UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Crescimento econômico, consumo e sustentabilidade: contribuições para um modelo de análise prospectiva dinâmica – o caso dos automóveis em São Paulo.

Leandro Fraga Guimarães

SÃO PAULO
2016

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Adalberto Américo Fischmann
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Roberto Sbragia
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Moacir de Miranda Oliveira Junior
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração

LEANDRO FRAGA GUIMARÃES

CRESCIMENTO ECONÔMICO, CONSUMO E SUSTENTABILIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA UM MODELO DE ANÁLISE PROSPECTIVA DINÂMICA – O CASO DOS AUTOMÓVEIS EM SÃO PAULO.

Tese apresentada ao Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Administração.

Orientador: Prof. Dr. James Terence Coulter Wright

VERSÃO ORIGINAL

São Paulo

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Guimarães, Leandro Fraga
Crescimento econômico, consumo e sustentabilidade: contribuições para um modelo de análise prospectiva dinâmica – o caso dos automóveis em São Paulo. -- 2016.
149 p.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2016.
Orientador: James Terence Coulter Wright.

1. Planejamento estratégico 2. Análise prospectiva dinâmica 3. Sustentabilidade 4. Automóveis 5. Futuro I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade II. Título.

CDD – 658.401

Para Ana e Marco, como sempre, e como tudo.

Agradecimentos

Agradeço primeiro, e muito especialmente, ao Prof. Dr. James Wright, orientador e responsável direto pelos eventuais pontos altos desta tese. Sua postura sempre generosa trouxe não apenas conhecimento, mas uma visão muito ampliada do potencial dos temas aqui abordados; e constatar a curiosidade intelectual permanente com que participou das discussões dos muitos assuntos que perpassaram esse trabalho foi mais uma lição que me acompanhará vida adiante.

Agradeço à Ana Paula, pelo apoio direto e indireto, diuturno, em todo o processo. E ao Marco, por iluminar permanentemente o nosso mundo.

E, aflito, constato que o dever do agradecimento em um trabalho como este é angustiante, porque resultará em tarefa irremediavelmente incompleta. Esta tese recebeu inumeráveis contribuições; muitas formais, explícitas, e muito valiosas; outras tão despretensiosas quanto fundamentais. Não haveria como citar todos os que, de alguma forma, me trouxeram uma ideia, fizeram um contraponto, inspiraram um capítulo ou uma abordagem que se revelaram decisivas para superar os muitos obstáculos que apareceram ao longo dos anos de trabalho. Agradeço muito, muito mesmo, a todas e todos. E espero poder retribuir equitativamente, um dia.

…simplicity can say the most even when saying the least…

William Shakespeare (*A Midsummer Night's Dream* - Sonho de Uma Noite de Verão)

Resumo

Por volta de meados desse século, haverá 40 megacidades no mundo, quase o dobro das 21 que temos hoje. Cerca de um quinto delas terão mais de 30 milhões de habitantes na sua região metropolitana. A imensa maioria dessas quatro dezenas de enormes aglomerados urbanos se formará em países emergentes, onde as condições de desenvolvimento humano e urbano são menos propícias que o desejável para receber, num espaço tão curto, o desafio de acomodar tamanho contingente de novos habitantes. Esse crescimento poderá trazer consequências não muito simples de serem dimensionadas. Mas é possível desenvolver cenários que permitam antever algumas dessas consequências, para auxiliar no processo de planejamento dos eventos futuros.

Para conseguir atingir o objetivo de elaborar cenários que pudessem ser, além de visões sobre o futuro, ferramentas que permitissem ensaios, testes de hipóteses e novas formulações, a elaboração do modelo aqui descrito contou com recursos que vieram de duas metodologias bastante testadas, casos da Dinâmica de Sistemas e da técnica Delphi. O que se procurou fazer foi vencer, com a junção de partes de cada uma delas, as limitações que cada metodologia tem na sua base original.

Da Dinâmica de Sistemas, procurou-se aproveitar da completude da análise da cadeia de fatos intervenientes e relações de causa e efeito, sem adotar integralmente a complexidade da sua estrutura total, muito necessária para a montagem de modelos para estudar determinados problemas, mas demasiadamente ampla para questões que necessitam de uma abordagem menos densa.

Da técnica Delphi foi utilizada a sua prática de consultas sequenciais a grupos de especialistas, de modo a dar consistência ao processo de simplificação do conjunto de variáveis gerado, sem, no entanto, perder a possibilidade de simular novos cenários apenas com a alteração dos valores e pesos das variáveis, o que, pela característica da metodologia Delphi, só seria possível numa pesquisa inteiramente nova.

O conjunto de cenários aqui descrito permite algumas conclusões importantes tanto sobre São Paulo quanto sobre as projetadas 40 megacidades de 2040. E a diversidade de análises possíveis, o número praticamente ilimitado de cenários que podem ser gerados, e a relativa simplicidade para se elaborar e utilizar o modelo proposto foram objetivos que se quis alcançar nesse trabalho.

Abstract

By the middle of this century, there will be 40 megacities in the world, almost twice as the 21 we have today. About a fifth of them will have more than 30 million inhabitants in its metropolitan area. The vast majority of these 40 huge urban centers will be formed in emerging countries, where human and urban development conditions are less favorable than the desirable to receive in such a short space of time, the challenge of accommodating this great contingent of new inhabitants. This growth can bring not very simple consequences to be solved. But it is possible to develop scenarios which shows some of the possible consequences, to support the planning process of future events.

To be able to achieve the goal of developing scenarios that could be not only visions of the future but also tools that allow experimenting and the test of hypothesis and new formulations, the preparation of the model described here had features that came from two very well tested methodologies: System Dynamics and Delphi technique. What was sought was to overcome the limitations that each method has its original basis with the joint of some of their parts.

From System Dynamics, we took advantage of the analysis completeness of the chain of intervenient facts and cause-effect relationships without fully embrace the complexity of the overall structure, much needed for the assembly of models for studying certain problems, but too wide for questions that require a less dense approach.

Delphi technique was used for the practice of sequential consultation with expert groups in order to give consistency to the set of variables on the simplification process generated, without, however, losing the possibility to simulate new scenarios only with the changing values and weights of the variables, which, by the feature of the Delphi methodology, would only be possible in a completely new search.

The set of scenarios described here allows some important conclusions about both São Paulo and the projected 40 megacities of 2040. And the diversity of possible analyzes, a virtually unlimited number of scenarios that can be generated, and the relative simplicity to develop and use the proposed model were objectives that were presented on this work.

Sumário

_Toc442903123

Capítulo 1 – Introdução e objetivos 11
Antecedentes e o desafio 11
Justificativa 13
Objetivos do trabalho 15
Capítulo 2 - Procedimentos Metodológicos 17
Capítulo 3 – Crescimento, consumo, automóveis e sustentabilidade; uma revisão 23
- A Evolução do Consumo 23
- Mercado, Consumo e Sustentabilidade 26
- Mobilidade, Automóveis e a Sustentabilidade 42
Mobilidade 42
Dilema da mobilidade: transporte coletivo ou transporte individual? 49
- O Mercado de Automóveis 59
- Cenários e Modelos de Análise Prospectiva 69
- Cenários Dinâmicos 75
Capítulo 4 - A Proposição de um Modelo de Cenários Dinâmicos 77
Capítulo 5 - Cenários e Impactos 107
- O Cenário atual 107
- Os Cenários futuros projetados 111
Capítulo 6 – Conclusões e recomendações 125
A viabilidade do modelo de cenários dinâmicos 125
Quanto às perspectivas para São Paulo 126
Quanto à sustentabilidade das megacidades globais 128
Limitações do trabalho e sugestões de pesquisas adicionais 130
Referências bibliográficas 133
Anexos 139

Capítulo 1 – Introdução e objetivos

Antecedentes e o desafio

Era 16 de agosto de 1964 quando Isaac Asimov publicou um artigo no New York Times intitulado “Visit to the World’s Fair of 2014”, com sua antevisão daquilo que seria exposto, 50 anos mais tarde, numa feira equivalente àquela da qual estava participando na Nova York de meados da década de 60.

Entre outras comparações entre o que vira e o que virá, diz ASIMOV (1964):

> “Jatos de ar comprimido também vão sustentar veículos terrestres fora das autoestradas, o que, entre outras coisas, irá minimizar problemas de pavimentação. Terra fofa ou gramados também farão o papel de pavimentos. Pontes também serão de menor importância, uma vez que os carros serão capazes de atravessar a água usando seus jatos, embora as leis locais irão desencorajar a prática.
>
> Muito esforço será colocado na concepção de veículos com "cérebro-de-robô" veículos que podem ser programados para ir a destinos escolhidos e que, ato contínuo, prosseguirão para lá sem a interferência dos reflexos lentos de um motorista humano. Eu suspeito que uma das principais atrações da feira 2014 será o passeio em carros pequenos robotizados, que irão, aos montes, movimentar-se ao nível de dois pés de altura, de forma limpa, e evitando o choque automaticamente um com o outro.
>
> Para viagens de curta distância, calçadas móveis (com bancos de cada lado, e uma calçada fixa no centro) estarão disponíveis em certas áreas do centro das cidades. Elas serão elevadas acima do tráfego. O tráfego vai continuar (em vários níveis em alguns lugares) porque todo o estacionamento estará fora da rua, e porque pelo menos 80 por cento das entregas de caminhão serão endereçadas a determinados centros de distribuição nos limites da cidade. Tubos de ar comprimido vão levar os bens e materiais aos pontos de destino, e os dispositivos

> de comutação que vai permitir às encomendas específicos encontrarem seus destinos específicos serão uma das maravilhas das cidades. ”

Embora ele tivesse inegável talento para projetar e descrever os avanços possíveis da tecnologia, a cidade do futuro de Asimov não se concretizou, pelo menos não ainda. A realidade de 2014 para o transporte de pessoas e mercadorias é muito mais parecida com uma versão muito mais densa e ampliada daquela de 1964 do que com a que ele profetizou. Apesar de acertos impressionantes, como a descrição dos veículos autodirigidos - que em 2012 começam a ser testados no transito (WIRED, 2012), mas que ainda demorarão alguns anos para estarem cotidianamente nas ruas - a maioria das visões antecipadas por Asimov ainda não fazem parte do cotidiano das nossas cidades. Nesse período de 50 anos, a população do mundo um pouco mais do que duplicou os seus então cerca de 3.270.000 habitantes, mas a frota mundial de veículos leves (sigla em inglês, LDV's – *Low Duty Vehicles*, termo que engloba automóveis, *crossovers*, *SUV's* e *pick-up*) se multiplicou por 8, com impactos os mais diversos sobre as cidades e a vida das pessoas no espaço urbano.

E para daqui a 25 anos, o que se pode projetar? Participar do planejamento estratégico da cidade de São Paulo, o SP2040, elaborado poucos anos atrás por equipe multidisciplinar da USP, sob a coordenação metodológica do Profuturo, foi uma extraordinária oportunidade para melhor entender a fabulosa dimensão dos desafios que serão postos para as megacidades nas próximas décadas, de como a mobilidade influencia não apenas o ir e vir diário, mas a própria forma da cidade e com que grau e equilíbrio ela acolhe seus moradores, e de como o planejamento pode ser uma ferramenta essencial na construção desse futuro, e na mitigação dos efeitos deletérios desse crescimento que, muitas vezes, será tão rápido e quanto caótico.

A proposta desse trabalho, assim, é desenvolver um modelo de cenários dinâmicos – que permita modular as variáveis principais para testar as suas alterações, e as consequências mais relevantes de seus impactos, especialmente no que tange ao comprometimento do desenvolvimento sustentável das megacidades nos próximos anos.

Justificativa

Em abril de 1968, um grupo de 30 pesquisadores, representando 10 países, reuniu-se na *Accademia dei Lincei,* na cidade de Roma, na Itália, para iniciar um amplo projeto de pesquisa sobre o futuro da humanidade. Usando a então recém desenvolvida teoria da Dinâmica de Sistemas, desenvolvida pelo professor do MIT Jay Forrester – ele próprio um membro do grupo de pesquisadores – foi ciado um complexo modelo computacional, chamado de "*World3*", para integrar dados e teorias relacionados ao crescimento.

Os resultados, publicados no livro Limites do Crescimento, de 1972 (Meadows et al, 1973) tiveram grande impacto no entendimento a respeito dos efeitos nem sempre positivos do crescimento e do desenvolvimento, e dos eventuais desafios, particularmente ambientais, que viriam a partir da dinâmica de evolução que se apresentava. Naquele momento, os 12 cenários desenhados no "*World3*" indicavam, como possibilidade mais provável, a visão de que o ritmo de crescimento seguiria sem maiores percalços até 2015, aproximadamente, quando então alguns recursos seriam objeto do que se chamou de *overshoot*, um "aumento nas demandas das fontes naturais do planeta e na sustentação, acima dos níveis, dos sumidouros" (Meadows et al, 2008), como descrito no texto do livro publicado depois da morte de Donella H. "Dana" Meadows, a principal pesquisadora do grupo, e colaboradora de longa data de Jay Forrester, em 2001.

Após aquela primeira publicação de 1972, o trabalho seguiu sendo renovado continuamente e, em 1992 o grupo lançou um novo relatório, descrito no livro *Beyond the Limits* (Meadows et al, 1993), que tratava das conclusões que obtiveram a partir das análises dos dados do crescimento entre 1970 e 1990, utilizados para alimentar o modelo dinâmico "*World3*". As conclusões dessa atualização foram de que a pegada humana sobre o planeta está sensivelmente maior. Na parcela do estudo realizado por Mathis Wakernagel e colaboradores, "mediram a pegada ecológica da humanidade e a compararam com a 'capacidade de suporte' do planeta" (Meadows et al, 2008). A capacidade de suporte, como o nome indica, é o limite da faculdade que o planeta terra tem de se recompor das influencias do desenvolvimento humano. A pegada ecológica foi definida como "a área da terra que seria necessária para prover os recursos (grãos, pastagens, madeira, peixes e áreas urbanas) e absorver emissões (dióxido de carbono) da sociedade global" (Meadows et al, 2008). E a conclusão foi de que, no que tange às terras

disponíveis, nossa utilização dos recursos naturais era 20% superior à “capacidade de suporte” da terra, por volta do ano 2000.

Para muito além de um temor malthusiano, os cenários descritos pelas pesquisas do Grupo de Roma desde a década de 70 alertam para um risco com alto potencial de trazer consequências relevantes para o fluxo de desenvolvimento na terra, como comprovam os estudos publicados em 2014 pelo Prof. Graham Turner (Turner, 2014), da Universidade de Melbourne, que referendam o acerto das tendências descritas naqueles 12 cenários.

Ocorre que o esforço extraordinário feito pelo Grupo de Roma, apesar de representar um alerta fundamental, e ser material de consulta conceitual muito relevante, não pode ser reproduzido facilmente, por razões de prazo e custo, por gestores públicos e privados às voltas com problemas específicos e decisões fundamentais.

