reutilização e a readaptação de resíduos tendam a exigir uma colaboração mais profunda com o setor privado, as oportunidades posteriores tendem a estar mais acessíveis ao controle municipal. Segregar os resíduos e desviá-los para reciclagem, compostagem, digestão anaeróbica, tratamento biológico mecânico e abordagens semelhantes podem gerar produtos úteis, como matérias-primas, fertilizantes e biogás – que também reduzem as emissões do ciclo de vida ao deslocar o uso de materiais virgens. Sistemas de processamento de resíduos orgânicos e reciclagem geralmente são adequados para a implementação em escala

---

61 "Technological and economic potential of greenhouse gas emissions reduction", *Climate change 2001: Mitigation*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, ipcc.ch.



distrital, com o potencial de criar empregos locais e melhorar a resiliência do bairro. Para os resíduos remanescentes que ainda seguem para descarte, os sistemas de captura de gás de aterro sanitário podem minimizar as emissões de metano e o gás capturado pode então ser usado como uma fonte de energia de baixo teor de carbono para geração de eletricidade e aquecimento.

## Quebrando barreiras: como é possível alcançar a aceleração

Modelos inovadores para a gestão de resíduos podem ajudar as cidades a repensar sua necessidade de infraestrutura tradicional de coleta e descarte e oferecer benefícios imediatos para a comunidade, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Por exemplo, unidades de compostagem baseadas na comunidade em Dhaka empregam cidadãos para coletar resíduos de porta em porta por sistemas de bicicletas riquixá e para separar resíduos orgânicos de outros itens, fornecendo renda a moradores pobres, especialmente mulheres. O produto composto é vendido para empresas de fertilizantes e apoia a saúde do solo para a agricultura regional.<sup>62</sup> Em Calcutá, um projeto de segregação de resíduos também emprega cidadãos locais e melhora a qualidade do ar e da água local, reduzindo a queima e o despejo não gerenciados. Desde o lançamento do programa, a cidade relatou uma redução nas doenças atribuíveis à poluição do ar e da água, como complicações do fígado e malária.<sup>63</sup>

As cidades prospectivas já estão indo mais longe e planejando a transição para uma “economia circular” total, que transfere o consumo de recursos de fluxos lineares (matérias-primas para consumo para descarte) para a reutilização contínua. Uma economia circular integra a gestão de resíduos aos processos de fabricação e à vida do consumidor, garantindo que os produtos e serviços sejam projetados para reutilização desde o início e fornecendo conexões perfeitas para coletar e redistribuir os materiais. Cidades em todo o mundo, como Amsterdã, Londres e Phoenix, publicaram mapas para economias circulares e começaram a implementar políticas, parcerias e infraestrutura necessárias.<sup>64</sup> Para todas as cidades, essa abordagem se tornará essencial nas próximas décadas. Sem reduções progressivas nos resíduos através da criação de caminhos alternativos para fluxos de materiais, os esforços das cidades para reduzir as emissões diretas poderiam ser minimizados pelas emissões indiretas do aumento do consumo.

## Diferenças entre as cidades

O ponto de partida para os esforços de gestão de resíduos varia amplamente entre as cidades e molda em grande parte a abordagem que podem adotar para alcançar maiores reduções de emissões. Para cidades com altas taxas de despejo não gerenciado e queimadas a céu aberto, a prioridade mais urgente é levar esses resíduos para sistemas gerenciados: estabelecendo coleta universal de resíduos, garantindo o processamento sanitário e capturando metano. Para as cidades que já possuem a coleta de resíduos completa e convencional, as principais oportunidades são a mudança de aterro ou incineração para reciclagem e compostagem, bem como o envolvimento do setor privado para evitar o desperdício anterior.

Por exemplo, para o desperdício de alimentos nos países em desenvolvimento, a grande maioria das perdas ocorre na fazenda ou no transporte e nos processos, enquanto nos países

62 “Organic waste is composted and sold as bio-rich fertilizer — reducing emissions, generating jobs and cleaning up the city”, *C40 Cities*, 3 de novembro de 2011, [c40.org](http://c40.org).

63 “Cities100: Kolkata — Segregating waste leads to a better quality of life,” *Cities100*, 15 de novembro de 2016, [c40.org](http://c40.org).

64 *London’s circular economy route map*, London Waste and Recycling Board, junho de 2017, [lwarb.gov.uk](http://lwarb.gov.uk).

desenvolvidos, até um terço desse desperdício ocorre no nível do consumidor.<sup>65</sup> Cada um desses cenários exige o engajamento com diferentes envolvidos e, portanto, diferentes táticas de engajamento para executar ações de redução de resíduos. Os países em desenvolvimento também tendem a produzir maiores proporções de resíduos orgânicos em relação a itens não biodegradáveis, fazendo com que programas como segregação de resíduos e compostagem sejam particularmente importantes.<sup>66</sup> As cidades com resíduos que são predominantemente orgânicos podem se concentrar em alternativas de tratamento, enquanto cidades com capacidade de descarte suficiente podem usar as emissões do ciclo de vida completo para defender a ideia de uma maior redução e desvio de resíduos.

65 Ross Chainey, "Which countries waste the most food?" Fórum Econômico Mundial, 13 de agosto de 2015, [weforum.org](http://weforum.org).

66 "Waste composition", Capítulo 5, in *What a waste*, Banco Mundial, 2012, [worldbank.org](http://worldbank.org).

## Mapas ilustrativos de 2030 por contexto urbano

Os exemplos a seguir ilustram dois extremos do espectro com base no contexto específico de uma cidade.



