

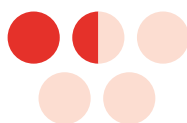
**FAZER O DESIGN DE ATIVOS DE  
MOBILIDADE PARA RECIRCULAR  
COMPONENTES E MATERIAIS**



## O design de ativos de mobilidade, desde veículos até infraestrutura, é fundamental para colher os benefícios da transição para uma economia circular.

Decisões tomadas na fase de design de um ativo determinam em grande parte se resíduos e poluição serão eliminados do sistema desde o princípio e se o ativo e os materiais nele contidos podem permanecer em uso em seu mais alto valor. O design de ativos de mobilidade também tem um impacto no número de veículos nas vias públicas, com que facilidade os veículos podem ser adaptados para uso variável, se os ativos de mobilidade podem apoiar o sistema de energia urbano e de que tipo de materiais eles podem ser feitos.

### CASO PARA MUDANÇA



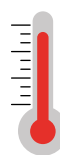
Na Europa, em geral apenas **1,5 de 5 assentos** são ocupados em um carro durante seu uso<sup>1</sup>



Somente **10%** das vias públicas são usadas durante o horário de rush na Europa<sup>2</sup>

# 90%

**90%** dos residentes urbanos na Europa são expostos a níveis prejudiciais de poluição do ar<sup>3</sup>



**50%** da área dentro das cidades europeias estão pavimentadas para vias públicas e estacionamento, o que leva a temperaturas mais altas e maior risco de inundação<sup>4</sup>



Um caminhão bastante carregado pode infligir dano à via pública e aos **10.000** veículos leves que passam<sup>5</sup>

### EXEMPLOS DE OPORTUNIDADES DE ECONOMIA CIRCULAR

#### Projetar veículos para uso adaptável e compartilhado

Projetar veículos de todos os tipos para obter o potencial máximo de uso e ter capacidade de remanufatura é importante para se aproveitar o máximo dos materiais utilizados. A modularidade, na qual peças podem ser trocadas e/ou espaço dentro do veículo pode ser reconfigurado, pode possibilitar uso mais longo ao mesmo tempo em que atende às necessidades de mudanças e de conserto do usuário.<sup>6</sup> Veículos de carga podem ter interiores flexíveis projetados para suportar, simultaneamente, a entrega e a coleta de mercadorias e de recicláveis. Nesses interiores flexíveis, diferentes cargas são separadas em seções que podem ser reduzidas ou expandidas, o que maximiza o uso da capacidade do veículo.<sup>7</sup> A tecnologia de automação de veículo pode ser usada para suporte ao compartilhamento de veículo e aos esquemas de mobilidade como serviço (MaaS) (consulte *Mobilidade: Acesso*).

#### Projetar veículos de transporte com emissão zero e para redes elétricas

Projetar veículos para usarem energia renovável é uma medida importante para reduzir a poluição nas cidades e apoiar uma mudança que afaste o uso de recursos finitos de energia. Além disso, os veículos e frotas elétricos nas cidades podem fornecer suporte à rede de energia urbana por meio de armazenamento de energia de bateria (consultar também *Mobilidade: Planejamento*), enquanto que os veículos convencionais existentes podem mudar para biocombustível feito de subprodutos com baixos custos de conversão. Avanços na tecnologia de célula de combustível com emissão zero também têm o potencial de reduzir os impactos negativos dos veículos urbanos de transporte público.<sup>8</sup>

#### Projetar infraestrutura de transporte para uso adaptável

Diversas soluções permanentes ou flexíveis podem ser aplicadas para se fazer um melhor aproveitamento do solo urbano usado para mobilidade. Um exemplo inclui restrições dinâmicas ao uso das ruas que favorecem modos de transporte específicos em determinados horários do dia (por exemplo, priorizar o espaço das vias públicas para bicicletas com indicação de luzes de LED ou restrições das faixas de transporte de carga). Intervenções de design simples e de baixo custo, como mobiliário de rua móvel (por exemplo, mover um vaso de plantas ou um banco para a via pública), também podem indicar uma mudança temporária no uso da rua.<sup>9</sup>

#### Projetar infraestrutura de mobilidade regenerativa e de energia positiva

Nas cidades, o design da infraestrutura de mobilidade pode oferecer suporte à regeneração de sistemas naturais e contribuir para a produção de energia. Pavimentações permeáveis podem permitir que a água da chuva seja filtrada, ajudando as cidades a administrar as águas pluviais, reduzir poluição do solo e da água e restaurar estoques de água no solo.<sup>10</sup> Ao adicionar cores mais claras e refletivas nas pavimentações, as cidades podem ser naturalmente resfriadas.<sup>11</sup> Há mais tecnologias e designs emergentes sendo testados; in Jinan, na China, um anel viário de 1 km pavimentado com painéis solares gera cerca de 1 milhão de kWh por ano;<sup>12</sup> em Londres, uma rua gera eletricidade enquanto as pessoas caminham por ela, ao mesmo tempo em que uma tinta personalizada purifica o ar;<sup>13</sup> e o novo Crossrail de Londres é projetado para captar a energia do vento dos trens que passam.<sup>14</sup>