Os cenários elaborados a partir do princípio da Dinâmica de Sistemas são demasiadamente complexos para serem úteis na solução de diversos dos problemas que nos cercam. Assim, embora o System Dynamics apresente a vantagem de que seus cenários - formados a partir de equações que representam os elementos que os comporão – possam ser alterados através de mudanças nessas equações, introduzindo elementos que as permitam variar segundo suposições novas e perguntas que surjam, essa mesma complexidade o torna praticamente inviável de ser elaborado em prazo curto e com os recursos limitados que, muitas vezes, caracterizam os projetos cotidianos.

Outras metodologias prospectivas, como a Delphi, são consagradas para compor cenários em situações de incerteza, mas não permitem que, após elaborados os cenários, seus efeitos sejam variados ou simulados, sem que se construa novamente a pesquisa com os especialistas sem um grande comprometimento de tempo e recursos humanos e financeiros.

Propor uma alternativa para a criação de cenários dinâmicos, mais adaptada às necessidades praticas do planejamento das empresas e organizações em geral, e testar sua aplicabilidade através do estudo do impacto ambiental do uso da frota de veículos automóveis leves em São Paulo e para o conjunto das 40 megacidades globais de 2040 é o objeto dessa pesquisa.

Objetivos do trabalho

O objetivo central deste trabalho de pesquisa é o de propor um modelo simplificado e útil de previsão e simulação de comportamentos futuros e impactos do desenvolvimento para problemas específicos, a partir de um conjunto integrado de dados e conhecimentos baseado em cenários elaborados a partir de elementos da técnica Delphi, usando princípios da teoria da Dinâmica de Sistemas, mas compondo um processo simplificado para gerar cenários dinâmicos.

A estrutura simplificada deverá permitir a sua utilização com maior frequência – por razões de prazo, custo e dimensão de esforço - para testar hipóteses pontuais nas áreas pública e privada, relacionadas à dinâmica do desenvolvimento e suas consequências, particularmente relacionadas à sustentabilidade, de maneira a mitigar efeitos negativos, estimular processos potencialmente positivos, e permitir melhores escolhas estratégicas.

Diferentemente do projeto desenvolvido pelo Grupo de Roma, que tinha a extraordinária missão de oferecer uma visão global, sistêmica, de longo prazo, muito abrangente e, portanto, extremamente complexa, o modelo aqui proposto tem o objetivo de se aplicar a países, setores pontuais ou regiões específicas, de modo a manter a sua estrutura simplificada e, assim, permitir que num prazo razoável, com um esforço compatível e a um custo adequado, se possa simular de forma útil os efeitos do crescimento e do desenvolvimento.

Além disso, esse estudo pretende, através do modelo acima exposto, descrever a evolução prevista pelos especialistas, nos próximos 25 anos, a partir da evolução da demanda por carros, sua caracterização, descrevendo os mais relevantes dos seus impactos do ponto de vista da sustentabilidade, como forma de demonstrar as possibilidades da metodologia para geração de cenários dinâmicos aqui proposta.

O caso dos automóveis servirá como experimento para a aplicabilidade do modelo em um mercado específico, mas sendo esse mercado de elevada importância econômica, ambiental e social, pela relevância adquirida pelos carros, ao longo do século XX, para as populações de praticamente todos os países.

Capítulo 2 - Procedimentos Metodológicos

De acordo com RICHARDSON (1999, p. 80) "Os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais, contribuir no processo de mudança de determinado grupo e possibilitar, em maior nível de profundidade, o entendimento das particularidades dos comportamentos dos indivíduos.".

Segundo BAUER, GASKELL e ALLUM (2002), "as diferenças entre pesquisa quantitativa e qualitativa ultrapassam a simples escolha de estratégias de pesquisa e procedimentos de coleta de dados; na verdade, representam posições epistemológicas antagônicas, com modos de investigação mutuamente exclusivos". Aqui, entretanto, escolhemos combiná-las para o melhor atendimento dos objetivos do trabalho.

Para MILES e HUBEMAN (1994) "a utilização da pesquisa qualitativa, além de oferecer descrições ricas sobre uma realidade específica, ajuda o pesquisador a superar concepções iniciais e a gerar ou revisar as estruturas teóricas adotadas anteriormente, oferecendo base para descrições e explicações muito ricas de contextos específicos. " Além disso, a pesquisa qualitativa ajudaria o pesquisador a ir além de concepções iniciais e a gerar ou revisar estruturas teóricas.

De acordo com VIEIRA (2002) e MALHOTRA (2001), os métodos mais adotados em pesquisas qualitativas são as versões exploratória, descritiva e causal.

"[...] a pesquisa descritiva procura descobrir, com a precisão possível, a frequência com um fenômeno ocorre, sua relação e conexão, com os outros, sua natureza e características, correlacionando fatos ou fenômenos sem manipulá-lo". (CERVO; BERVIAN, 1996, p. 49).

VIEIRA (2002) e MALHOTRA (2001) parecem concordar com tal afirmativa, entendendo que a pesquisa descritiva objetiva conhecer e interpretar a realidade, por meio da observação, descrição, classificação e interpretação de fenômenos, sem nela interferir para modificá-la.

Complementando, VIEIRA (2002) destaca ainda que “as pesquisas descritivas podem se interessar pelas relações entre variáveis e, desta forma, aproximar-se das pesquisas experimentais. A pesquisa descritiva expõe as características de determinada população ou fenômeno, mas não tem o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação. ”

Trata-se de aqui de um estudo de caso, para demonstrar a efetividade de um modelo desenvolvido através uma pesquisa causal exploratória e descritiva (VERGARA, 1988). Exploratória porque procura gerar hipóteses ou explicações prováveis e identificar áreas para uma compreensão mais abrangente, e descritiva porque tem por objetivo conhecer e descrever os comportamentos dos atores de um mercado específico, bem como entender o seu comportamento para a formulação de estratégias. E a pesquisa a fontes secundárias consagradas é a solução quantitativa mais adequada para resolver a questão da caracterização do consumo da classe média emergente para as necessidades deste trabalho.

Esse trabalho traz os elementos essenciais de duas técnicas: a pesquisa Delphi e o desenvolvimento de um sistema baseado na técnica System Dynamics.

O método Delphi passou a ser disseminado no começo dos anos 60 pela Rand Corporation, sendo que o objetivo original era desenvolver uma técnica para aprimorar o uso da opinião de especialistas na previsão tecnológica. Ao longo do tempo, o método passou a ser utilizado para previsão de tendências e identificação de políticas e estratégias sobre os mais diversos assuntos.

O método Delphi é especialmente recomendável quando não se dispõe de dados quantitativos ou estes não podem ser projetados para o futuro com segurança, em face de expectativa de mudanças estruturais nos fatores determinantes das tendências futuras, o que é particularmente relevante no mundo da tecnologia digital.

A técnica é executada por meio de um questionário interativo, que circula repetidas vezes por um grupo de peritos, preservando-se o anonimato das respostas individuais. Segundo WRIGHT e GIOVINAZZO (2000), as questões devem ser cuidadosamente elaboradas e diferentes tipos de questões podem ser utilizadas.

Na metodologia Delphi, a cada nova rodada as perguntas são repetidas, e os participantes devem reavaliar suas respostas à luz das respostas numéricas e das justificativas dadas pelos demais respondentes na rodada anterior. O feedback estabelecido por meio das diversas rodadas permite a troca de informações entre os diversos participantes e em geral conduz a uma convergência rumo a uma posição de consenso (ESTES e KUESPERT, 1976).

A metodologia System Dynamics foi desenvolvida pelo professor Jay Wright Forrester, do MIT, em meados da década de 1950. Em 1961, com o lançamento do livro Industrial Dynamics o modelo elaborado por Forrester e seus seguidores para analisar sistemas complexos e dinâmicos da área de engenharia estava lançado. Ao longo dos anos, a sua utilização foi muito popular, inicialmente para usos em empresas, particularmente na área industrial, depois para a análise do desenvolvimento de zonas urbanas – o livro Urban Dynamics foi lançado pelo Prof. Forrester no final da década de 1960. Depois de se aproximar do Clube de Roma, e de suas análises e projeções a respeito dos impactos do crescimento global, o Prof. Forrester escreve o livro World Dynamics, que oferecia uma visão estruturada para os desafios do crescimento das populações e do consumo na Terra

Como definição, System Dynamics, ou Dinâmica de Sistemas, é uma forma de abordagem que permite compreender o comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo. Ele lida com os chamados "ciclos de retroalimentação interna" ("feedbacks") os "atrasos" ("delays"), e estoques e fluxos ("stocks and flows"), elementos que afetam o comportamento do sistema e acrescentam complexidade através do tempo. Por meio da simulação, a Dinâmica de Sistemas pretende compreender como o sistema em foco evolui no tempo e como as mudanças em suas partes afetam todo o seu comportamento. Esta técnica permite fazer simulações de situações variadas, e calcular seus impactos ao longo do tempo, a partir dos cenários propostos no modelo Delphi.

O Joint Research Centre (JRC) é o serviço interno de ciência da Comissão Europeia, que emprega cientistas para realizar pesquisas com o propósito de emitir pareceres técnicos independentes e dar apoio às decisões políticas da União Europeia.

Entre as metodologias utilizadas pelo corpo de cientistas do JRC, está o System Dynamics, que é assim descrito no site do centro de pesquisa:

"Dinâmica de Sistemas é uma ferramenta para investigar e modelar problemas complexos dinâmicos em termos de stocks (o acúmulo de coisas), fluxos (o movimento das coisas) e loops de feedback em qualquer nível de agregação. A abordagem sistemática dá a impressão de objetividade, mas, mesmo assim, as variáveis são definidas por pessoas envolvidas, de forma que o método é tão subjetivo quanto os outros. " (JRC, 2015)

Há um enorme valor nos modelos produzidos através da Dinâmica de Sistemas. Mas a ressalva feita pelo JRC é oportuna não só para essa técnica, mas para todas as demais: os resultados, ao fim e ao cabo, dependem de boas escolhas feitas pelos pesquisadores, e mesmo o robusto construto matemático por trás de uma modelagem típica de System Dynamics não a torna menos vulnerável a essas escolhas.

O JRC ainda apresenta as vantagens e desvantagens do SD (JRC, 2015):

- Vantagens:

  Modelos de dinâmica de sistemas são utilizados para compreender e antecipar as mudanças ao longo do tempo em sistemas bastante complexos. Ele pode ser usado quando se tem problemas em que se considera os dados disponíveis pobres. A base de informações para a conceptualização e formulação de modelos da Dinâmica de Sistemas é muito mais ampla do que o banco de dados numérico empregado em operações de pesquisa e modelagem estatística. Este método pode ser útil para obter conhecimento e compreensão em uma situação de difícil compreensão, por esboçar diagramas de relação causal bastante sofisticados.

- Desvantagens:

  Um modelo de System Dynamics só é capaz de executar uma versão de uma situação de cada vez, embora ele seja capaz de simular uma grande quantidade de cenários através das mudanças nos valores das suas variáveis. Grupos de

> pesquisadores com diferentes perspectivas ou com agendas culturais e políticas diversas podem partir de diferentes pressupostos e obter, assim, resultados bastante diferentes. Um diagrama de Dinâmica de Sistemas pode se tornar muito complexo quando as situações reais com muitas variáveis são modeladas.

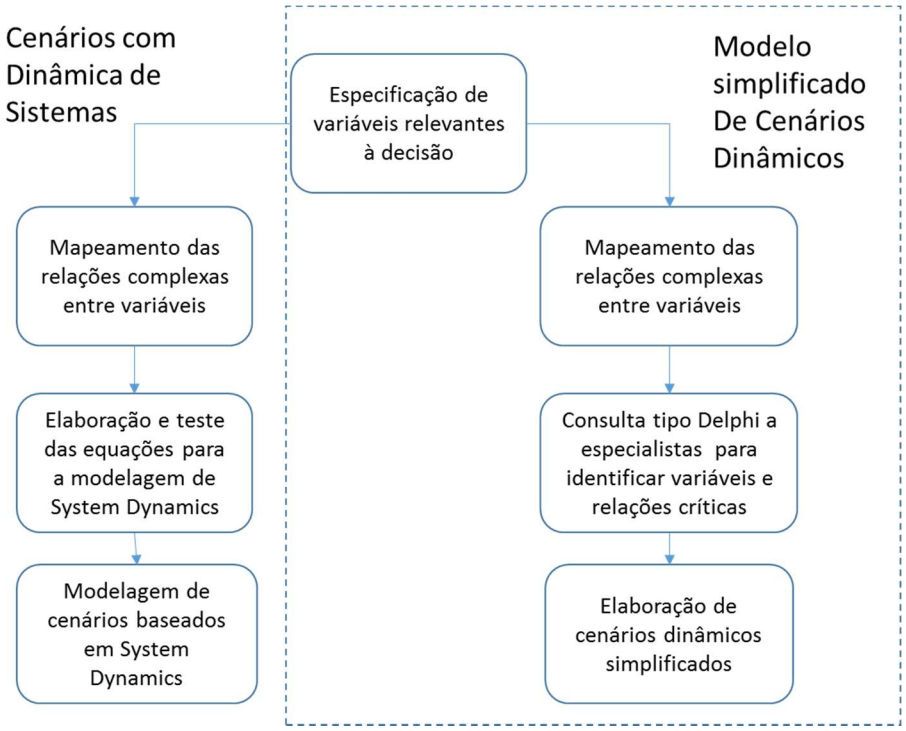
O JRC também recomenda a utilização da Dinâmica de Sistemas em conjunto com outras metodologias para melhorar as simulações de futuro e aperfeiçoar o comportamento sistêmico.

O uso combinado de elementos da técnica Delphi com outros do modelo de Dinâmica de Sistemas tem encontrado diversas aplicações na academia, como no trabalho de Chaim (2013), ou de Mohapatra, Bora e Sahu (1984), onde se pode ler, em tradução livre, que "a proposta é de que o Delphi e a dinâmica de sistemas são estudos que complementam um ao outro para se chegar a decisões políticas viáveis".

Assim, mas de maneira menos convencional, foram utilizados nesse trabalho os princípios da Dinâmica de Sistemas para selecionar e modelar o conjunto de variáveis que influenciam no resultado do cenário e para compreender as relações entre elas, e o conceito de "rodadas de consulta" do modelo Delphi para refinar esse conjunto de variáveis e simplificá-lo.

A figura abaixo mostra como é esse modelo aqui proposto:

Figura1: Modelo Simplificado para a Geração de Cenários Dinâmicos



Fonte: Elaboração do autor

Capítulo 3 – Crescimento, consumo, automóveis e sustentabilidade; uma revisão

- A Evolução do Consumo

O filósofo francês Gilles Lipovetsky, pesquisador e professor da Universidade de Grenoble, é um estudioso do ele chama de "hipermodernidade", fenômeno que abrange, entre outros elementos, o que se convencionou chamar de "hiperconsumo" - a aquisição cada vez mais crescente de bens e serviços pela sociedade moderna, particularmente a partir da segunda metade do século XX. Em seu livro "A Felicidade Paradoxal", lançado em 2006, ele divide a "nova etapa histórica da civilização consumidora" (LIPOVETSKY, 2010) em três fases:

- A Fase 1, que começa por volta de 1880 e termina com a Segunda Guerra Mundial, em se vê a substituição dos pequenos mercados locais pelos grandes mercados nacionais, viabilizados pela infraestrutura de transporte e comunicação: rodovias, estradas de ferro, telefone e telégrafo; junto a isso, as fábricas e suas recém incorporadas e aperfeiçoadas linhas de montagem estão aptas a produzir em quantidades maciças a custos menores. Segundo Lipovetsky, é nesta fase que são inventados o marketing de massa e o consumidor moderno;

- A Fase 2, iniciada por volta de 1950, quando se tem um crescimento econômico intenso praticamente em todo mundo, é a chamada fase da "sociedade da abundância"; é o que ele qualifica como período "puro da 'sociedade do consumo de massa'".