**Uma cidade grande, de baixa renda avançando progressivamente** começa assolada pela poluição do ar devido à queima de resíduos a céu aberto, bem como problemas de saúde pública de condições insalubres nas ruas da cidade e domicílios. Trabalhando com organizações que têm modelos de negócio comprovados em outras cidades semelhantes, a cidade lança programas para estabelecer serviços de coleta e segregação de resíduos em toda a comunidade, bem como para construir o mercado de materiais reciclados, composto e biogás. Além de criar empregos e melhorar os resultados de saúde, essa cidade leva os resíduos que anteriormente não eram gerenciados para coleta e processamento formais e desvia 20% desses resíduos para reciclagem e compostagem, contribuindo com cerca de 3% de seu objetivo total de emissões para 2030.

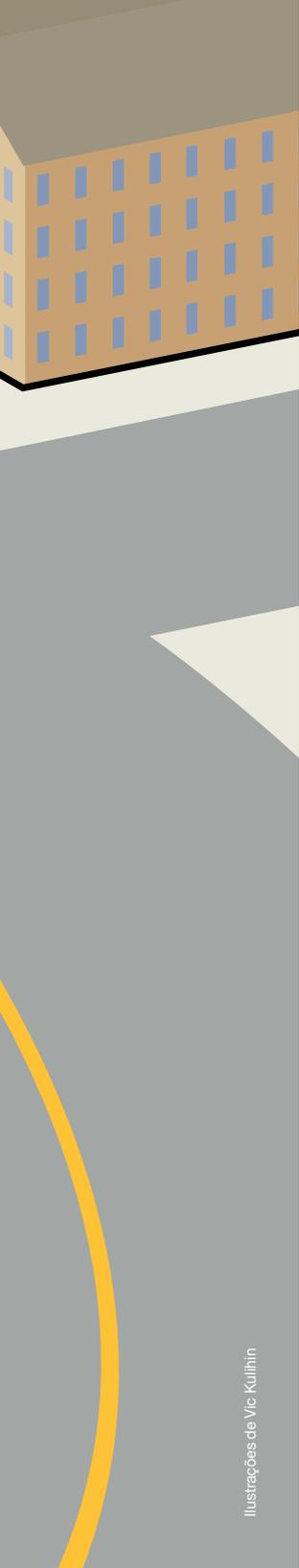


**Uma cidade grande, de alta renda e densa** constrói relacionamentos de colaboração existentes com indústrias, empresas de varejo e comunidades locais para estabelecer as bases de uma economia circular. Faz parcerias com novas empresas de mobilidade para criar uma rede de logística reversa, que coleta tudo, desde alimentos não consumidos, eletrônicos antigos até a moda da última temporada e os entrega a novos negócios que adaptam, reparam, desmontam e refabricam para prolongar a vida útil de cada material. Em combinação com programas de conscientização dos consumidores para criar demanda por serviços de economia circular, esta cidade consegue praticamente erradicar os resíduos em aterros sanitários até 2030 e também contribui com cerca de 3% para seu objetivo total de emissões. ■



Capítulo 3

# MAPAS ILUSTRATIVOS DA CIDADE



Para mostrar a escala de ação que as cidades precisarão realizar através da aceleração centralizada, a fim de alcançar suas reduções de emissões até 2030, nós criamos amostras de mapas para seis tipos ilustrativos de cidade, que cobrem a maioria dos tipos de cidades do C40.

Como um exemplo, uma cidade grande, de renda média e semidensa pode ter uma rede intensiva de carbono apenas com descarbonização moderada planejada atualmente pelos serviços de utilidade pública. No entanto, as regulações nacionais das cidades são favoráveis para renováveis e uma combinação de um clima quente com uma área com muito vento significa que a cidade tem um alto potencial de geração de eletricidade renovável por unidade instalada. Conforme a renda per capita aumenta e as temperaturas do verão sobem por causa da mudança climática, espera-se o crescimento da demanda por resfriamento em prédios urbanos, principalmente nas instalações imobiliárias existentes, tendo em vista que as populações das cidades estão crescendo com bastante moderação. Enquanto atualmente poucas pessoas têm carros próprios, rendas crescentes significam que as cidades antecipam um rápido aumento da aquisição de carros e congestionamentos nas próximas décadas, a menos que as cidades forneçam alternativas atraentes de mobilidade, especialmente nos centros urbanos.

Ao trabalhar dentro desses parâmetros, a cidade foca na aceleração de algumas iniciativas altamente visíveis para ajudar a educar e entusiasmar seus habitantes e criar a sensação de uma cidade mais limpa, moderna e resiliente. Com densidade moderada dos edifícios e uma boa disponibilidade de telhados e de terra, a cidade trabalha com serviços de utilidade pública e reguladores nacionais para construir rapidamente uma combinação de fazendas eólicas e solares na escala de serviços, bem como de instalações solares fotovoltaicas com uma escala comunitária cujo objetivo é mudar a combinação de rede de 20 para 80 por cento de carbono zero até 2030. A rápida implementação de renováveis funciona em paralelo com reformas de edifícios, particularmente à medida que a cidade impulsiona uma captação mais rápida de bombas de aquecimento elétrico e unidades de ar condicionado com alta eficácia e que funcionam com uma combinação maior de energia renovável. Até 2030, 70 por cento das unidades de ar condicionado terão sido atualizadas, 20 por cento dos edifícios usarão bombas de aquecimento elétrico (com outros 70 por cento aprimorados para modelos a gás ou a combustível fóssil com alta eficácia), e 40 por cento dos edifícios adequados têm aquecimento solar da água—comparável com as taxas de instalação vistas em cidades na China e Escandinávia, conforme discutido no capítulo 2.2.

---

Em cada caso, o clima, a história da ação climática e o ambiente regulatório da cidade influenciarão as decisões acerca das metas para esforços, tais como, a implementação de renováveis e iniciativas de transporte.