## EXEMPLOS DE CASOS RELEVANTES

### Design circular de veículos com modelos circulares de negócios

A Open Motors fornece veículos modulares, elétricos, autônomos e montados localmente que são projetados para sistemas MaaS. O serviço envolve seus clientes no design e na montagem de uma frota de veículos personalizados. Os clientes podem obter seus designs em metade do tempo e por um sexto do custo de um "veículo regular". O design modular permite a substituição direta de componentes individuais quebrados ou desatualizados, permitindo que as frotas durem 10 vezes mais. Os veículos podem ser transportados em caixotes de componentes e montados localmente em uma oficina ou microfábrica simples. Esse processo pode baixar o impacto ambiental, criar empregos locais e reduzir impostos de importação e custos de montagem.<sup>15</sup> Outro exemplo inovador do design circular de veículos é o Rasa, da Riversimple. O Rasa é um carro alimentado por célula de combustível de hidrogênio. O chassi é feito de compostos de fibra muito leves e pesa menos de 40 kg. Para concretizar plenamente as oportunidades desse novo design, a Riversimple usa um modelo de fabricação distribuída e mantém a propriedade do veículo vendendo o acesso a ele em um pacote baseado em serviço circular que inclui o direito de uso do carro, manutenção e combustível.<sup>16</sup> **Consulte Produtos: Criação para mais sobre fabricação distribuída.**

### Uso dinâmico de ruas em Copenhague e Barcelona

Na Dinamarca, Copenhague está fazendo experiências com luzes inteligentes de LED que dividem a rua em faixas dinâmicas, sinalizando qual forma de transporte tem prioridade na via e quando. Por exemplo, as ciclovias podem ser alargadas durante o horário de rush de manhã e depois contraídas quando houver mais pedestres e menos ciclistas. Ao deixar a rua seguir o ritmo natural da cidade e não o contrário, espera-se melhorar os fluxos de transporte e revitalizar áreas específicas.<sup>17</sup> Um esquema semelhante foi implantado em Barcelona. Lá, seis bulevares alternam entre restrição geral de tráfego, transporte de carga e estacionamento residencial, enquanto luzes de LED e sinalizações variáveis das vias públicas informam os motoristas sobre as "regras da via" em tempo real.<sup>18</sup>

### Ruas antipoluentes e à prova de inundação em Chicago

Na cidade de Chicago, 65% do espaço a céu aberto é pavimentado e as chuvas fortes na região agravam as inundações e a poluição da água. Por meio de uma gama de novos projetos de pavimentação, a cidade está tratando dessas questões e, ao mesmo tempo, reduzindo a poluição do ar, o efeito de ilha de calor, a produção de resíduos e aprimorando as instalações para pedestres e ciclistas. Por exemplo, vielas e calçadas são pavimentadas com uma superfície permeável que inclui 30% de conteúdo reciclado. Algumas ruas também usam cimento fotocatalítico que "come" os poluentes do ar por meio de um processo químico.<sup>19</sup>

## EXEMPLOS DO QUE CRIADORES DE POLÍTICAS PODEM FAZER

O **financiamento** de infraestrutura pode ser um foco importante para os governos municipais a ser melhorado em **parcerias** com outros. Ao incluir os princípios da economia circular nos requisitos das **compras públicas**, os governos municipais podem incentivar melhores designs das vias, pontes e frotas de veículos de propriedade pública. Algumas cidades também têm autoridade para restringir o uso de veículos poluentes por meio de **medidas fiscais** (impostos, encargos) ou **regulamentações** (proibições, zoneamentos) que também criam incentivos para o mercado desenvolver ainda mais o design de veículos.<sup>20</sup>

Para saber mais, consulte **Alavancas de políticas**

## EXEMPLOS DE LINKS PARA OUTROS SISTEMAS E FASES

**Construção: Planejamento e mobilidade: Planejamento** O desenvolvimento da cidade compacta pode ser uma oportunidade importante para liberar áreas usadas para transporte e aumentar a utilização e a rentabilidade da infraestrutura de mobilidade urbana. Posteriormente, também poderá reduzir a necessidade de infraestrutura adicional ao combater a expansão urbana.