- A Fase 3 surge no fim dos anos 1970/início dos anos 80, é o momento do "hiperconsumo", a diversificação extrema da oferta de produtos e serviços, da banalização do acesso às novidades, tornando os consumidores "menos previsíveis e mais voláteis"; que querem objetos 'para viver', mais que objetos para exibir". O consumidor se orienta mais em função dos gostos e critérios individuais.

Mas também havia, já no século XIX, preocupações em relação a este consumo diversificado e crescente: em 1899, Thorstein Bunde Veblen lança o estudo "A Teoria da Classe Ociosa", em que, entre muitos outros temas, alertava para suas preocupações quanto à disseminação do

“consumo conspícuo” (Veblen, 1988), a compulsão que, segundo ele, se espalhava pelas sociedades para adquirir cada vez mais bens que alguns chamariam de supérfluos.

Havia, ainda, o temor da chamada “crise da superprodução geral”, fantasma teórico de que trataram diversos economistas desde o início do século XIX, assombrados com as consequências deletérias geradas pelos aumentos de produtividade - que pareciam inesgotáveis naquele momento – e levassem a produção a superar largamente as disponibilidades e o interesse dos consumidores, ao primeiro sinal de enfraquecimento do mercado, o que geraria um colapso no meio industrial. O receio quanto a este fenômeno (que muitos consideravam ter sido superado definitivamente pelos argumentos de Jean-Baptiste Say e sua lei, "a oferta cria sua própria demanda", ou na afirmação de James Mill, de que há um "equilíbrio metafísico entre vendedores e compradores", ambos ainda na primeira metade do século XIX), pois, reaparecia agudamente vivo no fim dos anos 1920, particularmente nos EUA. A crise econômica profunda trouxe a retração dos consumidores, e colocou em cheque a capacidade das indústrias de seguir na sua escalada de incrementos de produção e consumo.

Há um fato anterior a esta crise, no entanto, que é de grande importância para a compreensão do que viria a seguir: de acordo com Giles Slade, a “cultura do descartável” tem início nos Estados Unidos ainda em meados do século XIX, quando uma “variedade de matérias primas baratas se tornaram disponíveis para a indústria” (Slade, 2006). Dois exemplos:

- Surgiram produtos de papel para substituir os de tecido, mesmo os mais curiosos, como os chamados “paper bosoms”, frentes de camisa descartáveis de papel, acompanhadas de colarinho e punhos do mesmo material. Segundo Slade (2006), teriam sido produzidos 150 milhões destas camisas descartáveis e seus complementos nos EUA, apenas em 1872.

- Com o barateamento do aço e do seu processamento, foi possível substituir as rolhas de borracha pelas tampinhas de aço com interior de cortiça, inventadas por William Painter, o fundador da Crown Cork, por volta de 1890.

O mesmo William Painter estimulou um de seus vendedores, King Camp Gillette, a inventar novos produtos que, como as tampinhas, fossem utilizados apenas uma vez, e depois

descartados. E, pensando nisso, Gillette criou sua própria empresa, em 1905, para produzir as famosas lâminas de barbear descartáveis que levam seu nome.

Esta "cultura do descartável" vai se disseminando pelos EUA com mais rapidez, mas também se populariza em outras partes do mundo, principalmente porque as empresas americanas ampliam seus mercados fora do seu país de origem; e também porque, com o advento da Segunda Guerra Mundial, muitos destes produtos se tornam populares nos países em que as tropas americanas combatiam na Europa, como também lembra SLADE (2006).O crescimento dos países contidos no acrônimo BRIC tem liderado o interesse de muitos agentes econômicos e estudiosos. O tamanho das suas populações e de seus mercados internos – atuais e potenciais – faz com que seja impossível ignorá-los. As abordagens estratégicas vão se sofisticado cada vez mais, para poder oferecer aos gestores das empresas uma melhor ação sobre o comportamento de seus consumidores, para entende-los melhor e permitir tratá-los de forma cada vez mais precisa. A intenção não é outra que não a de conhecer muito mais profundamente estes muitos futuros clientes, aprender os detalhes de seus hábitos e necessidades, e oferecer a eles produtos e serviços que proporcionem maior satisfação – e, com isto, mais *market-share* e mais lucros para quem os vende, nesta que será uma missão com múltiplos desafios.

Particularmente, a emergência das classes médias nestes países, mais acelerada no último par de décadas, faz com que esta compreensão se torne menos simples. Que impactos, econômicos e ambientais, vêm e virão destes novos consumidores, que conquistam um novo patamar em suas receitas ao lado do processo de crescimento de seus países? Quantos novos veículos leves serão vendidos para esse novo grupo de consumidores?

- Mercado, Consumo e Sustentabilidade

A palavra mercado vem do latim mercátus,us 'comércio, negócio', de mercári “comerciar, traficar, negociar” (HOUAISS, 2001). O termo tem registro confirmado na língua portuguesa desde a Idade Média, no século XIII. KOTLER (2006) lembra que a palavra “mercado” se referia originalmente ao local físico onde eram feitas as trocas comerciais. O conceito econômico do termo, no sentido de um conjunto de compradores e vendedores efetuando transações relacionadas a determinado tipo de produto ou serviço, no entanto, é o mais utilizado correntemente.

Para os profissionais da administração, em especial no caso dos mais ligados à área de marketing, o termo é usualmente utilizado para abranger agrupamentos de clientes, os compradores, enquanto os vendedores são tratados como setor.

Essa relação de trocas diversas, envolvendo os bens e serviços e a sua contrapartida em dinheiro, mas também a ligação através via de comunicação dos vendedores para os compradores, para motivá-los nos diversos estágios da compra, e também a via de informação, recolhida pelos vendedores junto aos seus compradores de forma a compreendê-los melhor, tem como condicionantes, segundo Kotler (2006):

A. Que existam pelo menos duas partes
B. Que todas as partes possuam algo que possa ter valor para as outras partes
C. Que todas as partes tenham capacidade de comunicação e de entrega
D. Que todas as partes estejam livres para aceitar ou recusar a oferta de troca
E. Que todas as partes acreditem ser adequado participar da negociação

É interessante notar que qualquer um destes aspectos pode de fato impedir uma troca. A renda percebida por cada consumidor é a fonte principal para dar a ele condições de ter algo a oferecer no processo de troca aqui descrito. Assim, a renda é elemento chave na determinação da capacidade de compra de um indivíduo, não obstante não seja o único.

Embora, como lembra DEATON (1992), haja inúmeros fatores (como país de origem, cultura, idade, estágio do ciclo de vida, entre inúmeros outros) que influenciam os níveis de consumo

quando comparamos padrões de dispêndio de indivíduos de mesma renda, o próprio autor reconhece que a correlação direta entre renda e consumo, genericamente falando, é característica de uma "evidência empírica disponível". Esta é uma limitação definida neste estudo, que não pretende discutir aspectos mais gerais de influência nos hábitos de consumo, fazendo-o apenas em relação aos fatores relevantes para o mercado em análise, o de bens populares.

O mercado consumidor mais pesquisado e conhecido é o dos países desenvolvidos, por razões óbvias: é lá que se dá boa parte do consumo de produtos e serviços no mundo, historicamente. E quando vamos para os países em desenvolvimento, a parcela mais conhecida dos seus mercados é justamente aquela que se parece com o primeiro mundo, ou seja, o topo da pirâmide de renda. É para este setor da população que as grandes empresas globais de produtos de consumo direcionam seus esforços, e é também para este grupo que são desenhados os principais serviços ofertados pelas empresas.

Esse segmento, que envolve a grande maioria da população dos países ricos, e apenas os extratos mais altos da população das nações em desenvolvimento, como já dissemos, é objeto de pesquisa constante tanto no conjunto de países mais desenvolvidos quanto nos mais carentes. Praticamente a totalidade dos exemplos disponíveis em livros como os de KOTLER (1990; 2001; 2003; 2005) e PORTER (1999; 2000) – guias consagrados e indispensáveis na formação de qualquer profissional da área das ciências gerenciais - são de produtos, serviços e empresas focados nos níveis de mercado mais abastados. Foram os mercados mais profundamente pesquisados até hoje. Essas citações dão uma boa medida do interesse que orienta a atuação de boa parte das empresas globais.

No caso dos países em desenvolvimento, no entanto, a pirâmide de renda sugere um volume muito maior de consumidores que apenas aqueles usualmente estudados. As camadas inferiores dessa pirâmide de renda também consomem, embora o seu padrão de aquisições possa diferir muito em termos de quantidade e qualidade em relação àquele público usualmente estudado.

Atender a este enorme contingente de pessoas ainda sem condições plenas de consumo é um enorme desafio.

Embora tanto PORTER (1999), quanto PRAHALAD (2005), e também HART (2006) defendam, com argumentos que detalharemos adiante, que não há conflito evidente entre desenvolvimento sustentável e ampliação do bem-estar coletivo, esta mesma avaliação sugere, também, que os modelos de inovação em uso hoje, tanto para produtos como para processos, não atendem às novas necessidades de um mundo que começa a lidar com graves problemas ambientais, e de escassez iminente de muitos recursos naturais.

O texto de referência obrigatória sobre Desenvolvimento Sustentável tem 20 anos de elaborado, apesar de o tema ter se tornado assunto recorrente de pesquisa nos últimos anos - até pela evidente necessidade de tratá-lo - com a consequente geração de inúmeros novos trabalhos, muitos deles de grande qualidade, e trazendo avanços significativos. Há ainda aqueles que provocam grande repercussão não apenas pelo seu conteúdo, mas também pela sua forma e pela relevância do autor, como é o caso do livro e do filme de Al Gore, ambos intitulados Uma Verdade Inconveniente.

Mas coube não ao ex-vice-presidente americano, e sim à então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, liderar a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU que produziu, em 1987, o relatório que veio a se tornar um marco sobre o assunto: chamado originalmente de "Nosso Futuro Comum", mas consagrado como Relatório Brundtland, em homenagem à sua líder principal, foi o primeiro documento internacional de grande divulgação a cuidar do assunto. Se o termo Desenvolvimento Sustentável não foi criado por aquela comissão, e sua origem é polêmica, o Relatório Brundtland foi certamente o documento que trouxe substância e significado à expressão, e tornou-se referência inevitável quando se trata de definir, afinal, o que vem a ser isto.

Diz o Relatório Brundtland: "Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades". O texto segue ainda explicando que a definição tem dois conceitos-chave:

- O conceito de "necessidades", em particular as necessidades essenciais dos pobres do mundo, aos quais se deve dar prioridade por sobre os demais;

- A ideia de que limitações impostas pelas condições tecnológicas e pela organização social determinam a capacidade do meio-ambiente de alcançar as necessidades presentes e futuras.

Assim, o relatório, já nas suas definições, aponta para o caminho da inovação e da inclusão dos consumidores de menor renda, que hoje são mais conhecidos como da Base da Pirâmide, no processo que aqui chamamos de Massificação Sustentável.

Adotaremos neste trabalho, assim, a definição do Relatório Brundtland, por se tratar do documento que, desde a sua elaboração em 1987, deu divulgação ao termo e transformou-se em referência obrigatória no assunto, muito antes dos bens de consumo populares se tornarem recorrente objeto de estudo nas academias.

Quando, em 30 de novembro de 2001, Jim O'Neil, então economista chefe lotado na unidade londrina do Goldman Sachs, publicou o Global Economics - Paper No: 66, sob o título de "Building Better Global Economic BRICs" (O'Neil, 2001), o efeito foi inesperadamente grande. Grande mesmo para o próprio O'Neil, como ele declarou em matéria do Financial Times, em 2010, dizendo que o acrônimo "transformou minha vida. " (Financial Times, 2010).

Naquele primeiro relatório, além do bem humorado trocadilho no título, a previsão era de que o conjunto dos países acomodados do acrônimo BRIC's (inicialmente, sem o "S" maiúsculo relativo à South Africa-África do Sul, que seria adicionada depois) seriam as economias predominantes em termos de tamanho do PIB em meados do século XXI, ultrapassando as tradicionais potencias econômicas formadas ao longo dos séculos XIX e XX, lideradas por Estados Unidos, Japão e Alemanha.

Talvez o elemento mais interessante do impacto causado pelo trabalho de O'Neil tenha sido a surpresa trazida pela informação. São quatro países gigantescos, com populações que, somadas, representam mais de 40% da população mundial, e PIB's que, tomados nominalmente ou convertidos pelo critério de paridade do poder de compra, estão entre os maiores do mundo, conforme vemos na tabela abaixo - com os BRIC destacados em cor mais escura:

Tabela 1: Comparações entre os BRIC's

População (hab - 2013)		Área (km² - 2014)		PIB (nominal - US$ Mi - 2013)		PIB (PPP - US$ Mi - 2011)	
China	1.354.040.000	Russia	17.125.187	Estados Unidos	15.653.366	Estados Unidos	15.094.025
Índia	1.220.800.359	Canadá	9.984.670	China	8.250.241	China	11.299.967
Estados Unidos	316.438.601	China	9.596.961	Japão	5.984.390	Índia	4.457.784
Indonésia	251.160.124	Estados Unidos	9.371.175	Alemanha	3.336.651	Japão	4.440.376
Brasil	202.768.562	Brasil	8.515.767	França	2.875.000	Alemanha	3.099.080
Paquistão	179.253.789	Austrália	7.692.024	Brasil	2.673.580	Rússia	2.383.402
Nigéria	168.835.645	Índia	3.287.590	Reino Unido	2.585.779	Brasil	2.294.243
Bangladesh	154.786.561	Argentina	2.780.400	Itália	1.980.448	Reino Unido	2.260.803
Russia	142.500.482	Cazaquistão	2.724.900	Rússia	1.953.555	França	2.217.900
Japão	127.253.075	Argélia	2.381.741	Índia	1.946.765	Itália	1.846.950

Fonte: elaboração do autor, a partir de dados do FMI e da CIA

Embora os dados acima sejam recentes, a situação em 2001 não era muito diferente. Na verdade, é importante lembrar, Brasil, Rússia, Índia e China são atores relevantes no cenário mundial há muitos anos.

Aprofundando-se mais na história do grupo, e exceção feita ao Brasil – nação de pouco mais de 500 anos de existência – todas as outras são mais que milenares: a caçula Rússia pode ter a sua origem como nação identificada no Principado de Kiev, no século IX, enquanto China e Índia têm histórias que se iniciam muito antes da era cristã.