---

Para permitir alternativas à posse particular de veículos, a cidade acelera a densificação através de esforços de planejamento e redesenvolvimento do uso da terra em distritos selecionados. Isso também demonstra os benefícios nesses distritos com desenvolvimento orientado pelo trânsito, incluindo novas rotas de BRT, ruas ecológicas e calçadas mais largas e com boa manutenção, resultando em 6 por cento de aumento na densidade média na cidade e por volta de 70 por cento da distância de viagem coberta pelo transporte em massa ou por pessoas caminhando ou andando de bicicleta. Visto que a poluição do ar é uma grande preocupação para cidadãos, a eletrificação de veículos é uma outra prioridade máxima, com a cidade comprometendo 100 por cento dos ônibus funcionando com eletricidade até 2030, juntamente com medidas ecológicas (tais como zonas de baixas emissões, estacionamento e carregamento gratuitos) para eletrificar veículos de passageiros.

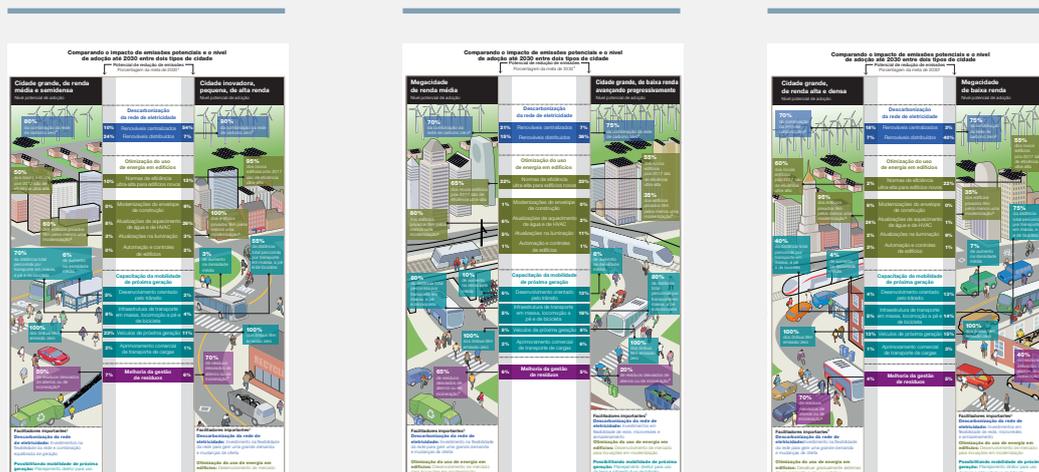
Esta grande cidade, de renda média, semidensa, como muitos outros centros urbanos, enfrenta desafios enormes para atingir os seus objetivos de redução de emissões até 2030 e traçar uma rota de carbono zero até 2050. Ela deve trabalhar em estreita proximidade com serviços de utilidade pública para garantir que os investimentos na rede sejam adequados para apoiar a nova abundância de geração de renováveis distribuída através de veículos elétricos. A cidade também deve assegurar o financiamento, incentivos e recursos para construir novos ativos de geração de renováveis que sejam aproximadamente duas vezes o valor da taxa conduzida pelo mercado. De forma semelhante, o financiamento e cultivo do desenvolvimento da comunidade do mercado imobiliário são necessários em uma grande escala para permitir que diversos desenvolvimentos orientados pelo trânsito abram suas portas até 2030. Parcerias com outros governos e o setor privado na região podem ajudar a eliminar tecnologias de combustível fóssil para aquecer e cozinhar (tais como unidades a gás e óleo) e substituí-las completamente com alternativas elétricas atraentes de 2030 a 2040. Algumas ideias de como a cidade pode alcançar essas tarefas estão elencadas no Capítulo 4.

Por outro lado, podemos considerar um exemplo de cidade muito diferente: uma cidade pequena, inovadora e de alta renda. Com luz solar escassa, mas com vento e recursos hídricos em abundância, a cidade foca os seus esforços de descarbonização de rede em renováveis centralizados. Os habitantes já estão bem acostumados com o transporte multimodal e raramente usam carros pessoais no núcleo urbanizado. Com essa fundação, a cidade foca em alcançar a eletrificação completa dos veículos e promover soluções compartilhadas e conectadas de mobilidade. Visto que invernos muito frios significam que o aquecimento prevalecerá no uso da energia nos edifícios, os esforços de eficácia energética focam no desenvolvimento de inovações nas modernizações dos envelopes de construção e nas tecnologias de aquecimento com teor inferior de carbono.

Para comparar as diferenças entre uma grande cidade, de renda média e semidensa e uma cidade pequena, inovadora, de alta renda, consulte a **Figura A** na **página 11** no Resumo Executivo.

Para comparar as diferenças entre uma megacidade de renda média e uma cidade grande, de baixa renda avançando progressivamente, consulte a **Figura B** na **página 12** no Resumo Executivo.

Para comparar as diferenças entre uma cidade grande, de alta renda e densa e uma megacidade de baixa renda, consulte a **Figura C** na **página 13** no Resumo Executivo.



Esses mapas ilustram como as decisões tomadas pelas cidades podem ser diferentes. Em cada caso, o clima, a história da ação climática e o ambiente regulatório de uma cidade influenciarão as decisões acerca das metas para esforços, tais como, a implementação de renováveis e iniciativas de transporte. No entanto, apesar dos caminhos díspares e únicos, ambas as cidades alcançaram as reduções de emissões necessárias para suas trajetórias respectivas de 1,5°C para 2030.

