

Plantando Ar Puro

Uma análise global do papel das árvores em zonas urbanas no combate ao calor extremo e à poluição por material particulado.



Em 2050,

**a grande maioria da humanidade viverá
em cidades e centros urbanos.**

Plantando Ar Puro

O século XXI será urbano: as cidades do mundo receberão mais de 2 bilhões de pessoas, em uma urbanização acelerada e sem precedentes na história. Em 2050, a grande maioria da humanidade viverá em cidades e centros urbanos. Contudo, neste momento de "triunfo da cidade", as zonas urbanas do planeta enfrentam dificuldades consideráveis, que vão da garantia de emprego e de serviços públicos a essa população em expansão até a proteção dos cidadãos contra o crime e a violência, passando pela preservação dos recursos ambientais urbanos. Um dos desafios ambientais mais urgentes para as cidades é a qualidade do ar. Na maioria delas, o poluente mais prejudicial é o material particulado que é emitido por diversas fontes, em especial a queima de resíduos agrícolas, lenha e combustíveis fósseis. O material particulado fino (com diâmetro inferior a 2,5 µg (microgramas), também chamado de MP_{2,5}) pode penetrar profundamente nos pulmões por inalação e é a causa de 3,2 milhões de mortes anuais (cerca de 4% das mortes globais por doenças) (Figura E1), principalmente por doenças cerebrovasculares (como derrames) e cardiopatia isquêmica (como ataques cardíacos). A exposição ao MP_{2,5} também contribui para doenças respiratórias crônicas e agudas, inclusive asma. E o problema ainda pode piorar: um estudo aponta que, em 2050, o material particulado fino pode chegar a matar 6,2 milhões de pessoas por ano. Governos municipais e nacionais estão cientes da ameaça que é o MP_{2,5} e a busca por soluções é urgente.

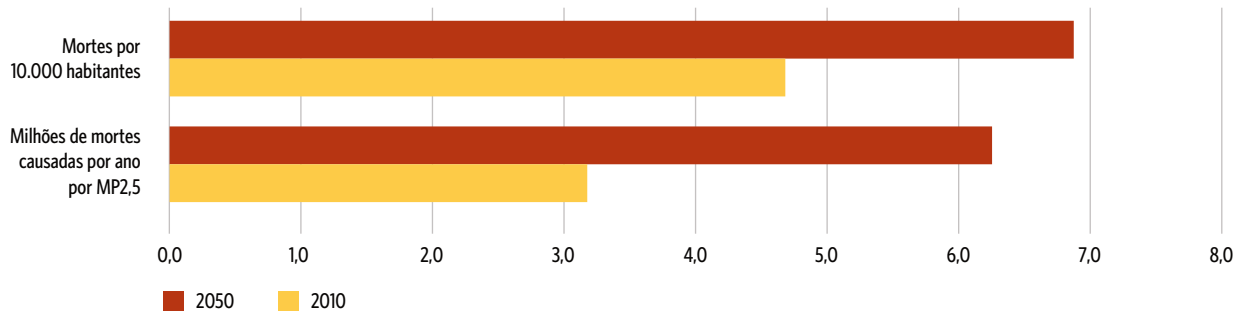


Figura E1. Mortalidade global por MP_{2,5} prevista para 2050 em comparação com 2010. expressa em número total de mortes e em mortes por 10.000 habitantes. A previsão indica que o número de fatalidades deve dobrar (ou seja, um aumento de 100%). Parte desse avanço deve-se meramente ao crescimento populacional. Porém, prevê-se que o número de mortes por 10.000 habitantes aumente cerca de 50%, principalmente em virtude da elevação das concentrações de MP_{2,5} nas cidades dos países em desenvolvimento. Dados de Lelieveld et al.