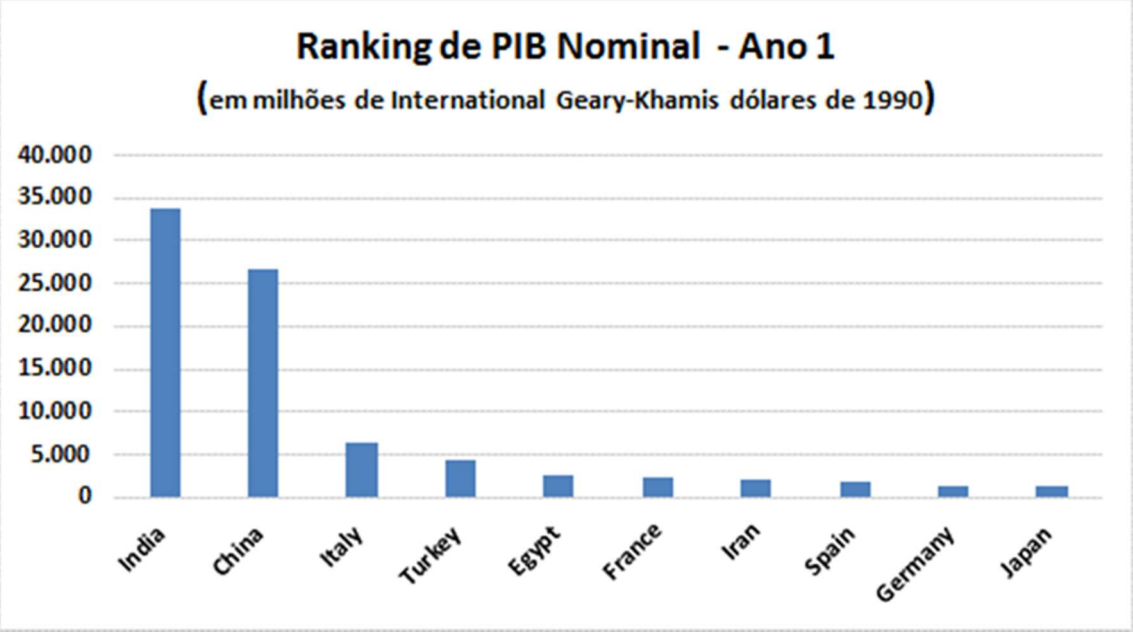
Mas não são apenas nações antigas. O Prof. Angus Maddison, pesquisador inglês especialista em economia histórica, reuniu, ao longo dos seus 82 anos de vida, uma instigante série de levantamentos e estimativas de dados sobre as realidades de dezenas de nações, nos últimos dois mil anos. Seus dados estão em diversos relatórios e análises publicados pela OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. Mesmo após o seu falecimento, em abril de 2010, um grupo de pesquisadores associados segue mantendo e atualizando as bases de dados, no chamado Maddison Project, ligado à Universidade de Groningen, na Holanda.

A análise dos dados de Maddison nos permite concluir que, muito além de os BRIC's serem importantes hoje e no futuro, há um grande destaque em seu passado: Índia e China, que podem,

parece haver consenso, tornar-se as maiores economias na segunda metade do século XXI, são as protagonistas globais de dezenove dos últimos vinte séculos.

Usando os dados de Maddison, as duas maiores economias do século I eram, por larga margem, Índia e China.

Gráfico 1: Maiores economias no século I



Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados de Bolt e Zanden (2013)

Passados mil anos, a situação permaneceu a mesma quanto às duas maiores economias, embora com muitas alterações de posição entre as outras oito entre as dez maiores. Por volta do ano de 1500, Índia e China seguem líderes, sem rivais. O crescimento da China, já uma realidade no século anterior, faz com que ela esteja na primeira posição em 1600. Por volta de 1700, a Índia retoma o primeiro posto.

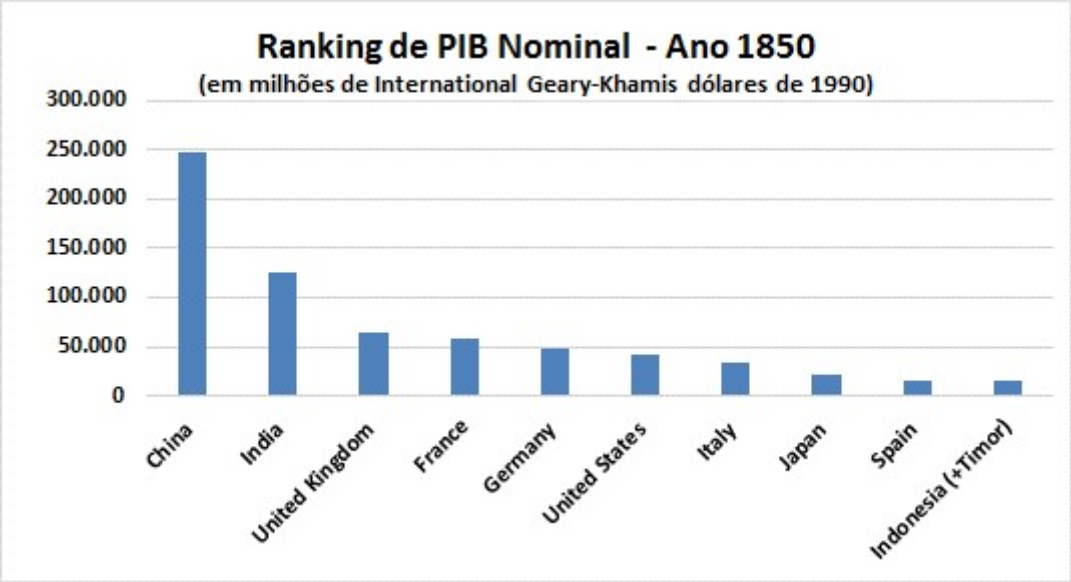
Gráfico 2: Maiores economias no ano 1820

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados de Bolt e Zanden (2013)

Usando dados de 1820 (para 1800 os dados estão disponíveis para poucos países), vemos a China no primeiro posto novamente, e a Índia experimentando o início da sua queda, já afetada pela dominação trazida pela Companhia das Índias Orientais. Interessante notar o crescimento do Reino Unido, consequência também da dominação das colônias, e dos Estados Unidos, já sob os primeiros efeitos da Revolução Industrial.

Por volta de 1850 a China, apesar dos problemas internos, está destacadamente na dianteira, seguida mais de longe pela Índia, já sob a dominação completa pelo Reino Unido, e os Estados Unidos, que já ultrapassaram Itália e Japão.

Gráfico 3: Maiores economias no ano 1850

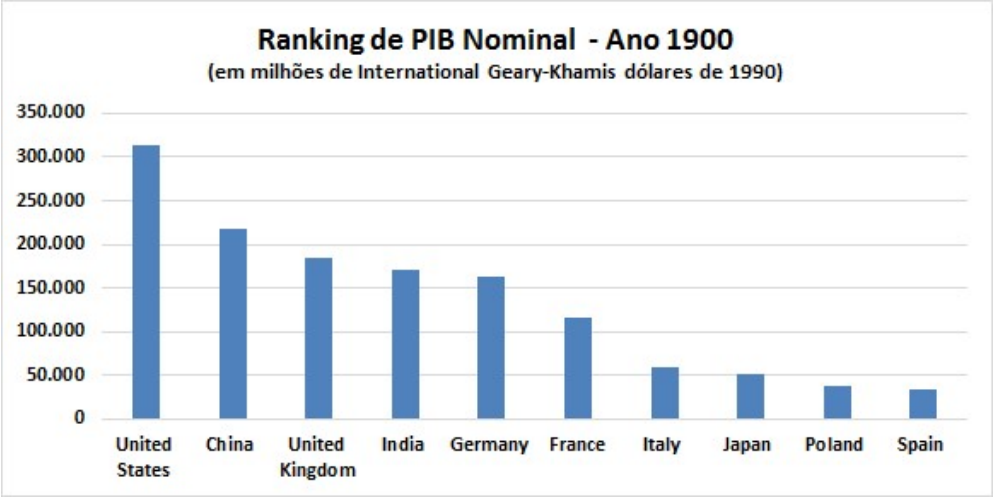


Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados de Bolt e Zanden (2013)

Os efeitos da segunda fase da Revolução Industrial estão mais marcantes por volta de 1870: China e Índia ainda estão no primeiro e segundo lugares, respectivamente, mas o Reino Unido cresce e, mais vigorosamente, os Estados unidos, agora em quarto lugar, mostrando a vitalidade que lhe daria o protagonismo destacado no século XX.

O início do século XX já traz os Estados Unidos na primeira posição, ainda sem o destaque que vai construir nas décadas seguintes. A China, com diversos problemas internos e externos, cai para o segundo posto, e a Índia, transformada em fornecedora de matéria prima e compradora de manufaturados do Reino Unido, fica em quarto lugar:

Gráfico 4: Maiores economias no ano 1900



Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados de Bolt e Zanden (2013)

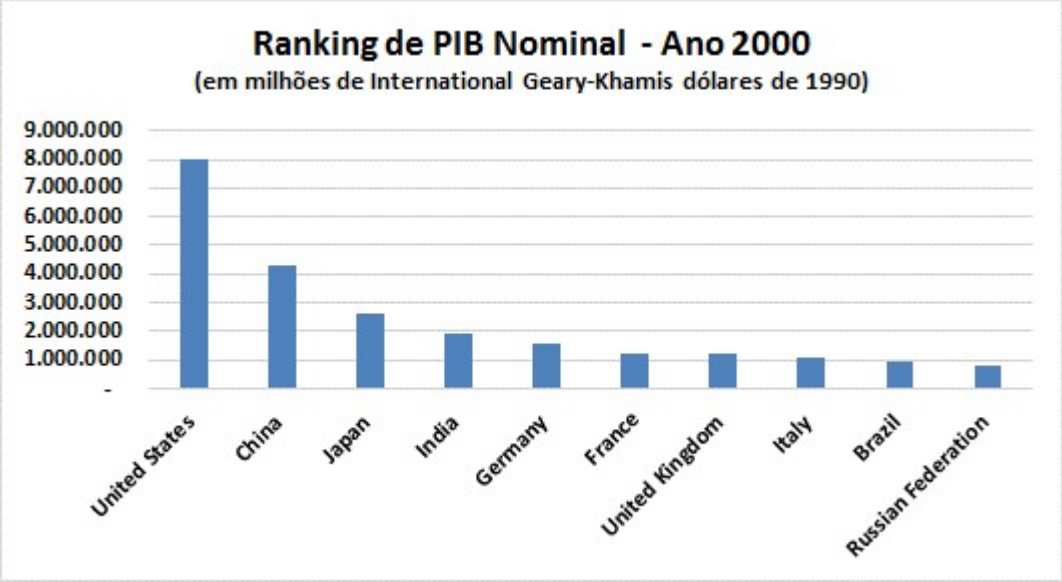
Em 1920 a China está sob os impactos do fim do período dinástico, das guerras do Ópio e contra o Japão, do imperialismo europeu, que lhe tomou importantes territórios, e das seguidas batalhas para controlar a fragmentação interna. A Índia recupera sua posição relativa, mais em função da queda das potências europeias, fustigadas pelos efeitos Primeira Guerra Mundial.

Por volta de 1950 os Estados Unidos estão em posição de dominação absoluta, pelas transformações causadas pela Segunda Guerra Mundial. A China, já sob a República Popular de Mao, está se reformulando completamente. Neste período de cerca de 25 anos, a sua população irá quase dobrar, por incentivo do próprio governo, embora dezenas de milhões de pessoas tenham morrido de fome. Na Índia, recém independente, os desafios de retomar o caminho da recuperação. Em décimo lugar, já aparece o Brasil, emergindo no seu ciclo industrial iniciado não muito antes.

Os anos 1970 trazem os Estados Unidos na primeira posição, mas já tendo mais próximos dois dos perdedores da Segunda Guerra que se reconstruíram rapidamente, o Japão e a Alemanha, como segunda e terceira maiores economias do mundo. O Brasil já surge aqui na nona posição, logo atrás da Índia, e a China mantém o quarto posto.

A passagem para o século XXI traz os quatro BRIC entre as dez maiores economias do mundo, e com grande potencial de crescimento.

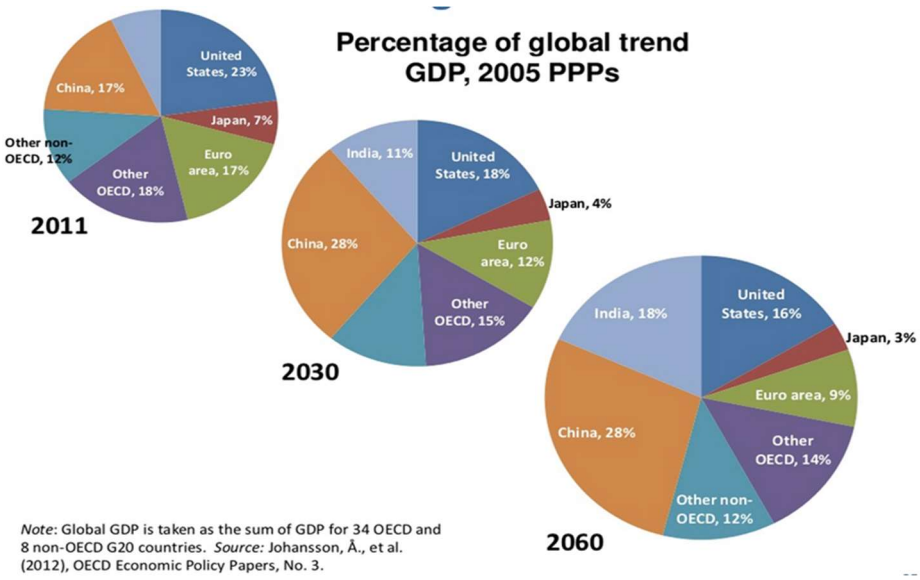
Gráfico 5: Maiores economias no ano 2000



Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados de Bolt e Zanden (2013)

Fica claro, portanto o quanto estas nações são protagonistas. As componentes dos BRIC de maiores populações, Índia e China, foram as maiores economias do mundo em nada menos que dezenove dos últimos vinte séculos. Quando ambas estiverem de novo na primeira posição, por volta de 2060, China e Índia estarão apenas retomando, depois de um hiato de cerca de 150 anos, os postos que sempre foram seus.