Uma ilustração dessa comparação é mostrada no resumo executivo (Figura A) junto com duas outras comparações de mapas ilustrativos da cidade. A Figura B mostra uma megacidade com renda média que enfrenta dificuldades semelhantes de crescimento, mas que se beneficia do alinhamento nacional com objetivos climáticos ambiciosos; a cidade busca a infraestrutura com teor inferior de carbono, de construção rápida e grande escala. Em comparação, uma grande cidade, com altos saltos e baixa renda é preparada para um crescimento transformativo tanto em população como em riqueza até 2030; ela aproveita a oportunidade para “saltar” na direção de sistemas de mobilidade limpos e de energia integrada. A Figura C mostra uma grande cidade, densa, com alta renda que já aproveitou as áreas em que é mais fácil implementar mudanças e limitou o controle direto sobre suas emissões remanescentes; ela foca na catalização de mudanças nos ativos detidos privativamente. As ações ilustrativas dessa cidade são comparadas com uma megacidade de baixa renda que está expandindo rapidamente e opera em um contexto regulatório e político complexo; ela foca em realizar ajustes de alto impacto para configurar como o seu ambiente construído evolui. Juntas, essas ilustrações mostram os percursos que diferentes cidades podem seguir na busca das metas de emissões de 2030 esboçadas na análise *Data Limite 2020*. ■



Capítulo 4

# **DESBLOQUEANDO TODO O POTENCIAL DAS CIDADES ATRAVÉS DA AÇÃO CLIMÁTICA**



Buscar algumas grandes oportunidades através de uma abordagem de aceleração centralizada permitirá que cidades tomem medidas ambiciosas na próxima década para alcançar os objetivos de 2030 e construir as capacidades de que precisarão a fim de atingir os objetivos de 2050. Além disso, esta abordagem gera benefícios imediatos para cidades além de reduções futuras de emissões.

### Benefícios da ação climática: novas oportunidades de emprego, maior produtividade e ar mais limpo

A Nova Economia Climática estima que as ações urbanas com baixo teor de carbono apresentam uma oportunidade econômica global de US\$ 17 trilhões até 2050.<sup>67</sup> A criação de novos empregos será naturalmente parte desta oportunidade. O Fundo de Defesa Ambiental, por exemplo, estima que, apenas nos Estados Unidos, mais de quatro milhões de empregos voltados à sustentabilidade em áreas como eficiência de energia, energia renovável, redução de resíduos, conservação de recursos naturais e educação ambiental.<sup>68</sup> Em alguns casos, esses cargos serão novos empregos, enquanto que, em outros, poderão representar uma mudança de empregos de um setor para outro. Investimentos de infraestrutura em novas estradas, por exemplo, poderiam ser redirecionados para novas tecnologias de mobilidade, tais como semáforos inteligentes, com o objetivo de usar melhor a infraestrutura rodoviária.

A implantação em larga escala de soluções climáticas, especialmente quando várias cidades em uma região trabalham juntas para investir em soluções como veículos elétricos e energia solar distribuída, tem o potencial de alavancar a demanda de mão de obra tanto de fabricantes como de instaladores. Em geral, quanto maior a proporção do investimento direcionada para a instalação, mais empregos locais são incentivados. Por exemplo, as atualizações de eficiência em edifícios respaldarão empregos locais de construção à medida que os prédios forem modernizados. A modernização de 2012 do icônico Empire State Building não apenas ultrapassou a economia projetada dos custos de energia em US\$ 4,4 milhões de dólares por ano, mas também gerou 252 empregos.<sup>69</sup>

Embora a produção econômica seja crucial para um ecossistema urbano saudável, os benefícios das quatro áreas de ação vão além de empregos e produtividade. Descarbonização da rede, transição para tecnologias mais limpas em edifícios e adoção de mobilidade de próxima geração – todos esses elementos melhoram dramaticamente a qualidade do ar e a saúde pública local. Além disso, muitas das soluções de mobilidade abordadas neste relatório podem ajudar a aliviar congestionamentos, o que traz diversos benefícios para a qualidade de vida e a produtividade. Em Buenos Aires, por exemplo, estima-se que o sistema BRT tenha reduzido o tempo de comutação em até 50 por cento, o que é extremamente importante, considerando a maior produtividade que pode resultar da redução do congestionamento e do tempo

67 *Better cities, better growth, better climate*, um relatório conjunto do The New Climate Economy, do Grupo C40 de Grandes Cidades e do World Resources Institute, junho de 2017, [newclimateeconomy.report](http://newclimateeconomy.report).

68 *Agora contratando: The growth of America's clean energy and sustainability jobs*, um relatório conjunto do EDF Climate Corps e Meister, 2017, [edfclimatecorps.org](http://edfclimatecorps.org).

69 "O inovador programa do Empire State Building corta US\$ 7,5 milhões em custos de energia nos últimos três anos", Sustentabilidade do Empire State Building, [esbnyc.com](http://esbnyc.com).

---

Descarbonização da rede, transição para tecnologias mais limpas em edifícios e adoção de mobilidade de próxima geração – todos esses elementos melhoram dramaticamente a qualidade do ar e a saúde pública local.

---

de deslocamento.<sup>70</sup> Enquanto isso, o projeto de Mobilidade de Saúde recuperou mais de que 7.000 metros quadrados de espaço nas ruas para calçadas ampliadas e cruzamentos mais seguros, bem como a criação de uma rede de ciclovias protegidas e de um sistema de compartilhamento de bicicletas, aumentando em sete vezes as viagens de bicicleta em comparação com níveis anteriores, e melhorando a segurança para mais de 400.000 pedestres vulneráveis, como estudantes e pacientes hospitalares, em áreas de tráfego intenso.<sup>71</sup>

## Novas capacidades para cidades

A construção de capacidades para alcançar objetivos ambiciosos de curto prazo nas quatro áreas de ação será essencial para permitir que cidades lidem com as transformações mais profundas necessárias até 2050. Esses esforços também irão desbloquear novas oportunidades para tornar as cidades mais vitais, responsivas e influentes em áreas fora da ação climática. Várias capacidades podem apoiar as cidades à medida que buscam os seus objetivos.

**Estratégias de compra.** Cidades e redes de cidades podem influenciar o fornecimento de produtos e serviços sustentáveis ao comunicar um aumento de curto prazo na demanda de fabricantes e provedores. Por exemplo: as regras relativas a aquisições de edifícios verdes do governo do estado da Califórnia ajudaram a estimular tanto a adoção pelo setor privado do padrão de certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) quanto os investimentos em conhecimento sobre prédios verdes por parte de fornecedores locais.<sup>72</sup> De forma semelhante, um esforço de 30 cidades norte-americanas lideradas por Los Angeles resultou na compra de 114.000 carros elétricos e caminhões leves. O acordo seria o equivalente a 72 por cento das vendas de carros elétricos plug-in nos EUA em 2016, e visa sinalizar aos fabricantes que a demanda nos próximos anos será robusta.<sup>73</sup>

---

70 “Buenos Aires expande o sistema BRT com dois grandes novos corredores”, uma entrada no blog do Grupo C40 de Grandes Cidades, 4 de junho de 2013, [c40.org](http://c40.org).