**Mobilidade: Criação** As fases de design e criação se sobrepõem e são interligadas de forma crescente, para que a fase de design leve em consideração a obtenção de materiais, a fabricação e os métodos de construção desde o início.

**Mobilidade: Operação e manutenção** O design de veículos e de infraestrutura terá um impacto significativo na manutenção e na capacidade de conserto dos ativos e componentes de mobilidade.

**Produtos: Todos** A maneira como o sistema de produtos funciona nas cidades, desde o planejamento, design e criação até o acesso, operação e manutenção, está fortemente ligada a como o sistema de mobilidade é planejado e projetado.



## EXEMPLOS DE BENEFÍCIOS

**PRODUTIVIDADE ECONÔMICA****Redução de custos de remanufatura**

Projetar peças de veículos para serem remanufaturadas pode reduzir o custo de veículos refabricados em 30 a 50%.<sup>21</sup>

**Redução de custos de manutenção**

Os custos de manutenção de veículos elétricos podem ser de 50 a 70% menor do que dos veículos de motor de combustão interna, pois eles não requerem fluido de transmissão, ajustes de motor ou trocas de óleo e sofrem desgaste de freio muito menor devido à frenagem regenerativa.<sup>22</sup>

**Redução de gastos públicos**

A eletrificação de 16.000 ônibus em Shenzhen resultou em 70% de economia em custos de combustível.<sup>23</sup>

**Aumento da eficiência do uso das vias públicas**

Com ocupação suficiente e implantação integrada, os veículos autônomos poderiam fechar o espaço entre os carros (1,5 metro versus 3 a 4 comprimentos de carros hoje em dia), reduzir o congestionamento e melhorar o uso das vias públicas.<sup>24</sup>

**USO DE RECURSOS****Redução da frota urbana de carros**

Um estudo da OECD estima que a introdução de veículos autônomos compartilhados integrados ao transporte público poderia, em teoria, remover 9 de cada 10 carros das cidades europeias e liberar uma quantidade significativa de espaço de estacionamento.<sup>25</sup>

**Substituição de combustíveis fósseis**

Na região central da Dinamarca, a transição para biocombustíveis produzidos localmente usados em veículos pesados de propriedade pública levou à substituição de 11 milhões de litros de diesel anualmente.<sup>26</sup>

**SAÚDE E MEIO AMBIENTE****Redução das emissões de particulados**

A eletrificação de 16.000 ônibus de Shenzhen era um fator chave para atender às metas de qualidade do ar da cidade e reduzir o número anual de dias com nuvens de poluição de 115 em 2010 para 35 em 2015.<sup>27</sup>

**Redução das emissões de CO<sup>2</sup>**

Uma transição para biogás fabricado localmente (a partir de estrume e coprodutos agrícolas e industriais) para veículos pesados de propriedade pública na região central da Dinamarca levou a uma redução de 26.700 toneladas de CO<sup>2</sup> anualmente.<sup>28</sup>

**Redução da poluição do solo e das águas subterrâneas**

Estudos constataram que asfaltos, concretos e calçamentos permeáveis removem até 99% de alguns poluentes (como metais, óleos e bactérias) das águas pluviais infiltradas, evitando que essas toxinas cheguem às águas subterrâneas ou ao sistema de águas pluviais. A redução média do escoamento de pavimentações porosas varia entre 50% e 93%.<sup>29</sup>

**Redução de acidentes**

Com infiltração suficiente e implantação integrada à expansão do transporte público, os veículos autônomos podem reduzir o número de acidentes em até 90%.<sup>30</sup>

**Combate ao efeito de ilha de calor urbana**

Pavimentações refletivas podem reduzir as temperaturas em até 20 °C.<sup>31</sup>

**POSTOS DE TRABALHO, QUALIFICAÇÕES E INOVAÇÃO****Criação de empregos**

Uma transição para biogás fabricado localmente (a partir de estrume e coprodutos agrícolas e industriais) para veículos pesados de propriedade pública na região central da Dinamarca levou à criação de aproximadamente 100 novos postos de trabalho para o desenvolvimento da infraestrutura necessária.<sup>32</sup>