Outro problema urgente para as cidades é a temperatura do ar durante o verão, tão quente que afeta a saúde da população. As ondas de calor já constituem o desastre climático com maior taxa de mortalidade internacional (Figura E2), vitimando algo em torno de 12.000 pessoas por ano, em média, além de atrapalhar a vida de milhões. As mudanças climáticas tendem a agravar a ameaça das ondas de calor urbanas, à proporção que os gases do efeito estufa aprisionam mais energia solar, o que intensifica a frequência e a magnitude das ondas de calor. Um relatório da Organização Mundial da Saúde projeta que as fatalidades decorrentes de ondas de calor cheguem a 260.000 ao ano em 2050, se as cidades não se prepararem. Cidades inteligentes estão tentando reduzir as concentrações de $MP_{2,5}$ e milhares de outras buscam a melhor forma de administrar o calor excessivo e adaptar-se a ele.

Será que a natureza não pode auxiliar nesse combate ao duplo problema do ar muito poluído e muito quente? As árvores e outras formas de vegetação, plantadas em vias públicas, jardins residenciais ou em parques, oferecem diversos benefícios: melhoria estética, valorização dos imóveis, prevenção contra erosão, gestão de águas pluviais e redução de ruídos. Elas também sequestram carbono, o que ajuda a atenuar as mudanças climáticas. Parques criam espaços de recreação para o público, com vantagens concretas para a saúde física e mental. E nos parece que as árvores também podem ter um papel fundamental no processo de tornar nosso ar mais saudável. Dezenas de estudos demonstram que as folhas das árvores filtram o material particulado (e vários outros poluentes) da atmosfera. Paralelamente, há estudos científicos que confirmam que a sombra e a transpiração de água causada pela fotossíntese ajudam a reduzir a temperatura do ar reduzindo, ao mesmo tempo, o consumo de energia elétrica para refrigeração doméstica. Mas ainda há questões pendentes para os governos municipais e autoridades de saúde pública:

- Qual a parcela dos problemas da qualidade do ar (material particulado e calor excessivo) que pode ser resolvida com árvores?
- Quais cidades e bairros serão mais beneficiados?
- Quanto é preciso investir, em árvores plantadas ou em dólares?
- Em que locais o plantio é um investimento economicamente eficiente, se comparado a outras ações que reduzem o MP ou a temperatura ambiente do ar?

As árvores já estão ajudando muito

Para responder a essas questões, The Nature Conservancy formulou o primeiro estudo internacional de cidades, em colaboração com o Grupo C40 de Grandes Cidades na Liderança Climática. Coletamos dados geoespaciais sobre vegetação e cobertura do solo, concentração de poluentes atmosféricos $MP_{2,5}$ e densidade demográfica de 245 cidades, e usamos correlações já estabelecidas na literatura para avaliar a esfera de ação das árvores já existentes e das que ainda serão plantadas nas ruas para purificar o ar das zonas urbanas. Projetamos três cenários (Maior, Médio e Menor) que descrevem a taxa de redução de temperatura e concentração de MP que as árvores demonstraram. A análise concentrou-se em árvores plantadas nas ruas, visto que a revisão da literatura indicou que, para uma redução significativa de temperatura ou de concentrações de MP, era necessário que as árvores estivessem próximas das pessoas. As 245 cidades estudadas abrigam, hoje, cerca de 910 milhões de pessoas, ou um quarto da população urbana do planeta.

As árvores presentes nas ruas das cidades avaliadas já oferecem benefícios concretos. Calculamos que elas já ofereçam uma redução mínima de $MP_{2,5}$ na ordem de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a algo em torno de 1,3 milhão de pessoas (variação entre cenários menor a maior: 0,0-6,1); redução de, ao menos, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 10,2 milhões de habitantes (1,0-15,4); e diminuição de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 52,1 milhões de pessoas (23,8-63,1). De forma semelhante, as árvores já oferecem uma diminuição da temperatura máxima do ar durante o verão de 0,5 a 2,0° C, beneficiando 68,3 milhões de pessoas. Conforme detalhado no relatório, a extensão do impacto sobre MP e temperatura proporciona benefícios práticos para a saúde do público em questão.