Figura 2: Evolução da participação percentual no PIB global



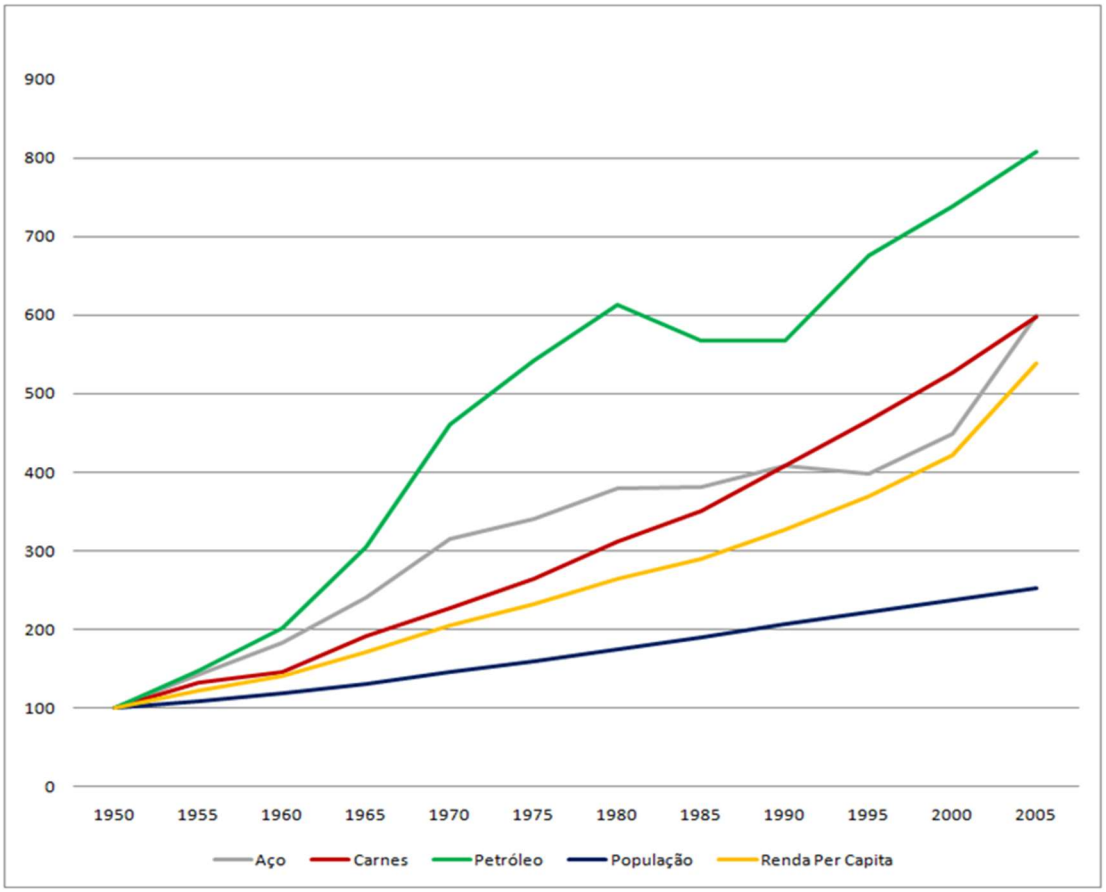
Fonte: OECD (2012)

A importância dos países reunidos sob o acrônimo BRIC nos cenários político e econômico é, assim, evidente. Há críticas, claro, como nos estudos comparativos com os países desenvolvidos, como o de Leitão (2010), nas recomendações de moderar o entusiasmo relatadas por Frankenstein (2011), ou das evidências de contaminação do bloco pela crise internacional apontadas por Chittedi (2014).

Tudo considerado, no entanto, é inevitável reconhecer que os BRIC serão agentes cada vez mais relevantes na economia mundial. E os efeitos do crescimento nestes países, pela dimensão de suas populações, potencialmente fará as novas classes médias destas nações provocarem uma transformação muito relevante no consumo de bens de todas as naturezas.

Se tomarmos como base o que ocorreu no século XX, podemos ter uma dimensão do que virá.

Gráfico 6: Evolução Comparada do Consumo de Aço e Petróleo, e da População e da Renda Per Capita – 1950=índice 100



Fonte: Elaboração do autor a partir de dados da World Steel Association, OPEP, US Census Bureau e DELONG (1998)

O gráfico acima demonstra que a elasticidade do consumo de matérias primas como o aço ou o petróleo não guarda correlação de ordem de grandeza com o crescimento da população. Varia mais de acordo com a renda per capita, embora possa se descolar – como no caso do petróleo – de forma significativa da sua inclinação.

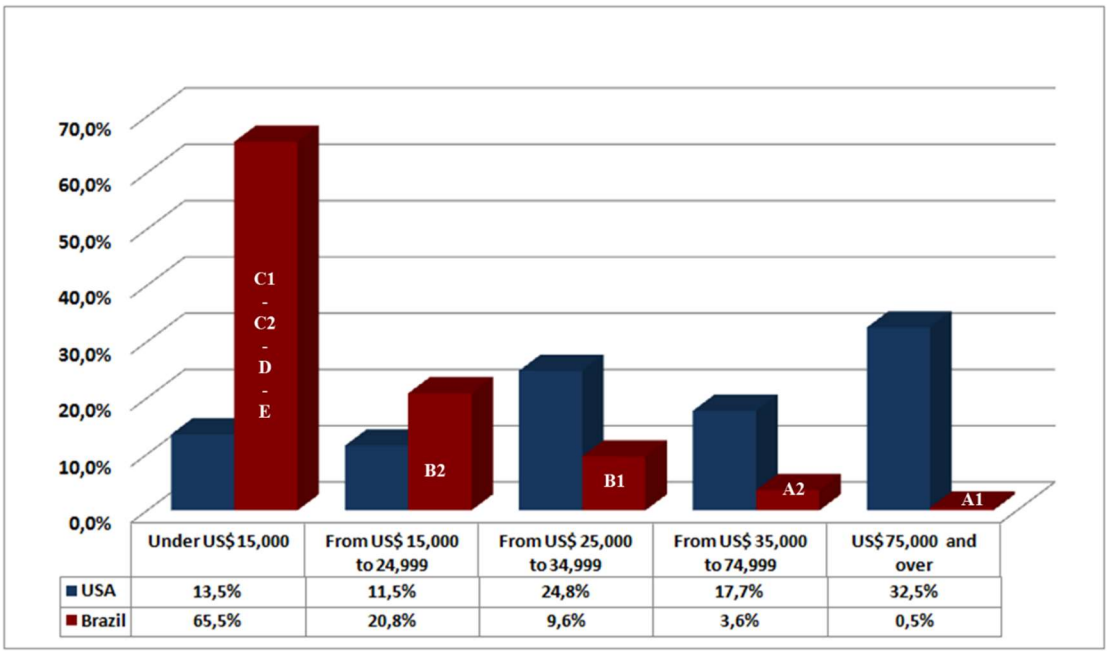
Dessa maneira, é esperado que um aumento de renda per capita tenha reflexos diretos sobre o consumo de bens e serviços num determinado país ou região. Ocorre, no entanto, que a este elemento deve se juntar outro aspecto relevante quando se trata de potencial de consumo: a renda per capita é, por definição, uma média. Isso faz com que países que tenham rendas per capita semelhantes possam ter, na realidade, populações com níveis de bem-estar distintos.

O movimento de crescimento de renda projetado para os países emergentes neste século XXI – destacadamente os BRIC – trarão um impacto muito relevante no incremento de consumo de um sem número de produtos e serviços. Este movimento tem, potencialmente, um impacto maior do que o que vimos no século XX, pelo tamanho das populações envolvidas.

Assim, é forçoso notar que, no médio prazo, as regiões hoje menos significativas em termos do consumo de bens e serviços poderão ser aquelas em que o consumo crescerá a taxas muito maiores que nas mais desenvolvidas. A América do Norte, por exemplo, seria apenas a terceira região de maior consumo, ultrapassada por larga margem pela Ásia – que cresceria em mais de 3 vezes o seu potencial de consumo hoje -, e ligeiramente pela Europa, que ampliaria o seu patamar de 2003 em aproximadamente 40%, muito em função da incorporação de novos consumidores trazidos pela Europa do Leste. América Latina e África também praticamente triplicariam seu consumo, e reduziriam a diferença que hoje as separa dos mercados mais maduros.

A realidade de hoje, contudo, ainda é bem outra. As diferenças entre as capacidades de compra entre as populações do mundo desenvolvido e do mundo emergente são imensas, embora venham se aproximando lentamente. O gráfico a seguir traz uma amostra destas enormes diferenças.

GRÁFICO 7: Distribuição Comparada de Renda – Brasil e EUA



Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do US Census Bureau e da ABEP

A comparação entre a distribuição da renda das famílias norte-americanas e brasileiras deixa clara a distância que nos separa hoje. Ao mesmo tempo, evidencia o potencial de consumo das classes médias emergentes ou por emergir, levantado por PRAHALAD (2005), MAHAJAN e BANGA (2006) e HART (2006), e a imensa pressão que estas camadas da população exercerão sobre as fontes de produtos e serviços, quando sua renda crescer – como vem acontecendo no Brasil, bem como nos BRIC – e sua oportunidade de consumir mais se apresente.

Por isso, PRAHALAD e HART (2002) ressaltam que são basicamente 4 os passos necessários para atender ao mercado popular:

- Criar poder aquisitivo novo, por meio da concessão de crédito, especialmente microcrédito, de forma a dar acesso à população mais pobre ao consumo dos produtos populares – neste caso, não se aplica de forma geral, embora possa haver algum processo desta natureza em curso em algum dos BRIC para o mercado de automóveis;

• Inovar, tanto em produto quanto em distribuição e comercialização, de forma a superar dificuldades estruturais e conseguir atingir as populações de baixa renda de uma maneira satisfatória, e rentável para a empresa;

• Utilizar os meios eletrônicos e a tecnologia tanto para reduzir custos de desenvolvimento de produto, fabricação e distribuição quanto para dar acesso aos consumidores a canais efetivos de comunicação com a empresa. O uso de sistemas de acesso compartilhado pode reduzir muito o custo individual da utilização da tecnologia, em especial pelo melhor aproveitamento da infraestrutura disponível.

• Adaptar as soluções aos mercados locais, muitas vezes incapazes de consumir produtos globais. Através da construção da demanda nas classes mais baixas se pode desenvolver produtos e serviços que dotem as premissas e necessidades locais, que levem em consideração a cultura e as especificidades de cada mercado.

Além destes aspectos, há outros pontos de influência relevante:

Perfil Demográfico – a análise proposta neste estudo inclui também qual o impacto do perfil demográfico da população no consumo de produtos como os automóveis, e suas mudanças no longo prazo.

Hábitos de Consumo – o conceito aqui é o amplamente consagrado, destacando-se o clássico estudo de BROWN (1952), inclusive pelos aspectos que ele define como “lagged influences”, bem como os aspectos de segmentação psicográfica – considerando valores e estilo de vida – ao longo do tempo. O estudo de TOMANARI (2003) é bastante amplo na abordagem dos aspectos relevantes nesta análise, e as mudanças recentes na atratividade dos automóveis para uma parte considerável dos jovens é um exemplo desse tipo de fenômeno.

Dinâmica de Evolução – considerando o conceito econômico, de acordo com as teorias evolucionárias da economia descritas por DOSI e NELSON (1994), que dizem respeito às mudanças tecnológicas (potencialmente muito importantes no caso dos automóveis) e às dinâmicas econômicas, culturais e de costume. Deste modo, podem ser analisadas as razões mais gerais que influenciam na demanda de bens de consumo, em especial no caso dos mais desejados, como no exemplo em questão.

Tudo considerado, o impacto do crescimento da classe média nos mercados emergentes pode ser avaliado pelo estudo da OCDE, denominado "The Emerging Middle Class in Developing Countries", liderado pelo economista Homi Karas (KARAS, 2010). Esta é a definição que ele propõe, em tradução livre:

> "A classe média pode ser definida em termos relativos ou absolutos. Easterly (2000) e Birdsall, Graham e Pettinato (2000) têm uma abordagem relativista, que define a classe média como aqueles entre o percentil 20 e 80 da distribuição do consumo e entre 0,75 e 1,25 vezes a renda per capita média, respectivamente. Bhalla (2009) faz uma abordagem absoluta, define a classe média como aqueles com renda anual acima de US$3900 do poder de compra termos de paridade. Banerjee e Duflo (2007) usam duas medidas absolutas alternativas: aqueles com despesas diárias per capita entre US$2 e US$4 e aqueles com despesas per capita diária entre US$6 e US$10. Ravallion (2009) adota uma abordagem híbrida, a definição de um 'desenvolvimento classe média mundial' como tendo uma gama de rendimentos (entre a linha de pobreza média de países do mundo em desenvolvimento e que a dos EUA) e uma 'classe média mundo ocidental' (acima da linha de pobreza dos EUA). O Banco Mundial (2007) também utiliza uma definição absoluta, e arbitrariamente define a classe média como aqueles com renda de queda entre o nível médio no Brasil e Itália, ou US$4.000 para US$17.000 termos de paridade de poder de compra de 2000. A escolha entre estas diferentes abordagens depende do objetivo em apreço. Como eu sou interessado em saber se a classe média emergente asiática pode compensar a queda no crescimento Classe média dos Estados Unidos, faz sentido ter uma abordagem absoluta com um intervalo limite comum para todos os países. Não faria sentido comparar indianos ganhando US$2 por dia com os americanos ganhando US$50 por dia e afirmar que ambos são comparáveis em termos de poder de compra, e que são motores do crescimento mundial, porque ambos são de classe média. Tomando uma abordagem absoluta, eu defino a classe média

> global, como os agregados familiares com despesas diárias entre US$ 10 e US$ 100 por pessoa em termos de paridade do poder de compra.
>
> O limite inferior é escolhido com referência à linha média de pobreza em Portugal e na Itália, dois países europeus avançados, com a definição mais estrita da pobreza. A linha de pobreza para uma família de quatro pessoas nesses países é US$14.533 (US$9.95 por dia per capita em 2005, em termos de paridade de poder de compra). O limite superior é escolhido como o dobro da renda média de Luxemburgo, o mais rico país avançado. Definido desta maneira, a classe média global exclui aqueles que são considerados pobres nos países mais pobres avançados e aqueles que são considerados ricos no mais rico país avançado. ”

Dessas classes médias emergentes virão muitas e novas ondas de consumo, dos mais diversos produtos e serviços. Os veículos leves, inclusive, como também fica ressaltado no relatório da Exxon (2015).

- Mobilidade, Automóveis e a Sustentabilidade

Mobilidade

É comum que muitos dos habitantes de grandes cidades hoje se sintam oprimidos pela agitação do dia a dia e sonhem com a mudança para o interior, como uma forma de libertação das vicissitudes da vida urbana. Na Idade Média, no entanto, o ditado alemão *stadtluft macht frei* (algo como "o ar da cidade torna você livre") expressava o que a mudança contrária representava para o indivíduo que, naquele tempo, via-se livre das obrigações feudais para um senhor de terra, e sonhava com uma vida mais rica e com um futuro menos limitado numa cidade. E não é que as cidades do período fossem exatamente pequenas e aconchegantes: Roma, na Itália; Bagdá, no Iraque; e Beijing (Pequim), na China, são alguns exemplos daquelas que possuíram mais de um milhão de habitantes em algum momento antes do Renascimento, dizem historiadores especialistas – Morris (2010), Modelski (2000, 2003), Chandler (1987), Chandler & Fox (1974).

Esses grandes aglomerados urbanos traziam e trazem de fato enormes desafios para a convivência cotidiana, sob os mais diversos aspectos. E a mobilidade é um dos mais antigos e persistentes deles: para cumprir percursos mais longos – ou cumprir quaisquer percursos com mais comodidade e rapidez –, os cidadãos sempre recorreram a meios auxiliares que, multiplicados, transformavam-se num problema novo. Liteiras, cavalos, carroças, barcos, bicicletas, carros, motocicletas, bondes, trens, teleféricos, ônibus, metrôs, helicópteros, e variações desses todos, e outros mais; individuais ou coletivos, muitos são os meios que foram e são utilizados pelas pessoas em sua busca pela melhor condição na mobilidade cotidiana. Todos esses meios de transporte continuam em uso, com maior ou menor intensidade, com novo formato ou no modelo original. Somados, superlotam os espaços urbanos, poluem de muitas formas, provocam contratempos, tomam áreas, promovem tumultos; e ainda se envolvem em acidentes.