71 “Cities100: Buenos Aires – Improving safety for cyclists and pedestrians”, *Cities100*, 30 de outubro de 2015, [c40.org](http://c40.org).

72 Timothy Simcoe e Michael W. Toffel, *Government green procurement spillovers: Evidence from municipal building policies in California*, documento de trabalho da Harvard Business School, número 13-030, maio de 2014, [hbs.edu](http://hbs.edu).

73 Stephen Edelstein, “30 cities join to explore \$10 billion electric-car purchase”, *Relatórios sobre Carros Verdes*, 17 de março de 2017, [greencarreports.com](http://greencarreports.com).

**Abordagens inovadoras de financiamento.** As cidades representam cerca de 700 bilhões de dólares em demanda anual para projetos de infraestrutura urbana em setores, como transporte e energia.<sup>74</sup> Mesmo assim, os governos municipais são frequentemente limitados pelo acesso restrito a financiamentos. De fato, o Banco Mundial estima que apenas 4 por cento das 500 maiores cidades do mundo em desenvolvimento, e somente 20 por cento das cidades nos mercados da OCDE, são consideradas solventes nos mercados internacionais, limitando seriamente o seu acesso ao financiamento privado.

Diante deste desafio, algumas cidades têm desenvolvido formas criativas de financiar investimentos em infraestrutura, incluindo o financiamento de dívidas, parcerias

---

<sup>74</sup> John Hogg, "Financing sustainable cities: How we're helping Africa's cities raise their credit ratings", *Banco Mundial*, 24 de outubro de 2013, [worldbank.org](http://worldbank.org).



© Anass Bachar/EyeEm/Getty Images

público-privadas e captura de valor de terreno.<sup>75</sup> Um dos exemplos mais notáveis dessa captura é o modelo de negócios “Rail plus Property” (R+P) de Hong Kong. Esse programa permite que a MTR Corporation, a operadora do sistema ferroviário de Hong Kong, ganhe dinheiro com o aumento do valor de propriedade que tipicamente acompanha a construção de linhas ferroviárias.<sup>76</sup>

Outras cidades estão progressivamente explorando bônus verdes. Esses instrumentos financeiros são semelhantes em estrutura a outros bônus municipais, mas os fundos são destinados a projetos que têm um impacto ambiental positivo, uma definição cada vez mais padronizada.<sup>77</sup> Em 2014, a cidade de Johannesburgo usou uma emissão de bônus verdes para arrecadar mais de 140 milhões de dólares para vários projetos, incluindo ônibus bicompostível e movidos a biogás.<sup>78</sup> Gotemburgo usou os seus bônus verdes para financiar projetos tão diversos como a plantação de árvores, o combate ao aquecimento urbano e as iniciativas sustentáveis de habitação.<sup>79</sup>

Além disso, modelos cívicos para projetos de sustentabilidade devem combinar financiamento com habilidades e assistência técnica que aumentem a probabilidade de sucesso. Vários laboratórios, como o C40 Cities Finance Facility e o Laboratório de Inovação Financeira do Banco de Desenvolvimento, ajudam cidades a desenvolver as habilidades, o conhecimento técnico e o acesso ao financiamento necessário para liberar dólares de investimentos em infraestruturas sustentáveis. O Laboratório de Inovação Financeira, por exemplo, tem ajudado a financiar projetos na América do Sul, desde iluminação pública com LED até a construção de residências sustentáveis e eficientes.<sup>80</sup>

**Engajamento da comunidade.** Estratégias que levam em conta as sensibilidades políticas e culturais locais, juntamente com discussões de transformação urbana de grande escala, podem ser mais bem-sucedidas em longo prazo—especialmente quando os dados por si só não são suficientes para conseguir a aprovação de audiências comunitárias para implementar medidas. Ações que são significativas para comunidades em termos de maior equidade, acesso e qualidade de vida têm maiores chances de conquistar os corações e mentes das comunidades.

Por exemplo: a cidade de Houston queria melhorar o transporte público desenvolvendo um sistema BRT, mas encontrou uma forte resistência dos envolvidos políticos, bem como de cidadãos preocupados. Em resposta, os líderes do projeto mudaram sua estratégia de comunicação e marca para enfatizar os benefícios do projeto.<sup>81</sup> A cidade de Londres impulsionou o apoio a blogueiros locais, atuantes em discussões nas mídias sociais, para educar

---

75 Juergen Braunstein, Dan Dowling, Graham Floater, et al., *Financing the urban transition: A policymakers' summary*, Coalition for Urban Transitions, documento de trabalho, outubro de 2017, [newclimateeconomy.report](http://newclimateeconomy.report).

76 Lincoln Leong, “The ‘rail plus property’ model: Hong Kong’s successful self-financing formula”, junho de 2016, [McKinsey.com](http://McKinsey.com).

77 *The state of climate finance 2015*, Aliança de Liderança de Cidades Financeiras Climáticas (CCFLA), dezembro de 2015, [citiesclimatefinance.org](http://citiesclimatefinance.org).

78 *City of Johannesburg—Green bond*, SA Building Review, Volume 3, março de 2015, [sabuildingreview.co.za/viewonline](http://sabuildingreview.co.za/viewonline); C40 News team, City Solutions, “Johannesburg the first C40 city to issue green city bond”, C40, 24 de junho, 2014, [c40.org](http://c40.org).