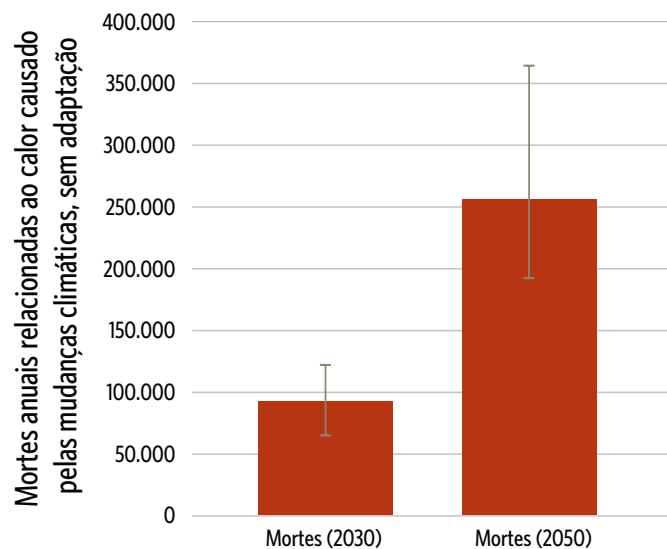
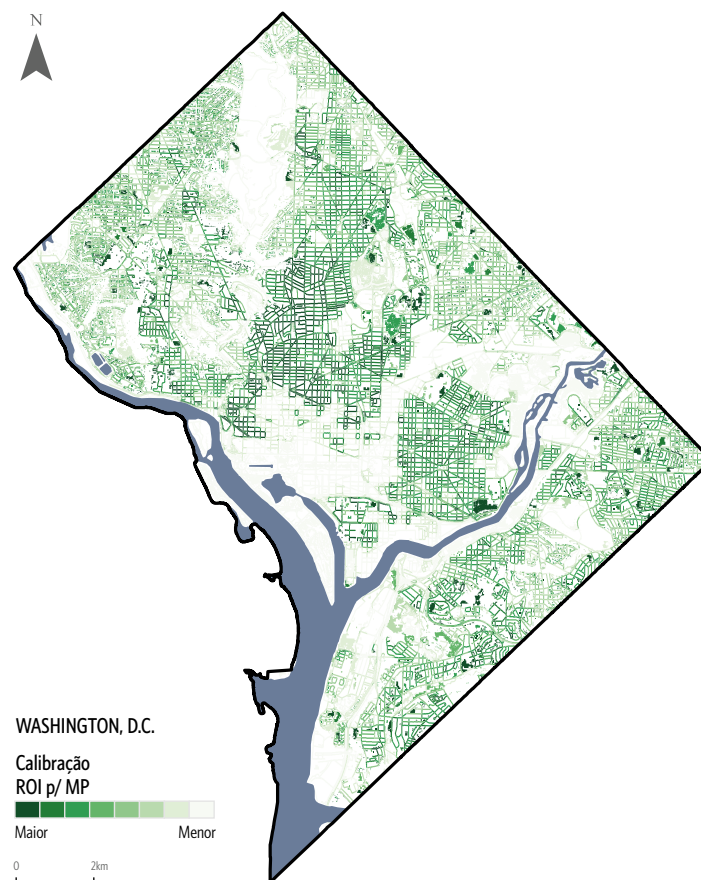


Figura E2. Previsão do impacto das mudanças climáticas sobre mortes causadas por calor excessivo, em termos de mortalidade anual para 2030 e 2050. O estudo da OMS investigou diversas possíveis situações climáticas e suas consequentes taxas de mortalidade (indicadas pelas barras de erro). Dados da OMS (2014).

Estes dados se referem apenas às árvores já presentes. Como consta no relatório, muitas cidades têm dificuldades para manter o número atual de árvores nas ruas. Nossos resultados salientam a importância de conservá-las. Contudo, várias cidades ainda têm muito espaço para ampliar a presença de árvores e diminuir mais a poluição atmosférica e o calor do verão. Neste estudo, avaliamos o impacto de grandes (porém viáveis) expansões no plantio de árvores, medindo o retorno sobre investimento (ROI) em termos de redução do $MP_{2.5}$ ou da temperatura para cada dólar investido.