Assim, nascidas para acomodar pessoas, as cidades se veem desde sempre em grande dificuldade para receber essas tantas formas de transporte que disputam acirradamente espaço em seu interior. Haverá solução?

As cidades de hoje são espaços com velocidades múltiplas (Ascher, 1995). Cada indivíduo se move com característica própria, dependendo das alternativas que escolhe diariamente. Esta superposição constitui um desafio para as nossas formas habituais de abordar o espaço (LÉVY, 2000), intensificando o papel da mobilidade no cenário urbano. Algumas transformações do mundo contemporâneo reforçam essa necessidade (LÉVY, 2000): os espaços aos quais as pessoas sentem pertencer não são mais somente territórios, mas também redes; o número de lugares pertinentes para um dado indivíduo aumentou; a distinção entre mobilidade cotidiana (rotina) e mobilidade rara (profissional ou lazer) torna-se cada vez mais difícil; ao lado de destinos mais impositivos, uma grande quantidade de outros rumos, novos ou velhos, mais ou menos relevantes, se apresentam.

A mobilidade, ainda segundo LÉVY (2000), é "a relação social ligada à mudança de lugar". O pesquisador do Instituto de Estudos Políticos de Paris utiliza essa definição de forma a expandir a mobilidade para além do mero conceito de deslocamento físico, e também para eliminar dimensões metafóricas do termo como "mobilidade social", ou associando-o a telecomunicações. Para esse autor, a mobilidade forma um sistema de movimentos potenciais, que podemos observar sob a ótica de três "virtualidades": a mobilidade como possibilidade, como competência, ou como capital.

A mobilidade como possibilidade pode ser analisada como acessibilidade, isto é, a oferta de mobilidade por meio da oferta de transporte. Observada como competência, busca-se a mobilidade efetiva, a relação entre a que é oferecida e a que é realmente realizada. A competência de mobilidade relaciona o deslocamento à necessidade de posse de recursos financeiros para tal, e à constituição de uma rede de lugares frequentados (casa, emprego e tantos outros), eles próprios situados numa boa posição no espaço das acessibilidades. A fluidez nesses espaços é essencial, para que o fomento de regiões autossuficientes não seja uma forma de isolamento ou exclusão de uma população de baixa renda. Finalmente, "o conjunto constituído pela possibilidade, pela competência e pelas arbitragens que a segunda permite sobre a primeira pode ser lido como um capital social, um bem que permite ao indivíduo desdobrar melhor sua estratégia no interior da sociedade". (LÉVY, 2000, pág.76)

Costa (2003) ressalta a relação entre a mobilidade, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade socioambiental do contexto urbano. Para esta autora, alguns aspectos são

fundamentais em um sistema de mobilidade sustentável: o equilíbrio entre diversos meios de transporte motorizados e não motorizados; o uso eficiente dos recursos energéticos pelo meio de transporte; o uso de tecnologia em toda a cadeia; o planejamento sobre a demanda de transporte, como atuar sobre as distâncias físicas com adensamento de regiões, apresentar privilégios para maior ocupação de automóveis e incentivar a substituição do deslocamento por outras formas de comunicação; o planejamento sobre a oferta de transporte, utilizando-a como forma de gerir o equilíbrio entre transporte individual ou público, por exemplo, na avaliação de obras de rodovias; a integração do sistema de transporte com o plano de ocupação e uso do solo (configuração urbana).

Como exemplo, Paris passou por pelo menos duas grandes intervenções urbanas ao longo de sua história, como informa HUSSEY (2011): a primeira, ao final dos anos 1590, quando Henrique IV e seus conselheiros se ocuparam de organizar sua reconstrução, arrasada que fora por décadas de guerras civil e religiosa; a segunda, em meados do século XIX, quando Napoleão III nomeia prefeito de Paris Georges-Eugène Haussmann, no ano de 1853, e este dá início a quase 20 anos de obras profundas, na direção dos planos do imperador sobre urbanismo, habitação e circulação de pessoas e mercadorias.

Mas muito antes, ainda no final do século XVI, Henrique IV lidara com problemas muito graves em Paris. Naquela ocasião, a mobilidade era dramaticamente prejudicada pelas condições cotidianas de vida: "Mesmo as mais prósperas ruas na parte central da cidade não eram mais do que trilhas enlameadas e apenas os parisienses mais ricos conseguiam atravessar a cidade, a cavalo ou em uma das poucas carruagens em funcionamento, sem serem cobertos por esterco e excrementos. " (HUSSEY, 2011, pág. 167)

Como melhorar a mobilidade? Ainda de acordo com HUSSEY (2011), Nicolas Sauvage, um carpinteiro empreendedor havia criado, por volta de 1654, a *carrosse*, uma carruagem com vários assentos, que podia ser alugada por várias pessoas ao mesmo tempo. Por volta de 1660, Paris contava com mais de 20 destas, que podiam ser vistas na frente da Igreja de Saint-Fiacre. O serviço, no entanto, era ainda desordenado, e as viagens eram decididas a partir das necessidades combinadas de várias pessoas, sem muitos critérios de valor e itinerário estabelecidos previamente.

Físico, matemático, filósofo e teólogo, Blaise Pascal é mundialmente respeitado por sua obra extensa e relevante, além de lembrado por frases marcantes, como a conhecida "nós conhecemos a verdade não só pela razão, mas também pelo coração", que faz parte de seu último livro, Pensées (Pascal, 2006). Quem lhe presta os respeitos hoje na Igreja de Saint-Étienne-du-Mont, em Paris, onde está sepultado, pode não saber que, entre suas muitas contribuições para a ciência e a filosofia, está também o lado técnico da criação do primeiro serviço de transporte público de que se tem notícia.

Não que ele considerasse a mobilidade urbana um valor para si; Pascal defendia firmemente, mesmo, era a opção de permanecer em casa: “Descobri que toda a infelicidade humana resulta de um único fato; o fato de que os homens não conseguem ficar quietos no próprio quarto”. (VANDERBILT, 2009, pág. 6).

Ainda assim, possivelmente constatando que o restante de seus concidadãos tinha maiores inquietudes que as próprias quanto ao mundo exterior, juntou-se a empreendedores com título de nobreza, como o marquês de Sourches, o marquês de Crenan e o duque de Rouanes, que era também governador de Poitou, antiga província do oeste da França. Com esse conjunto de sócios, conseguiu uma licença do rei Luís XIV para explorar rotas de transporte de pessoas com carruagens de forma organizada. O rei, a bem da verdade, concedeu-lhes mais que isso: outorgou-lhes um monopólio real. Ou seja, se aparecessem competidores, os cavalos e os veículos do oponente seriam confiscados. (KLAPER, 1978)

A cidade contava com perto de 450.000 habitantes naquele período (INSEE, 2013). O sistema, tratado formalmente como as *Carrosses Publics pour la Commodité des Bourgeois*, ou as Carroças Públicas para a Comodidade dos Burgueses, numa tradução literal, começou precisamente em 18 de março de 1662, com sete veículos puxados por cavalos correndo “da Porta Saint-Antoine até Luxemburgo” (MONMERQUÉ, 1828). Cada carruagem podia levar oito passageiros. Algumas fontes dizem que havia três rotas, outras dizem que havia seis, e que uma delas era uma rota circular.

Mas o fato é que as *carosses à cinq sous*, apelido que ganharam em função da tarifa de base, não foram concebidas para a população como um todo, e sim para “a comodidade dos burgueses”, como fica claro no documento de outorga (MONMERQUÉ, 1828). Muito por isso,

foram até populares no início, mas a novidade não durou muitos anos, porque não só houve uma adesão inesperadamente elevada de "não burgueses" ao serviço (embora, depois de algum tempo, o preço tivesse sido majorado de 5 para 6 sous, de forma a inibir esta colateralidade), mas também porque Pascal morreu no ano do início das operações, o que dificultou seu desenvolvimento posterior.

Mas Pascal definiu, logo de início, os primeiros conceitos que iriam nortear o serviço de transporte público coletivo até hoje. Em seu projeto, o serviço adotou os seguintes critérios (KLAPER, 1978):

- As carroças seguiriam o mesmo trajeto de um ponto a outro;
- As saídas obedeceriam a horários regulares, mesmo sem passageiros;
- Cada ocupante iria pagar apenas por seu lugar, independentemente de quantos lugares ocupados nos carros houvesse;
- A rota ao redor de Paris seria dividida em cinco setores; a tarifa de cinco sous [segundo HUSSEY (2011), o sous era uma unidade monetária, 1/20 de uma livre, utilizada de 1667 até 1795, o nome é uma versão francesa do termo latino libra] permitiria cruzar apenas para mais um setor. Para além disso, deveria ser paga uma nova tarifa;
- Não seria aceito ouro como pagamento, a fim de evitar problemas na manipulação e atrasos para fazer o troco.

O empreendimento ainda perdurou por 15 anos após a morte de Pascal. Naquele mesmo ano, porém, restrições do Parlamento para que fosse usado apenas pelas pessoas para as quais tinha sido autorizado ("para o conforto dos burgueses"...) e o aumento da tarifa para seis sous foram gradualmente tirando a popularidade do negócio, até ele ser extinto em 1677.

Paris só voltaria a ter um serviço de transporte público no início do século XIX, como conta HUSSEY (2011). Em 1826, com a criação do ônibus por Stanislas Baudry, na também francesa Nantes, é que o conceito de transporte público seria retomado, ainda seguindo os mesmos critérios definidos por Pascal. (KLAPER, 1978)

Em 1828, próprio Baudry fundou, em Paris, a Entreprise Générale des Omnibus, para explorar o serviço de transporte coletivo na capital francesa. Logo em seguida, seu filho iniciaria

empreendimentos similares em Lyon e Bordeaux. Em Paris eram “100 carruagens puxadas a cavalos, com 18 a 25 assentos. Na metade do reinado de Luís Felipe, essas carruagens estavam transportando mais de dois milhões e meio de viajantes pela cidade inteira”. (HUSSEY, 2011, pág. 284)

Abraham Brower havia estabelecido em 1827 a primeira linha de transporte público em Nova York. Em 1829 a novidade chegaria a Londres pelas mãos de George Shillibeer e, a partir daí, alcançaria rapidamente as principais cidades da América, Europa e demais partes do mundo.

Em 1863, a inauguração da primeira linha de metrô, em Londres, viria estabelecer novos paradigmas de qualidade no transporte público, como também ressalta HUSSEY (2011).
O metrô de Londres era uma adaptação urbana da já conhecida ferrovia. Porém, segregando-se o sistema em vias exclusivas, subterrâneas, o metrô alcançava inédita eficiência em velocidade e volume de passageiros transportados, liberando a superfície para o transporte individual ou para os pedestres.

Nesse período, Paris ainda passava pela reforma radical de Haussmann que moldou a cidade hoje admirada, como descreve o resumo de GLAESER (2011):

O que surge à mente quando você pensa em Paris? Talvez um café com leite no velho lugar favorito de Sartre, Les Deux Magots, após uma caminhada pelo Boulevard Saint-Germain. Esta via, como o Boul’Mich (Boulevard Saint-Michel), foi criada por Haussmann, entalhada em uma confusão de ruas mais antigas. Se você prefere a caminhada que descrevi ao longo dos Champs-Élysées, apreciando a vista do Arco do Triunfo, estará novamente em território de Haussmann. A rua e o arco são anteriores ao barão, mas ele planejou as praças que fornecem esta visão tão ampla (...). Entre 1853 e 1870, o trabalho de Haussmann removeu mais da metade dos edifícios de Paris. GLAESER (2011, pág. 133)

Feitas estas muitas mudanças, a cidade estava mais pronta para o que seria chamado de *Le Grand Siècle*, de Luís XIV. Com o crescimento e a ascendência cultural e política da França, e de Paris em particular, muitas novidades surgiriam.

Assim, após Londres, Paris inauguraria seu *Métropolitain* em 1900. Porque tanto tempo depois? Além de as grandes transformações de Haussmann exigirem atenção e recursos, houve longas discussões entre as autoridades parisienses sobre o financiamento das obras do metrô, e também porque o modelo de transporte ferroviário como um todo havia sido adotado tardiamente na França, "em parte, em razão da instável vida política em Paris, mas também por ser vista com desconfiança pelos franceses, por ser uma invenção anglo-saxônica". (HUSSEY, 2011, pág. 375)

Vencida essa inércia, no entanto, o metrô de Paris cresceu rapidamente e foi recebido em uma cidade inteiramente renovada, em um período histórico particularmente intenso. Da mesma forma que o consumo de diversas commodities, o de automóveis foi muito impactado pelo aumento da renda a partir do pós-guerra.

Enquanto Paris já era uma metrópole internacional, a São Paulo do início do século XX, apesar de já contar com quase 350 anos de fundação, era ainda uma cidade modesta, oito vezes menos que a então capital, o Rio de Janeiro. A vida já não era tão bucólica quanto poucas décadas antes, quando os efeitos da migração intensa de italianos e outros europeus ainda não se fazia sentir de forma tão profunda, mas o ritmo da cidade em nada se parecia com o que viria a se transformar depois.

A primeira vez que a palavra "congestionamento" aparece no acervo do jornal O Estado de São Paulo é na edição de sete de janeiro de 1901. Em extenso artigo intitulado "As grandes invenções do século", V. da Silva Freire discorre sobre as muitas inovações surgidas e postas em prática ao longo do século XIX, e alerta para o "congestionamento das cidades", tratando aqui do aumento acelerado da população urbana e dos desafios que ele trazia. (O Estado de São Paulo, 2013)

Ainda de acordo com o jornal, em 1918, o problema na Avenida da Aclimação era o congestionamento eventual de animais de montaria (ou "tropas"), que dificultavam a passagem das pessoas. Em 1927 o jornal trata, pela primeira vez, de "congestionamento de trânsito", mas no Rio de Janeiro, onde os então cerca de 12.000 veículos automotores acomodavam-se com dificuldade nas ruas estreitas do centro, em alguns horários.

Mas, em meados da década de 1920, já é possível observar, nas principais avenidas da cidade de São Paulo, concentrações do "Ford Bigode", como ficou conhecido o modelo T da Ford no Brasil. Em 1936, é inaugurado o Aeroporto de Congonhas, na época a quilômetros de distância do perímetro urbano. E a cidade vai se transformando muito rapidamente em uma metrópole.

Dilema da mobilidade: transporte coletivo ou transporte individual?

A mobilidade urbana é um desafio de muitas facetas, há séculos. Na Roma antiga, o tráfego de carruagens era a tal ponto intenso que César "declarou que, em um certo período durante o dia, carroças e carruagens não podiam circular, 'exceto para o transporte de materiais de construção dos templos dos deuses ou outras importantes obras públicas ou para retirar materiais de demolição'" (VANDERBILT, 2009). Com esse procedimento, no entanto, sequestrou o sono de boa parte de seus concidadãos, que não conseguiam dormir devido ao ruído provocado pelo tráfego noturno. O poeta Juvenal escreveu que, naquele século II, havia tanto barulho à noite em Roma que "nem um peixe conseguiria dormir" (VANDERBILT, 2009).