## NOTAS FINAIS

- 1 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe* (2015) p. 54
- 2 Ibid., p. 12
- 3 Ibid., p. 54
- 4 Ibid., p. 12, Arup, *Cities alive: towards a walking world* (2016) p. 74
- 5 UN Habitat, *Planning and design for sustainable urban mobility: global report on human settlements* (2013) p. 9
- 6 N. Hitti, *Mercedes-Benz unveils modular concept vehicle that transforms from car to van*, Dezeen (12 September 2018)
- 7 DHL, *Fair and responsible logistics: a DHL perspective on how to create lasting competitive advantage* (2015) p. 23
- 8 Ellen MacArthur Foundation, *The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China* (2018) p. 65; Ellen MacArthur Foundation, *Circular economy in India: rethinking growth for long-term prosperity* (2016) p. 54; Alstom, *World premiere: Alstom's hydrogen trains enter passenger service in Lower Saxony* (16 September 2018)
- 9 See initiatives in Copenhagen, Barcelona, and the Netherlands: City of Copenhagen, *Good, better, best: The City of Copenhagen's Bicycle Strategy 2011-2025* (2011) p. 15; Streetfilms, *Barcelona's superblocks: change the grid, change your neighborhood* (2018); Transportation Policy Research Centre, *Dynamic truck restrictions*
- 10 While permeable pavement often is too porous for high-speed traffic, it can be used on streets designed for lighter and slower traffic.
- 11 H. Li et al., *Corrigendum: the use of reflective and permeable pavements as a potential practice for heat island mitigation and stormwater management* (2013) p. 2; K. Smale, *Permeable pavement made with recycled carbon fibre*, New Civil Engineer (5 March 2018), City of Chicago, *Presentation: Chicago's sustainable Streets pilot project*; Arup, *Cities alive: rethinking green infrastructure* (2014) p. 64
- 12 Xinhua, *China's solar expressway meets light of day* (28 December 2017)
- 13 P. Caughill, *Energy-generating pavement just became a reality in London*, Futurism (29 June 2017)
- 14 S. Peteranderl, *Crossrail will generate energy using the wind created by trains*, Wired (13 Feb 2018)
- 15 Ellen MacArthur Foundation, *CE100 Member Open Motors; OpenMotors, Edit*
- 16 Riversimple
- 17 City of Copenhagen, *Good, better, best: the city of Copenhagen's bicycle strategy 2011-2025* (2011) p. 15
- 18 L. Dablanc, *City Logistics in European Cities*, IFSTTAR (2012) p. 8
- 19 Arup, *Cities alive: rethinking green infrastructure* (2014) p. 64, M. Boyer, *Chicago unveils the "greenest street in America" with permeable, smog-eating pavement*, Inhabitat (15 October 2012)
- 20 For example, Swedish cities have the autonomy to ban diesel cars and London (GB) has congestion charges directly targeting heavy vehicles and diesel cars to create low-emission zones. The Local, *Sweden gives green light for cities to ban old diesel cars* (26 March 2018); M. Discombe, *How 'congestion charges' work in other cities*, Wales Online (26 March 2018)
- 21 Ellen MacArthur Foundation, *The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China* (2018) p. 64
- 22 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe* (2015) p. 56
- 23 Ellen MacArthur Foundation, *The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China* (2018) p. 66; See *City Case Study: Shenzhen*
- 24 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe* (2015) p. 56
- 25 OECD, *Urban mobility system upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic* (2015) p. 5
- 26 Region Midtjylland, *Roadshow om biogas til transport* (May 2016); Biopress, *Region Midtjylland vil have biogas ind i transportsektoren* (2015)
- 27 Ellen MacArthur Foundation, *The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China* (2018) p. 66
- 28 Region Midtjylland, *Roadshow om biogas til transport* (May 2016); Biopress, *Region Midtjylland vil have biogas ind i transportsektoren* (2015)
- 29 L. M. Ahiablame et al., *Effectiveness of low impact development practices: literature review and suggestions for future research*, Springer Science Business Media (2016) p. 4260
- 30 Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment, *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe* (2015) p. 56
- 31 European Commission, *Cool pavements to reduce urban heat islands: the state of the technology*, "Science for Environment Policy" DG Environment News Alert Service (2015)
- 32 Region Midtjylland, *Roadshow om biogas til transport* (May 2016); Biopress, *Region Midtjylland vil have biogas ind i transportsektoren* (2015)

## ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Este documento foi produzido por uma equipe da Ellen MacArthur Foundation. A Arup forneceu informações de especialistas. A Ellen MacArthur Foundation não faz declarações nem fornece garantias em relação a qualquer aspecto do documento, inclusive em relação à recomendação de investimento em qualquer empresa ou fundo de investimento específico ou outro veículo. Embora se tenha exercido cuidado e atenção na preparação do documento e suas análises, com respaldo em dados e informações que se acredita que sejam confiáveis, nem a Fundação nem nenhum de seus funcionários ou nomeados deverão ser responsabilizados por reclamações ou perdas de qualquer natureza relacionadas a informações contidas neste documento, incluindo, entre outros, lucros cessantes ou danos punitivos ou consequentes.