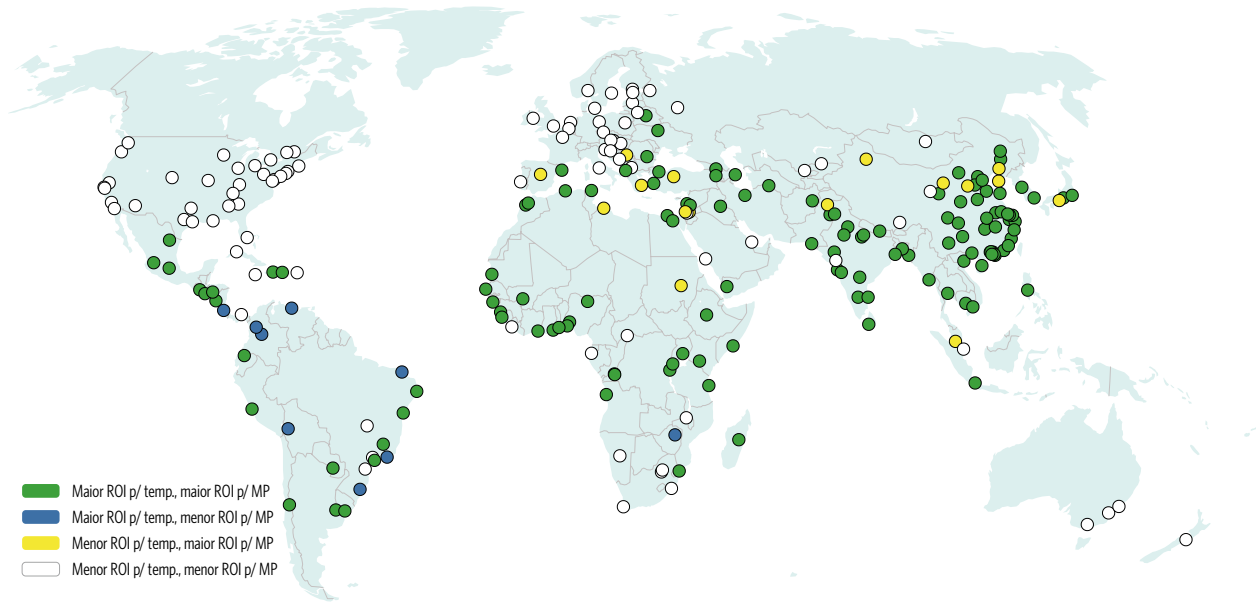
A importância de ações direcionadas

Nossa análise crítica da literatura aponta que, em termos de redução de MP e temperaturas, as árvores geram benefícios significativos, mas concentrados geograficamente: o alcance é de até 300 m de raio do plantio. Por isso, é fundamental direcionar as ações para os bairros onde a mitigação se mostra mais eficaz (Mapa E1). Os resultados assinalam grande variação entre as cidades, e os bairros mais adequados para o plantio de árvores chegam a apresentar retorno sobre investimento (ROI) até cem vezes maior do que os bairros menos favorecidos. Em geral, esses bairros têm alta densidade demográfica, de forma que a limpeza do ar beneficiaria um maior número de pessoas. Além disso, verifica-se acentuada concentração de $MP_{2.5}$ a ser processada pelas árvores. O relatório discute diretrizes para os plantios, que podem ser utilizadas para selecionar as espécies com maior capacidade de remoção de MP, assim como o espaçamento adequado entre as árvores. É indispensável evitar o aprisionamento do fluxo do ar proveniente de fontes de partículas (como rodovias, por exemplo) em áreas habitadas. A densidade demográfica e as concentrações de MP também determinam a variação de ROI entre as cidades (Mapa E2). Outra variável é o custo do plantio. Mantidos iguais os outros fatores, as cidades que demandam menos recursos para o plantio e a conservação apresentam maior ROI. Em todo o mundo, os custos de plantio e manutenção tendem a ser mais baixos nos países menos desenvolvidos. Entretanto, há grande disparidade entre cidades de um mesmo país, resultantes da disponibilidade de mudas, custo da mão de obra e tamanho do programa de florestamento urbano de cada cidade.