Não era só por lá que a convivência com as alternativas de transporte urbano era ruim: havia no Liber Albus, livro de regras vigentes em Londres no século XV, uma especificamente dedicada a proibir um condutor de "dirigir sua carroça mais rapidamente quando ela estiver descarregada do que quando carregada", sob pena de multa ou, em casos mais graves, prisão (VANDERBILT, 2009). Na mesma Londres, por volta de 1720, acidentes de trânsito provocados por carruagens e carroças "conduzidas furiosamente" representavam a principal causa de morte na cidade. Ainda segundo VANDERBILT (2009), na cidade de Nova York, em 1867, uma média de quatro pessoas por semana morriam por incidentes com cavalos.

As bicicletas não representavam um problema menor. Depois de um ou dois falsos inícios, a 'explosão das bicicletas' no fim do século XIX causou um furor social. As bicicletas eram rápidas demais. Elas ameaçavam os ciclistas de males específicos, como kyphosis bicyclistarum, ou 'cifose do ciclista', uma lesão na coluna cervical provocada pela inadequada regulação da bicicleta (em relação às características físicas de seu utilizador), pela técnica inadequada do ciclista (no posicionamento sobre a bicicleta e na forma de dar a pedalada) e/ou pela excessiva intensidade de utilização. Elas assustavam ainda os cavalos e provocavam acidentes. Ciclistas e não ciclistas brigavam aos murros nas ruas. As cidades tentaram banir as

bicicletas. Elas foram banidas das ruas por não serem carruagens e foram afastadas das calçadas por não serem pedestres (VANDERBILT, 2009, pág. 8). O dilema, embora muito tempo tenha se passado, segue a procura de uma solução definitiva, embora haja bons projetos pontualmente indicando que, sim, há formas de contornar o problema.

Os meios de transporte multiplicaram-se, e o fato é que, com tantas alternativas que parecem mais eficientes e confortáveis, abandonou-se, progressivamente, o meio mais antigo de locomoção: caminhar.

Caminhar é o elemento mais importante do sistema de transporte de qualquer área urbana em praticamente qualquer lugar do mundo. É um modo de transporte elementar, tornando ainda possível a utilização de todos os demais modos, que requerem acesso a pé, como ônibus, trem, metrô e automóveis.

É como descreve o estudo "Premissas para um plano de mobilidade urbana", lançado em 2012 pela ANTP (Associação Nacional de Transporte Público) e pela SPTrans. Importante, sem dúvida, mas em queda, como descreve VANDERBILT (2009): no final da década de 1960 mais da metade das crianças norte-americanas ia para a escola a pé ou de bicicleta; esse percentual, hoje, é de apenas 16%. Entre o final da década de 1970 e meados dos anos 1990, o número de trajetos percorridos a pé pelas pessoas, nos Estados Unidos, reduziu-se em quase 50%.

Este não é um fenômeno isoladamente norte-americano, não obstante pareça mais grave por lá, uma vez que em São Paulo as caminhadas seguem sendo responsáveis por cerca de 30% dos percursos cotidianos para o trabalho ou a escola. Em busca de mais rapidez e comodidade, no entanto, os cidadãos em todo o mundo buscam opções mais práticas e mais convenientes.

Mas, apesar dos esforços e grandes investimentos no transporte coletivo, o transporte individual parece ser uma escolha preferencial do cidadão, quase invariavelmente, e não é de hoje, como se viu anteriormente.

Mas por que o transporte coletivo não é a primeira alternativa para todos? Um estudo elaborado pelo Centro de Dados de Transporte do Ministério do Transporte da Austrália (CORPUZ, 2007) dá pistas interessantes sobre isso. Os dados indicam que o uso de transporte coletivo é mais viável nas seguintes situações:

a) quando a capacidade ou arranjos de estacionamento são problemáticos para o uso do carro;
b) se o veículo não estiver disponível ou acessível;
c) quando é mais barato.

Outros aspectos, como tempo de viagem, conveniência e acessibilidade são importantes, mas parecem ser menos significativos em comparação com os três primeiros fatores. Esse estudo repete resultados de outros realizados na Europa e Estados Unidos, também citados no trabalho.

Tempo de viagem e custo, tudo parece apontar, são fatores cruciais na escolha do meio de transporte. Ou seja, transporte coletivo só é uma alternativa ao individual se este último for, de alguma forma, inviável, diz a maioria das pessoas.

GLAESER (2011) lembra que uma das dificuldades com o transporte coletivo é que, quase sempre, o tempo de percurso é maior: "O problema (...) é o tempo envolvido para chegar até a parada de ônibus ou estação de metrô, esperar o próximo veículo e ir até o destino final a partir do ponto de descida. Este tempo alcança, em média, independentemente da distância da viagem, 20 minutos para ônibus e metrô. Mesmo antes de o ônibus chegar a percorrer a distância até a próxima parada, os usuários já utilizaram o mesmo tempo que muitos dos que se deslocaram de carro gastam para fazer a viagem toda. " (GLAESER, 2011, pág. 166)

Ele trata de números médios nos Estados Unidos, mas esta realidade não é muito diversa em grandes cidades como São Paulo.

Isso fica agravado quando se considera, como lembra ainda GLAESER (2011), que São Paulo tem opções ainda incipientes em alternativas para o transporte individual motorizado, como uma rede de metrô com cobertura aquém do necessário, do mesmo modo que a maioria das metrópoles dos países em desenvolvimento.

A rede de Paris é três vezes mais extensa, o que significa que oferece uma cobertura muito mais completa da cidade. O tráfego total diário de passageiros não é muito diferente entre as duas, embora cerca de 20% maior em Paris. Mas a densidade média de passageiros, ou seja, quantos

passageiros passam por cada estação, ou por cada quilômetro de linha do metrô, é muito maior na capital paulista do que na francesa. Ou seja, além de cobertura menor – o que significa menor conveniência e mais tempo nas caminhadas até as estações ou até o destino final –, os paulistanos têm menos conforto no uso do metrô, pela grande densidade no uso das linhas e estações (chegando a mais de quatro vezes superior, na comparação com Paris). Como consequência, o metrô de Paris consegue ser uma alternativa cotidiana para o equivalente a quase 36% dos habitantes de sua região metropolitana; em São Paulo, esse número é aproximadamente a metade.

As consequências desta escassez de boas alternativas são graves para uma cidade assim, em que ocorre, de forma aguda, o que destaca o mesmo GLAESER (2011, pág. 127): "Enquanto o século XIX viu várias inovações nos transportes, a cidade do século XX foi dominada por uma única: o motor a combustão interna". Em função dessa baixa conveniência trazida pelo transporte coletivo em São Paulo, e do aumento gradual no poder aquisitivo das pessoas, o transporte individual motorizado cresce com rapidez. Mas também em função do custo.

Um estudo da ANTP realizado em 2008 (ANTP, 2013) mostrava que, na capital paulista, o custo total com ônibus em uma viagem urbana de sete quilômetros é de R$ 2,30, com moto é de R$ 1,43 e, com automóvel, de R$ 6,26 (gasolina) e R$ 5,39 (álcool). Isso acontece, entre outras razões, em função do preço dos combustíveis. Em fins de maio de 2013, um litro de gasolina em São Paulo custava cerca de € 0,93, comparado com € 1,660 na França. Esta diferença de cerca de 40% ajuda a explicar uma face dessa realidade paulistana.

Até porque o preço do combustível não afeta apenas as decisões cotidianas sobre que meio de transporte utilizar naquele dia. GLAESER (2011, pág. 176) explica que, em um estudo realizado por ele e Matthew Kahn em mais de 70 cidades no mundo, "quando os países passam de baixos impostos sobre a gasolina para altos impostos sobre a gasolina, a densidade dos empreendimentos aumenta em mais de 40%. A propriedade de veículos, evidentemente, também cai".

O custo, portanto, determina muito de como a mobilidade se dará, como demonstrado retrospectivamente. O mesmo GLAESER (2011) observa que, ao longo da história, nas áreas do mundo densamente povoadas (...) "os cavalos foram uma alternativa de transporte da elite.

A manutenção de um animal tão grande para o transporte pessoal estava muito além do alcance da maioria dos agricultores comuns ou dos moradores da cidade. ” (GLAESER, 2011, pág. 166)

O acesso aos carros, no entanto, é cada vez mais fácil hoje, mundialmente. Os dados sobre a produção mundial de automóveis e utilitários leves, mostrados no a seguir, dão a dimensão desse crescimento que, segundo a Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA), acontece especialmente nas nações em desenvolvimento.

CERVERO (1998) destaca que o sistema coletivo de transporte vem perdendo público para o carro, por diversas razões, entre as quais o fato de que o uso do automóvel está, na maior parte das cidades, “maciçamente subprecificado”.

Para o grupo mais abastado, claro, nunca faltam alternativas: São Paulo conta, hoje, com a terceira maior frota de helicópteros do mundo, e mais de 300 helipontos espalham-se pela cidade (VANDERBILT, 2009), embora, evidentemente, esta não seja exatamente uma alternativa de alcance popular para quem quer deslocar-se pela cidade. Mas o carro, que no início do século era uma opção apenas para a elite, transformou-se numa possibilidade para grande parte da população, mesmo em países em desenvolvimento.

As restrições forçadas de circulação também colaboram para essa seleção de modos de locomover-se. São Paulo adotou em 1997 o rodízio de placas de carros, que retira 20% da frota de automóveis das áreas centrais nos dias úteis, de forma alternada, nos horários de pico, com efeitos relevantes na poluição, mas decrescentes em relação à fluidez do tráfego, como constata o estudo da ANTP (2013). Cingapura (1975), Londres (2004) e Estocolmo (2006) são exemplos de cidades que adotaram o pedágio urbano como solução e são citadas num estudo do IPEA (IPEA, 2011) que trata desse tema e indica que uma eventual implantação gradual do sistema para São Paulo seria vantajosa. Mas o próprio estudo ressalta que essa adoção precisa ser concomitante com a ampliação da oferta de transporte coletivo de maior qualidade.

A soma de combustível a preço baixo com uma indústria de automóveis e motocicletas desenvolvendo-se intensamente no mundo, e o acesso a esses meios individuais de transporte motorizado espalhando-se com rapidez – pelo aumento de opções de baixo custo e ampliação

das alternativas de financiamento – parece atentar permanentemente contra o transporte coletivo em metrópoles situadas em países em desenvolvimento, como é o caso de São Paulo.

Mas e a bicicleta, não seria uma alternativa de transporte individual barata, além do baixo impacto urbano? Sem dúvida, embora os dados históricos já comentados informem que é preciso cuidado para que elas possam transformar-se numa alternativa de fato viável para um grupo relevante de pessoas, sem trazer colateralidades indesejáveis em sua convivência com os veículos motorizados e os pedestres. Em grandes cidades, parece sensato reservar para elas seu espaço próprio (ciclovias fisicamente segregadas, preferencialmente, ou eventualmente ciclofaixas demarcadas) nas vias onde os veículos motorizados trafegam a velocidades mais altas, como indica o estudo da ANTP (2013).

Paris foi além de fixar caminhos: seu Vélib, um sistema de bikesharing que cobre boa parte da cidade, teve grande êxito. O estudo da ANTP (2013) explica o modelo:

> "O conceito central desse sistema é fornecer acesso gratuito ou a preços acessíveis para bicicletas para trajetos de curta distância, em áreas urbanas, como uma alternativa ao transporte motorizado, reduzindo, assim, os congestionamentos, ruído e poluição do ar. Em maio de 2011, havia 136 programas em 165 cidades com bikesharing ao redor do mundo, envolvendo uma frota estimada de cerca de 240 mil bicicletas. Lançado em 2008, o programa público de bicicletas de Hangzhou, na China, é o maior sistema de compartilhamento de bicicletas do mundo, com aproximadamente 61 mil bicicletas e mais de 2.400 estações, e é seguido pelo "Vélib", em Paris, que abrange cerca de 20.000 bicicletas e 1.450 estações de bicicleta. Os países com o maior número de sistemas são a França (29), Espanha (25), China (19), Itália (19) e Alemanha (5). Recentemente a cidade de São Paulo aderiu à modalidade de compartilhamento de bicicletas, embora ainda de forma modesta. (ANTP, 2013)

O Vélib aparece como mais uma alternativa de transporte na cidade de Paris, integrado com metrô, ônibus, automóveis, motocicletas e tantos outros. Envolve não apenas as preocupações

com a mobilidade, mas também as perspectivas de benefícios ambientais, tratando a bicicleta como uma alternativa importante nesse processo, conectando-a de fato com os outros modais de transporte, desafogando seu uso e oferecendo uma alternativa a mais para os usuários. São Paulo também passou oferecer, em anos recentes, um sistema de acesso gratuito a bicicletas que vem tendo sucesso, embora sem a dimensão do de Paris: são cerca de 200 pontos, e pouco mais de 2.000 bicicletas.

CERVERO (1998) afirma que "rápida urbanização sempre fere" o transporte coletivo. É tarefa de alta complexidade fazer com que o sistema de transporte acompanhe adequadamente as muitas mudanças de necessidade que ocorrem ao longo desse processo. São Paulo é uma vitrine particularmente rica desse fenômeno. O crescimento extraordinário no espaço de poucas décadas, ao longo do século XX, fez com que a cidade mudasse radicalmente de perfil e, com isso, suas necessidades de ajustamento das alternativas de mobilidade urbana. A demora em adotar – e depois a lentidão em ampliar – o transporte sobre trilhos, o mais indicado para transportar volumes maciços de pessoas, como também lembra CERVERO (1998), impuseram à cidade um cenário de múltiplos gargalos, dificuldades de integração e baixa qualidade no serviço de transporte coletivo. Com esforço de planejamento, aplicação de tecnologia no monitoramento e gestão do fluxo, investimento em modernização dos equipamentos e algumas medidas de restrição ao uso do automóvel, como demonstra o estudo da ANTP (2013), esse cenário está mudando, embora haja ainda muito que fazer.

JACKSON e CAMERON (1983) descreveram em seu trabalho que as soluções inovadoras de transporte pelo mundo apontaram o "estilo europeu" de sistemas integrados como a única alternativa viável, não apenas para as metrópoles, mas também para as cidades médias: aplicação correta dos modais e integração inteligente entre eles.

A situação de Paris é um bom exemplo disso, como se viu, embora o complexo sistema da cidade também esteja em constante evolução. A partir da experiência pioneira de Pascal, muitas ações de impacto foram tomadas ao longo do tempo. Seu mais que centenário *Métropolitain* é uma referência em cobertura, bem como em estética, pelo cuidado na arquitetura das estações, como lembra HUSSEY (2011) – embora os grandes subsídios também pesem no modelo, como descreve o relatório da EMTA (2012). O singular processo de evolução populacional de Paris

foi, ao mesmo tempo, causa e consequência de seu complexo sistema de transporte, como destaca GLAESER (2011).