79 Projects funded by the Green Bond Program, City of Gothenburg, atualizado em 18 de março de 2015, [finans.goteborg.se](http://finans.goteborg.se).

80 “Promoting private investments in street lighting”, Banco Interamericano de Desenvolvimento, acessado em 30 de outubro de 2017, [iadb.org](http://iadb.org); “Ecocasa”, Banco Interamericano de Desenvolvimento, acessado em 7 de novembro de 2017, [iadb.org](http://iadb.org).

81 *Unlocking climate action in megacities*, Grupo C40 de Grandes Cidades, 5 de maio de 2016, [c40.org](http://c40.org).

---

As cidades representam cerca de 700 bilhões de dólares em demanda anual para projetos de infraestrutura urbana em setores, como transporte e energia.

---

o público sobre os perigos da poluição do ar local e conquistar o apoio público para programas como compartilhamento de bicicletas e investimentos em ônibus elétricos. Ademais, em Barcelona, a Prefeitura criou uma iniciativa sobre ação climática totalmente liderada por cidadãos com a participação de mais de 800 organizações, com projetos que incluem o treinamento de residentes para reformar moradias e um aplicativo móvel para a troca de bens e serviços para reduzir o desperdício.<sup>82</sup>

**Redes para compartilhamento de informações.** À medida que as cidades examinam os detalhes da implementação de programas específicos, elas podem tirar proveito de redes de ação climática para aprenderem a partir dos sucessos e retrocessos de outras cidades. Um diálogo aberto e eficaz pode fazer uma diferença considerável: em 2015, o grupo C40 relatou que 30 por cento das ações climáticas finalizadas por cidades-membro resultaram diretamente da colaboração com outras cidades. Bogotá e Londres, por exemplo, uniram forças para liderar a Declaração de Ônibus Limpos, que inclui 22 outras cidades, a fim de demonstrarem a escala de demanda aos fabricantes. Londres investiu US\$ 510 milhões na modernização de 3.000 ônibus, e Bogotá tem como meta substituir a sua frota de 1.200 ônibus até 2020. Desde o lançamento do programa em 2015, o preço médio de um ônibus elétrico híbrido já caiu 10%.<sup>83</sup>

Mesmo cidades com ações climáticas avançadas podem se beneficiar trabalhando com suas contrapartes. Por exemplo, o esforço conjunto de Nova York com Copenhague trouxe a perícia dinamarquesa em tecnologias limpas para os Estados Unidos, para ajudar a enfrentar os desafios climáticos.<sup>84</sup>

Depois que cidades tiverem desenvolvido este amplo conjunto de ferramentas de habilidades de apoio à ação climática, poderão aplicar essas capacidades em outras prioridades, como crescimento econômico, mobilidade socioeconômica, conectividade regional, melhoria da segurança pública, resiliência e resposta a desastres. Todas essas áreas trabalham para alcançar as reduções mais profundas de emissões necessárias até 2050.

## Convocação e mobilização de outros envolvidos para acelerar a ação climática nas cidades

As cidades precisarão assumir um papel de liderança na redução de emissões, mas não conseguirão alcançar sozinhas todas as metas de 2030. Para isso, elas precisarão usar proativamente seu poder de convocação para mobilizar o apoio de envolvidos externos.

---

<sup>82</sup> "Cities100: Barcelona—Citizen initiatives drive climate action", *Cities100*, 15 de novembro de 2016, c40.org.

<sup>83</sup> "Cities100: London and Bogotá—Global procurement alliance boosts green transit", *Cities100*, 30 de outubro de 2015, c40.org.

<sup>84</sup> *Connecting cities to deliver climate action*, C40 Initiatives & Networks, 2016, c40-production-images.s3.amazonaws.com.

Os governos municipais que desenvolvem relações estreitas com, e contam com o apoio de, empresas do setor privado, fabricantes, serviços de utilidade pública, governos estaduais e nacionais e de outras entidades que também podem usar suas redes para avançar em iniciativas que vão além da ação climática.

**Os serviços de utilidade pública** podem colaborar com as cidades para tornar o processo de descarbonização da rede mais rápido, barato e fácil. Investimentos em tecnologia de rede inteligente que permitam que cidades, empresas e pessoas monitorem o uso de eletricidade em combinação com estruturas de tarifas baseadas em tempo, podem ajudar a administrar a demanda de pico e reduzir o consumo geral. Esses investimentos também podem ser lucrativos para serviços de utilidade pública, com o valor potencial de uma rede inteligente completamente implantada estimado em US\$ 130 bilhões por ano só nos Estados Unidos,<sup>85</sup> e a otimização digital da rede mostrou aumentar a lucratividade dos serviços de utilidade pública em 20 a 30 por cento.<sup>86</sup> Conforme discutido no capítulo 2.1, os serviços de utilidade pública também podem assumir liderança na construção de ativos de geração renovável na otimização de sua integração à rede. Em algumas regiões onde as condições são boas, os serviços de utilidade pública já estão avançando com base apenas nos custos. A Xcel Energy, por exemplo, anunciou recentemente que construirá um grande parque eólico no centro-oeste dos EUA sem créditos tributários federais para produção de energia eólica, pois, atualmente, o vento é uma das fontes mais baratas de energia.<sup>87</sup>

Ao longo da última década, serviços de utilidade pública lutaram para implantar tecnologias de energia renovável mais caras, diante do declínio da demanda devido a iniciativas de eficiência energética. Agora, a eletrificação do sistema de transporte oferece aos serviços de utilidade pública uma oportunidade histórica de crescimento. Os serviços de utilidade pública podem desempenhar um papel na capacitação da eletrificação por meio de programas que vão desde a provisão de infraestrutura de carregamento rápido em residências até o auxílio às cidades na elaboração e instalação da infraestrutura de recarga em toda a cidade. Uma ideia inovadora permitiria que os serviços de utilidade pública financiassem os custos iniciais aproximadamente 50 por cento mais altos na compra de ônibus elétricos, em vez de ônibus a diesel, com uma tarifa paga por meio de cobrança mensal na conta dos serviços de utilidade pública da agência de transporte público.<sup>88</sup> Embora este modelo não tenha sido executado no setor de transportes, ele tem um longo histórico de sucesso no mercado da modernização da eficiência energética em edifícios.