Mapa E. Avaliação do retorno sobre investimento (ROI) por bairro para o plantio de árvores para redução de material particulado em Washington, DC. As ruas em tons mais escuros oferecem mais retorno sobre investimento.

O padrão de ROI em termos de mitigação das temperaturas é semelhante: o retorno em alguns bairros é até cem vezes melhor do que em outros. Para ter o ROI alto ideal, a densidade demográfica do bairro deve se alta (ou deve haver uma concentração de grupos vulneráveis), resultando em vantagens para um grande número de pessoas. Discutimos também diretrizes de plantio para a diminuição da temperatura do ar, enfatizando em que as diretrizes focadas na queda da temperatura são diferentes daquelas que priorizam a remoção de MP. A densidade demográfica e o custo de plantio resultam em grandes variações de ROI para a mitigação das temperaturas (Mapa E2). Observe-se, entretanto, que cidades em regiões áridas podem enfrentar um dilema: apesar de aplacarem as temperaturas máximas (e concentrações de MP), as árvores demandam água, que pode ser escassa, para irrigação, ao menos em alguns meses do ano.



Mapa E2. Retorno sobre investimento do plantio de árvores para redução da temperatura ambiente em cidades de todo o mundo.





A natureza como solução econômica

Nossas pesquisas também mostram que o plantio em ruas e a ampliação do dossel urbano podem ser uma opção economicamente eficiente para tornar o ar mais puro. O custo da redução do material particulado, medido em dólares por tonelada, varia significativamente de bairro para bairro. Em alguns, é inferior aos custos de outras estratégias publicadas para controle de emissões (Figura E3). Mas o custo médio do plantio para mitigação de MP é superior ao custo de cinco das seis categorias gerais de estratégias analisadas, o que sugere que, em muitos casos, medidas mais convencionais podem ser menos onerosas. O gasto para amenizar a temperatura (em dólares/°C na implementação da prática em área superior a 100m²) também varia muito entre os bairros. Em alguns locais, é inferior a qualquer estratégia convencional disponível. O custo médio do plantio é menor do que todas as outras estratégias consideradas, exceto as tecnologias de “telhados frios”. É claro que, nos casos que envolvem tanto as concentrações de MP quanto as temperaturas, a atratividade comparativa das árvores será muito maior, dado que nenhuma alternativa “cinza” abrange dois problemas ao mesmo tempo. Além disso, as árvores oferecem outras vantagens (sequestro de carbono, melhoria estética, controle de águas pluviais etc.) que aumentam a atratividade da área verde como solução.

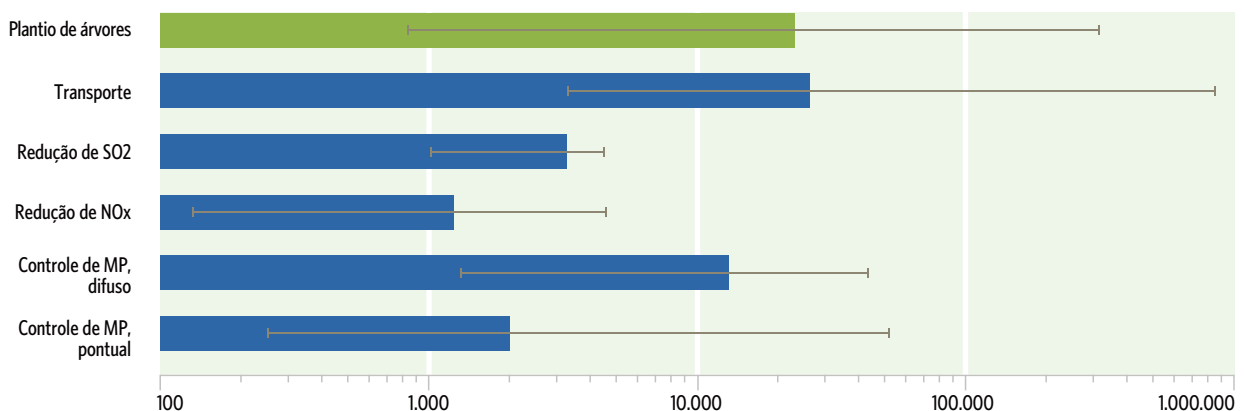


Figura E3. Custo-benefício do plantio de árvores nas ruas para redução de material particulado, comparado a estratégias convencionais de redução. A barra verde indica o custo-benefício médio do plantio de árvores nas ruas, levando-se em consideração todas as localidades, enquanto as barras de erro sinalizam os valores mínimo e máximo. Todos os valores foram padronizados em US\$/ton - valores de 2015. Note-se que, embora o custo médio por tonelada de MP removido seja maior com as árvores do que com das muitas estratégias convencionais, a variação é grande, de forma que, em muitos lugares, o plantio é competitivo em relação a estratégias de infraestrutura “cinza”. Ademais, a comparação tem um viés a favor das modalidades convencionais, pois o custo-benefício é representado em US\$/ton de emissões evitadas na fonte poluidora (o que nem sempre resulta em redução da concentração local para as pessoas), enquanto o das árvores representa o real custo-benefício da redução para as pessoas.

Além de ser econômico para tornar o ar mais puro em alguns bairros, o plantio de árvores também pode oferecer vantagens a uma parcela significativa dos habitantes da zona urbana. A curva do investimento global em árvores para redução de $MP_{2,5}$ está representada na Figura E4. Em nosso cenário de impacto Médio, por exemplo, estimamos que um investimento adicional em árvores (incluindo custos de plantio e conservação) de \$100 milhões anuais estenderia uma grande redução de $MP_{2,5}$ ($> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a mais oito milhões de pessoas, uma diminuição moderada ($> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a uma população de 47 milhões e uma pequena amenização ($> 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a 68 milhões de pessoas. O formato da curva de investimento para temperatura é semelhante (Figura E5). Um investimento anual de US\$ 100 milhões abrandaria as temperaturas máximas em dias quentes (cenário de impacto Médio) em 1°C para mais 77 milhões de pessoas.