**O setor urbano privado** desempenhará um papel importante na capacidade de as cidades alcançarem reduções de emissões em edifícios, processos industriais e resíduos, mas elas também podem se beneficiar. Conforme descrito no capítulo 2.2, muitas das ações que os proprietários de edifícios podem tomar compensarão rapidamente devido à redução das contas de serviços de utilidade pública, mas as barreiras incluem restrições de caixa para investimentos iniciais e problemas de incentivos contraditórios, em que os proprietários de edifícios investem,

---

85 Adrian Booth, Mike Greene, and Humayun Tai, *US smart grid value at stake: The \$130 billion question*, junho de 2010, McKinsey.com.

86 Adria Booth, Niko Mohr, and Peter Peters, *The digital utility: New opportunities and challenges*, maio de 2016, McKinsey.com.

87 Chris Clark, "Wind and solar energy: Clean affordable, reliable and secure," *MinnPost*, October 6, 2017, minnpost.com.

88 "Tariffed on-bill finance to accelerate clean transit," Clean Energy WORKS, acessado em 30 de outubro de 2017, cleanenergyworks.org/clean-transit.

mas seus inquilinos se beneficiam. Soluções de financiamento (tanto de provedores privados como públicos) podem ajudar a superar o obstáculo inicial ao investimento. Por exemplo: muitas cidades oferecem programas de incentivo que reduzem o custo das modernizações de eficiência energética. Além disso, os proprietários de edifícios estão descobrindo cada vez mais que os edifícios verdes podem representar maiores valores de aluguéis e taxas de locação mais altas devido ao valor reduzido dos serviços de utilidade pública, ao mesmo tempo em que aumentam a produtividade e satisfação do trabalhador. Esses edifícios também tendem a uma maior demanda, levando tanto a uma menor rotatividade de inquilinos quanto a um menor tempo de desocupação.

Grande parte da responsabilidade em acelerar a eficácia industrial fica a cargo dos fabricantes, que podem ajudar as cidades realizando melhorias operacionais em usinas para reduzir o consumo energético e influenciar os fornecedores a fazerem o mesmo. No entanto, cidades podem incentivar essas mudanças, criando demandas confiáveis para produtos de baixo teor de carbono produzidos após esses melhoramentos. Por outro lado, à medida que a sustentabilidade se torna uma questão cada vez mais visível, a demanda por produtos e serviços verdes cresceu em alguns lugares e, às vezes, superou a oferta.<sup>89</sup> Se cidades puderem ajudar a enviar uma mensagem consistente, fabricantes e vendedores podem ajudar a acelerar mudanças aumentando a produção, o que também os ajuda a conseguirem economias de escala para reforçar a competitividade dos custos de produtos e serviços com baixo teor de carbono.

**Governos nacionais e regionais** controlam uma gama de incentivos e financiamentos que afetam direta e indiretamente as cidades. Por exemplo, os padrões de eficiência energética para edifícios e veículos são frequentemente definidos em nível nacional. De forma semelhante, o financiamento de grandes investimentos em infraestrutura municipal, como projetos de transporte coletivo, também é frequentemente controlado por governos regionais ou nacionais. Esses tipos de investimentos em grandes infraestruturas estabelecem as fundações para cidades mais eficientes, produtivas e acessíveis.<sup>90</sup> Um exemplo é o prazo proposto pela China para eliminar as vendas de veículos movidos a combustíveis fósseis.<sup>91</sup> Este movimento, combinado com incentivos econômicos, já resultou em ônibus completamente elétricos, somando mais de 20 por cento dos novos ônibus vendidos na China em 2016.<sup>92</sup>



As cidades estão descobrindo cada vez mais que os incentivos que apóiam uma ação climática ambiciosa estão se alinhando com o setor privado, serviços de utilidade pública e governos estaduais e nacionais. Onde isso não é uma realidade, muitas cidades estão tomando medidas decisivas para mobilizar envolvidos através de políticas e incentivos para investimentos privados. Aproveitar a disposição de outros envolvidos para apoiar a ação climática na cidade exigirá que líderes municipais fortes exerçam plenamente seu poder de convocação e exijam mudanças além de suas fronteiras jurisdicionais. ■

---

89 *GreenBiz*, "Businesses scramble to keep up with green product demand," entrada no blog por BusinessGreen Staff, 24 de maio de 2012, [greenbiz.com](http://greenbiz.com).

90 *Better cities, better growth, better climate*, um relatório conjunto do The New Climate Economy, do Grupo C40 de Grandes Cidades e do World Resources Institute, junho de 2017, [newclimateeconomy.report](http://newclimateeconomy.report).

91 Bloomberg News, "China fossil fuel deadline shifts focus to electric car race," *Bloomberg Technology*, 10 de setembro de 2017, [bloomberg.com](http://bloomberg.com).

92 James Ayre, "China 100% electric bus sales grew to ~115, 700 in 2016," *Clean Technica*, 3 de fevereiro de 2017, [cleantechnica.com](http://cleantechnica.com).



# CONCLUSÃO



© yangphoto/Getty Images

As cidades apresentam uma grande oportunidade no compromisso de alinhar o mundo com uma trajetória de mudança climática de 1,5 °C. Elas representam mais da metade da população do mundo, são motores do crescimento econômico e responsáveis por mais de 70 por cento das emissões globais de gases de efeito estufa. Como tal, as cidades têm uma grande responsabilidade, a qual muitos líderes urbanos e cidadãos estão levando a sério. Cidades ao redor do mundo já estão inovando e testando novas ideias, aprovando regulações, criando incentivos e educando os envolvidos a respeito do desafio. Mas é preciso fazer mais. Se as cidades quiserem atingir suas metas de redução de emissões, devem rapidamente implementar novas tecnologias e infraestruturas mais limpas em uma escala e velocidade sem precedentes.

A complexidade do ecossistema político e social pode fazer com que o design e a implementação da ação climática pareçam esmagadores. E a miríade de opções para reduzir os gases de efeito estufa pode deixar as cidades paralisadas. Este relatório oferece um conjunto de 12 oportunidades agrupadas em quatro áreas de ações. Para atingir o total potencial dessas oportunidades, existem três prioridades.

**As cidades devem ir além de ganhos imediatos.** A aceleração centralizada de cidades caminhando decisivamente e em escala nas quatro áreas de ação deste relatório tem o potencial de ajudar as cidades a alcançarem de 90 a 100 por cento das reduções de emissões necessárias até 2030, e as posiciona para cortes ainda mais significativos até 2050. A aceleração centralizada é uma estratégia que ajudou organizações do setor privado a alcançarem objetivos ambiciosos em situações igualmente complexas. As cidades que usarem os próximos 12 anos para construir um conjunto de ferramentas de alto nível que inclua compras simplificadas, acesso a capital, relações com outras cidades para troca de melhores práticas, engajamento comunitário e parcerias com o setor privado e o governo estarão preparadas para enfrentar o próximo conjunto de oportunidades de redução de emissões. Alcançar as metas de reduções de 2030 também estabelecerá as bases para capturar oportunidades que demoram mais para serem cumpridas — como a densificação e o planejamento do uso da terra—, mas serão essenciais para alcançar a descarbonização mais profunda necessária para atingir as metas de 2050.

**Uma colaboração intersetorial será essencial.** Attingir um percurso de 1,5 °C através da ação climática exigirá uma colaboração significativa em todos os setores e níveis de governo. Em nosso trabalho em diferentes setores, já vimos uma aceitação que todas as partes têm um papel a desempenhar na redução das emissões de carbono. Um número crescente de empresas já está trabalhando para atingir metas de 100% de energia renovável, e pode usar o que aprendeu para se associar a cidades e serviços de utilidade pública para fazer com que esse objetivo seja

uma realidade em todo o cenário urbano global. De forma semelhante, a colaboração entre empresas automotivas e de tecnologia, serviços de utilidade pública e cidades pode acelerar as tendências de mobilidade que têm o potencial de conduzir cidades a uma mobilidade com baixo teor de carbono e que seja mais eficiente e acessível a todos. A infraestrutura também oferece uma oportunidade para as cidades colaborarem com desenvolvedores imobiliários e proprietários de edifícios que reconhecem que a construção e manutenção de edifícios eficientes podem reduzir as contas de serviços de utilidade pública para seus ocupantes, diminuir a rotatividade de inquilinos e impulsionar a produtividade de trabalhadores.

**Prefeitos e outros líderes urbanos precisarão conquistar o apoio para mudanças.**

A criação do consenso para a ação climática entre envolvidos nas populações locais e comunidades empresariais exige o destaque dos benefícios que vão além da redução das emissões de gases de efeito estufa. Os benefícios são econômicos, sociais e ambientais, incluindo a redução do congestionamento rodoviário e da poluição do ar, maior produtividade entre trabalhadores, melhoria da qualidade de vida, maior resiliência, segurança de estradas e menos tempo de deslocamento. Engajar grupos comunitários e traçar planos de ação climática com a contribuição de tais grupos também pode ajudar a garantir que a transição para uma cidade de baixo teor de carbono seja equilibrada para todos os habitantes. Os prefeitos podem destacar esses benefícios defendendo os investimentos de hoje no nosso futuro coletivo de longo prazo. ■

## AGRADECIMENTOS

### Equipe C40

Mark Watts  
Kevin Austin  
Malcolm Shield  
Michael Doust  
Simon Hansen  
Shannon Lawrence  
Joshua Gardner

### Equipe McKinsey

Stefan Knupfer  
Shannon Bouton  
Cynthia Shih  
Devansh Gupta  
Shelby Lin  
Shannon Gombos  
Stephen Jacobson  
Andreas Venus  
Brodie Boland  
Peter Hill

---

Este relatório envolveu a colaboração de várias pessoas. Nós não teríamos espaço para agradecer a cada uma delas individualmente, mas gostaríamos de destacar as pessoas abaixo por seu conhecimento e a generosidade do tempo dedicado. O impacto deste relatório será o produto das contribuições coletivas de:

Desiree Bernhard, Michele Bertoncello, Alex Brotschi, Lia Cairone, Ricardo Cepeda-Márquez, Robert Cervero, Flavio Coppola, David Craven, Andrea Fernandez, David Frankel, Bhavin Gandhi, Anna Gressel-Bacharan, Clare Healy, Max Jamieson, Laura Jay, Sean Kane, Kate Laing, Nicholas Laverty, Julia Lipton, Timo Möller, Eric Morden, Jesse Noffsinger, Dickon Pinner, Angelos Plataniias, Matt Rogers, Josh Rosenfield, Caterina Sarfatti, Lucila Spotorno, Zachary Tofias, Andreas Tschiesner, Helga Vanthournout, Amy Wagner, Caroline Watson, Jonathan Woetzel, Katherine Wolosz e Hong Xia

---

### Contatos relativos a este relatório

Kevin Austin  
*kaustin@c40.org*

Stefan Knupfer  
*stefan\_knupfer@mckinsey.com*

Malcolm Shield  
*mshield@c40.org*

Shannon Bouton  
*shannon\_bouton@mckinsey.com*

Simon Hansen  
*shansen@c40.org*

Cynthia Shih  
*cynthia\_shih@mckinsey.com*

Esta versão foi traduzida do documento original em Inglês, que pode ser acessado [no link](#). Tradução realizada graças à generosidade da Global Environment Facility (GEF) através de seu programa Global Platform for Sustainable Cities (GPSC)