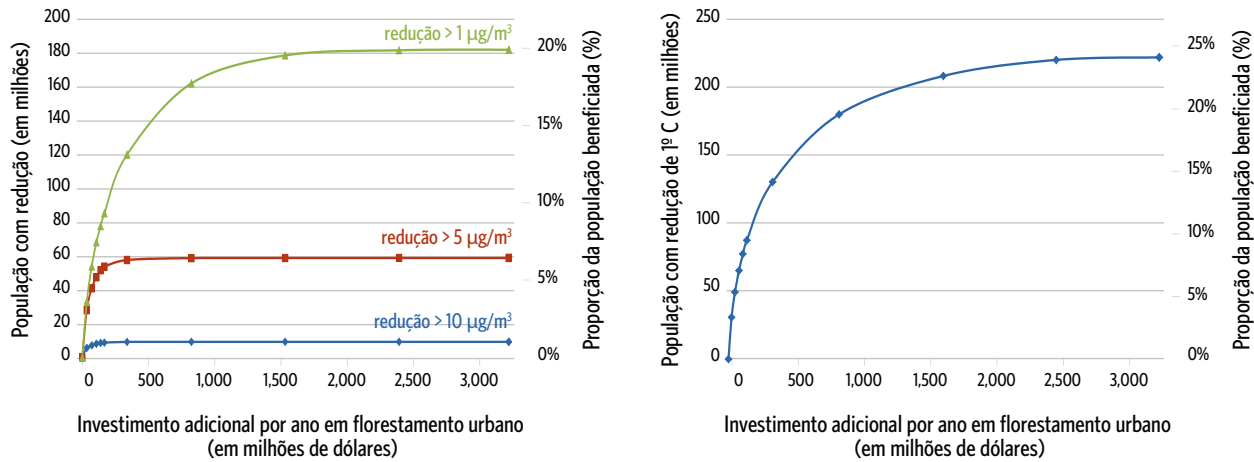


Figura E4 (esquerda). Potencial global do plantio urbano de árvores em termos de benefícios para habitantes das cidades pela redução nas concentrações de $MP_{2,5}$, com diferentes patamares de investimento anual no plantio e conservação das árvores. Os resultados exibidos se aplicam ao cenário Médio de efetividade das árvores na remoção de $MP_{2,5}$. Vale a pena ressaltar que as curvas para 5 e $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ não sofrem muita alteração com investimentos maiores, pois são relativamente poucas as cidades (em especial as mais poluídas) nas quais o plantio de árvores pode retirar quantidades de poluição superiores a essas. Uma vez finalizado o investimento no plantio urbano nessas cidades, investimentos adicionais não aumentam o número de pessoas que recebem reduções superiores a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mas seguirá agregando beneficiários de reduções mais modestas de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura E5 (direita). Potencial global do plantio urbano de árvores em termos de benefícios para habitantes das cidades pela redução de temperaturas, com diferentes patamares de investimento anual no plantio e conservação das árvores. Os resultados exibidos se aplicam a um cenário Médio. Já em um cenário Maior, um número equivalente de pessoas poderia testemunhar redução de 2°C , enquanto que a mesma população teria diminuição de $0,5^\circ\text{C}$ em um cenário Menor.

Esses níveis de redução das concentrações de $MP_{2,5}$ e da temperatura, possibilitados pela ampliação no número de árvores, podem promover uma redução modesta, mas significativa, na ocorrência de doenças. Considerando a comprovada conexão entre a concentração de $MP_{2,5}$ em locais abertos e a mortalidade, estimamos que, com o plantio máximo de árvores (custo anual de \$3,2 bilhões), a mortalidade associada ao $MP_{2,5}$ possa ser reduzida entre 2,7 e 8,7%, poupando de 11.000 a 36.000 vidas todos os anos nas cidades afetadas. Este sumário executivo enfatiza a mortalidade, embora seja evidente a existência de uma gama de impactos à saúde, que vão do absenteísmo no trabalho e na escola até internações ou mortes precoces. Os estudos apontam que, para cada morte causada por $MP_{2,5}$, muitas pessoas são hospitalizadas ou afetadas de outras formas, de forma que podemos esperar benefícios com o maior plantio de árvores possível para um número de pessoas muitas vezes superior ao total de mortes evitadas.

O efeito das altas temperaturas sobre a mortalidade também é muito bem documentado na literatura. Com base em estudos que estabelecem relações funcionais entre mortalidade e temperaturas altas, estimamos que o plantio máximo de árvores em nossas cidades poderia reduzir a mortalidade associada a altas temperaturas entre 2,4 e 5,6%, poupando de 200 a 700 vidas por ano nas cidades analisadas. Observe-se que este valor refere-se ao clima atual. Com a possibilidade de as mudanças climáticas multiplicarem até 20 vezes a mortalidade causada pelo calor, é provável que o número de vidas salvas por árvores em zonas urbanas seja substancialmente maior no futuro.

Além disso, o plantio de árvores poderá reduzir o consumo de eletricidade e aumentar o sequestro de carbono. Estimamos que o cenário com o plantio máximo de árvores poderia reduzir de 0,9% a 4,8% (de 9,3 a 48 bilhões de kWh) do consumo anual de energia nas 245 cidades estudadas. Dentro dessa situação com o máximo possível de árvores plantadas nas ruas, o sequestro de carbono, líquido, aumentaria em 2,7 a 13 milhões de toneladas de CO_2 . Em conjunto com a possível redução de emissões de CO_2 resultante do menor consumo de eletricidade, estimamos que o cenário do máximo possível de árvores plantadas possa trazer uma diminuição anual da ordem de 7,0 a 35 milhões de toneladas de CO_2 . Note-se que estes benefícios climáticos são somados aos benefícios à saúde com a redução do $MP_{2,5}$ e a mitigação das temperaturas.

A natureza com papel ainda mais relevante no futuro

Finalmente, nossa análise das tendências ao longo do tempo sugere que as vantagens oferecidas pelas árvores ao ecossistema serão ainda maiores no futuro. É possível que a taxa de mortalidade causada por $MP_{2,5}$ em 2050 chegue a subir 50% até 2050, principalmente nas áreas urbanas, e espera-se que as temperaturas máximas durante o verão nas cidades amostradas suba de 2 a 5º C no mesmo período. É uma dupla ameaça que desafia a saúde dos habitantes das cidades e, se nada mais mudar, aumenta a importância das árvores já presentes. Além disso, deve ocorrer um aumento extraordinário das populações urbanas, o que expande o número de pessoas beneficiadas pelas atividades desempenhadas pela natureza. Por fim, todo o desenvolvimento urbano, ou simplesmente o investimento insuficiente na reposição de árvores perdidas, pode reduzir a área arborizada nas cidades. Por exemplo, verificamos que 26% das cidades passaram por um encolhimento de área verde no período entre 2000 e 2010, enquanto apenas 16% delas ampliaram o florestamento no mesmo intervalo.

Conclusões

Estamos no início do século urbano. Uma das principais missões das cidades será tornarem-se lugares onde a vida seja vibrante, saudável e agradável. Este relatório concentra-se em uma pequena parcela desta tarefa: tornar o ar das cidades mais puro. É contínuo o trabalho de aplacar as concentrações de material particulado e outros poluentes atmosféricos, e as cidades também precisam preparar-se para ondas de calor cada vez mais frequentes e intensas que devem resultar das mudanças climáticas. O duplo desafio da poluição do ar e do calor excessivo vai exigir abordagens nas mais diversas frentes. Neste relatório, a The Nature Conservancy e o Grupo C40 de Grandes Cidades na Liderança Climática tentaram definir se a natureza pode fazer parte da solução desse problema.

A resposta parece ser um sonoro “sim”. Árvores em zonas urbanas podem ser uma opção economicamente eficiente dentro de uma carteira de ações para controlar a poluição por material particulado e diminuir as altas temperaturas das cidades. Embora as árvores não possam e não devam substituir outras estratégias de despoluição, elas podem ser aliadas a outras ações e vão ajudar a limpar e resfriar o ar. Elas ainda oferecem múltiplas vantagens, além do ar puro. Plantadas em locais adequados, elas purificam o ar e fazem das nossas cidades um ambiente mais verde e habitável.



Créditos

Autoria principal

Rob McDonald, The Nature Conservancy

Timm Kroeger, The Nature Conservancy

Tim Boucher, The Nature Conservancy

Wang Longzhu, The Nature Conservancy

Rolla Salem, The Nature Conservancy

Contribuição

Jonathan Adams

Steven Bassett, The Nature Conservancy

Misty Edgecomb, The Nature Conservancy;

Snigdha Garg, Grupo C40 de Grandes Cidades na Liderança Climática



Design Gráfico

Paul Gormont, Apertures, Inc

Copidesque

Sonya Hemmings

© 2016 The Nature Conservancy. Todos os direitos reservados.

Os autores do relatório agradecem ao comitê consultivo e aos revisores pela orientação e pelos proveitosos comentários. O financiamento do relatório foi oferecido pelo Fundo de Conservação Global da China e pelos programas urbanos Global e Norte-Americano da The Nature Conservancy.

Um investimento global de US\$ 3,2 bilhões por ano
— menos de \$4 por habitante —
**pode salvar dezenas de milhares de vidas anualmente
e beneficiar a saúde de dezenas de milhões de pessoas.**





The Nature Conservancy

4245 North Fairfax Drive, Suite 100
Arlington, VA 22203-1606

Telephone: +1 (703) 841-5300
Website: www.nature.org

www.nature.org/healthyair