A questão da mobilidade, portanto, vai muito além do ir e vir diário. CERVERO (1998) e GLAESER (2011) destacam a relevância dos sistemas de mobilidade urbana para o desenvolvimento mais saudável das cidades, sua ocupação mais racional e adequada para os cidadãos. O contraste entre uma cidade que quase não cresceu em seu núcleo central no século XX (Paris) e uma que se multiplicou dezenas de vezes em apenas 100 anos (São Paulo) teve o objetivo de mostrar como exemplos tão extremos podem ilustrar alguns dos múltiplos desafios da mobilidade urbana.

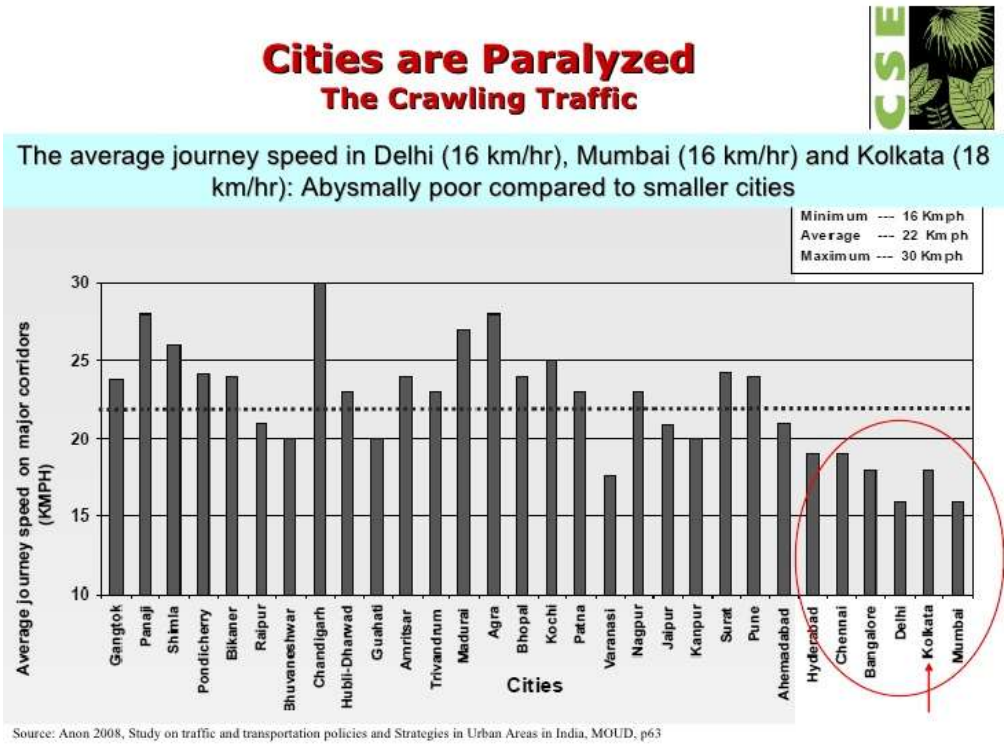
Afinal, um desejo permanente em toda metrópole é o de que se construa um sistema capaz oferecer alternativas de qualidade, eficientes e com custos compatíveis para servir às necessidades de mobilidade da maioria de sua população. Não apenas para a "comodidade dos burgueses", como ditava Luís XIV.

Qual será o nível de consumo per capita de automóveis a partir do qual não há mais elasticidade ao aumento de renda para os países membros do BRIC e demais emergentes? Qual é o volume de pessoas nos mercados emergentes que, ascendendo economicamente, adotará novos hábitos de consumo incluindo um volume maior de automóveis, e que impacto, do ponto de vista da sustentabilidade, virá deste movimento?

O estudo alerta também para o fato de que, na maior parte dos países desenvolvidos, a incorporação dos automóveis já se deu para níveis estáveis ou levemente ascendentes, enquanto que nem todos os países em desenvolvimento essa transformação está se dando rapidamente, e muitas vezes com externalidades concretas.

Nações emergentes, como a Índia e a China, já começam a sentir os efeitos desse fenômeno. Na Índia, muitas cidades já têm velocidades médias de tráfego muito baixas, como mostra a figura a seguir.

Figura 3: Velocidade Média em Cidades Indianas.



Fonte: Roychowdhury (2009)

E os efeitos não apenas de lentidão. Os níveis de poluição em Beijing, na China, são cada vez mais elevados. Uma soma de fatores que inclui a matriz energética baseada em carvão, uma massa de veículos automotores crescente, leis historicamente complacentes com emissões de poluição tanto de indústrias quanto de veículos, e características de dispersão particulares da região tornam o cenário bastante agudo.

No inverno de 2014, os painéis de LED que usualmente transmitem informações para os locais e os turistas passaram a mostrar também o nascer do sol. As figuras seguintes mostram o painel com a imagem do nascer do sol e, no seguinte, de um alerta aos passantes: “proteger o ambiente atmosférico é responsabilidade de todos”.

Figura 4: Painel de LED em Beijing mostra o nascer do sol

Fonte: Daily Mail (2014)

Figura 5: Painel em Beijing com mensagem educativa sobre o meio ambiente.

Fonte: Daily Mail (2014)

- O Mercado de Automóveis

O mercado de automóveis, entre os produtos de consumo, é um daqueles com comportamento dos mais dinâmicos no mundo desde o início do século XX. Entre seus agentes, há desde empresas com marcas mundiais, que estendem o alcance de suas operações aos mais diferentes países (quase invariavelmente com algumas adaptações, de acordo com a cultura de consumo local), àquelas regionais, que capturam fatias de mercado em grupos reduzidos de países com uma determinada identidade, até as locais, capazes de competir pontualmente com as gigantes multinacionais se utilizando de criatividade, customização, e distribuição localizada. O setor investe pesadamente em tecnologia, tem volume de vendas crescente há muitos anos, e enfrenta desafios novos na medida em que a sociedade vai mudando seus conceitos. Mas entender melhor os impactos potenciais da evolução do consumo de automóveis até o ano de 2040 pode trazer importantes elementos para antever suas consequências econômicas e para a sustentabilidade.

Tabela 2: Evolução da Frota de Veículos Leves em Países Selecionados (em milhares)

Country	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2012	2013	Average annual percentage change 1990-2013
Argentina	474	1,482	3,112	4,284	5,060	5,340	7,605	8,683	9,462	3.5%
Brazil	*	*	*	12,127	15,393	18,370	25,541	29,566	31,339	4.2%
Canada[b]	4,104	6,602	10,256	12,622	16,832	18,124	20,121	20,652	21,262	2.3%
China	*	*	351	1,897	3,750	8,900	34,430	52,165	55,930	15.8%
France	4,950	11,860	18,440	23,550	28,060	30,100	31,300	31,600	31,650	1.3%
Germany[c]	4,856	14,376	23,236	35,512	43,772	46,090	42,302	43,431	43,851	0.9%
India	*	*	*	2,300	5,150	7,654	13,300	19,130	21,551	10.2%
Indonesia	*	*	*	1,200	*	3,850	8,891	10,432	11,485	10.3%
Japan	457	8,779	23,660	34,924	52,437	57,091	58,347	58,421	60,035	2.4%
Malaysia	*	*	*	1,811	4,213	6,402	9,115	9,833	11,154	8.2%
Pakistan	*	*	*	738	375	411	1,726	1,997	2,159	4.8%
Russia	*	*	*	*	20,353	25,285	34,350	38,482	39,320	5.2%[d]
South Korea	*	*	*	2,075	8,084	11,122	13,632	14,577	15,078	9.0%
United Kingdom	5,650	11,802	15,438	22,528	27,185	30,652	31,258	31,482	31,918	1.5%
United States	61,671	89,244	121,601	143,550	127,721	132,909	129,053	120,902	120,214	-0.8%
U.S. percentage of world	62.7%	46.1%	38.0%	32.3%	23.3%	21.5%	17.8%	15.6%	15.1%	
World total	98,305	193,479	320,390	444,900	548,558	617,914	723,567	774,145	796,260	2.6%

Fonte: Davis et al, 2015

A tabela acima mostra a evolução recente das frotas de veículos leves em alguns países. É notável a velocidade média de crescimento das frotas nos países emergentes entre 1990 e 2013, particularmente China (15,8%), Índia (10,2%) e Indonésia (10,3%). O número fica ainda mais expressivo quando comparado aos mercados mais maduros e de renda alta, como o Japão (2,4%), a Alemanha (apenas 0,9%) ou os Estados Unidos (uma curiosa queda de 0,8%).

Um dado muito relevante também faz perceber o quanto a cultura automotiva se disseminou pelo mundo nos últimos 50 anos: em 1960, os EUA respondiam por mais de 62% da frota mundial; 30 anos depois era cerca de metade disso e, em 2013, aproximadamente um quarto daquele total. É notável a explosão dos tamanhos das frotas de veículos nesses países emergentes acima, quanto tomadas em números absolutos. Embora ainda distante dos impressionantes 120 milhões de unidades que se vê nos EUA, a frota da China, com a taxa de crescimento atual, estava em 2013 próxima de ultrapassar a japonesa, segunda maior do mundo.

E que espaço há para o crescimento expressivo que se observa nos maiores países emergentes nas últimas décadas se manter pelas próximas seguintes? Os EUA têm a elevada taxa de mais de 800 veículos por mil habitantes (neste caso, não considerando apenas os veículos leves, mas motocicletas e veículos pesados também), se aproximando de um veículo por pessoa. A tabela abaixo ajuda a perceber o potencial que os países emergentes, em especial, têm ainda por cumprir.

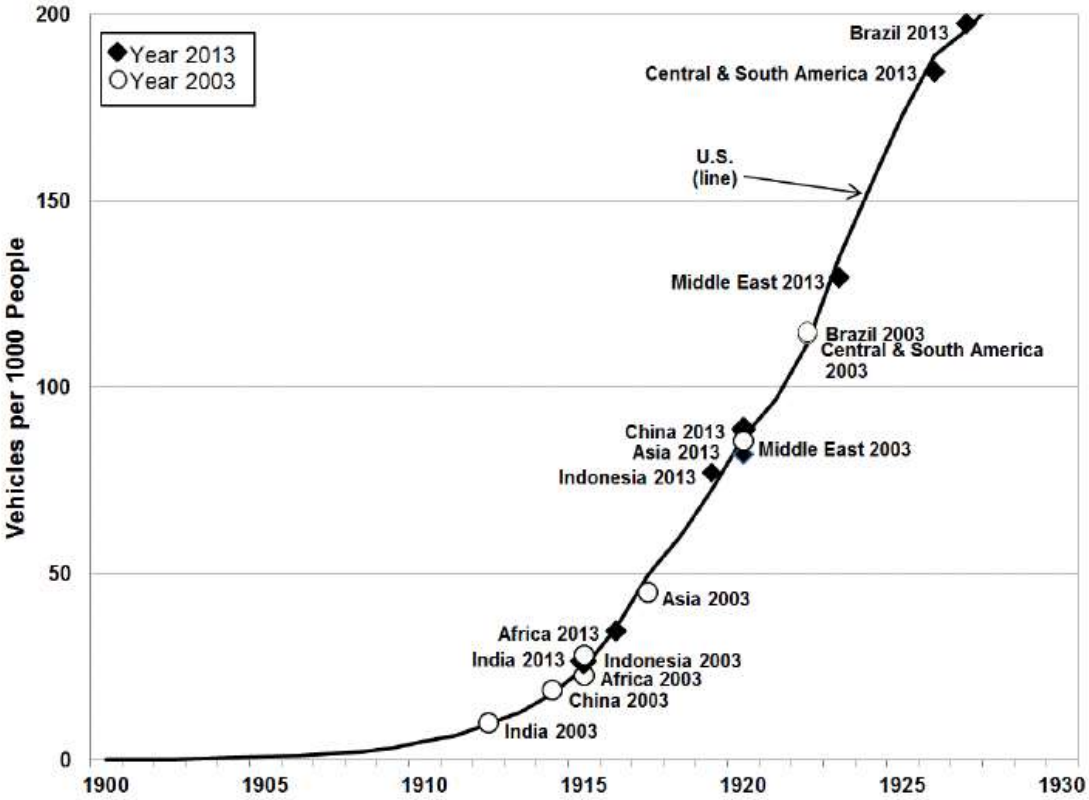
Tabela 3: Número de veículos (total: leves+pesados+motocicletas) por mil habitantes

	Vehicles per 1,000 people	
Country/Region	2003	2013
Africa	22.6	34.6
Asia, Far East	45.0	81.9
Asia, Middle East	85.5	129.5
Brazil	114.8	197.5
Canada	580.0	646.1
Central & South America	114.2	184.6
China	18.7	88.6
Europe, East	224.5	332.4
Europe, West	565.7	589.6
India	10.1	26.6
Indonesia	28.1	77.2
Pacific	515.3	576.2
United States	816.1	808.6

Fonte: Davis et al, 2015

Colocando as curvas alinhadas, o desequilíbrio (e, ao mesmo tempo, o potencial dos mercados emergentes) fica mais nítido, como no gráfico abaixo:

Gráfico 8: Curva Comparada da Evolução do Índice de Motorização entre os EUA (1900 a 1930) e a Realidade Recente (2003/2013) de Países Emergentes Selecionados



Fonte: Davis et al, 2015

Países com grandes populações, como a Índia, a China e a Indonésia têm ainda índices de motorização muito baixos, sem considerar a África inteira, mais de 1,1 bilhão de habitantes. Ou seja, um continente (África) e dois países (China e Índia), somam cerca de metade da população do mundo, com taxas de motorização que são menos de menos de 5% a cerca de 10% da americana, ainda que consideremos que de 2013, data dos dados mais recentes da tabela acima, para 2016, muito crescimento nas vendas de automóveis já aconteceu nessas regiões, o que altera para maior aquele índice. Interessante também notar que o Brasil tem motorização ligeiramente mais alta que a região (médias da Américas Central e do Sul).

As taxas de motorização dessas regiões e economias emergentes em 2013 representam o que era a realidade americana muitos anos atrás.

Assim, Índia de 2013 tem aproximadamente a mesma relação de carros por mil habitantes que os EUA em 1913; a da África chega a 1916; a da Indonésia, a 1919; a da China, a 1920; a do Brasil, a 1934. Mesmo a da Europa Ocidental remete aos números americanos do início da década de 70, mas, nesse caso, as características de mobilidade nas grandes cidades europeias pode ser um fator que interfere na disposição das pessoas em possuírem carro próprio, além dos modais de transporte coletivo e de cargas darem menos prioridade ao uso de ônibus e caminhões em favor de redes bem estabelecidas sobre trilhos, por exemplo.

Na tabela a seguir, vemos a evolução do índice de motorização total nos EUA ao longo da história. É interessante notar que ele cresce acentuadamente nos primeiros 25 anos do século, muito impulsionado pela inventividade de Henry Ford, de seus aperfeiçoamentos na linha de montagem e sua determinação em motorizar a América; cresce pouco ou se mantém estável do final dos anos 20 até o final da Segunda Grande Guerra, em função da Grande Depressão e do próprio envolvimento americano no esforço dos Aliados; tem um crescimento acentuado por quase 4 décadas, a partir de 1946 até o fim dos anos 80 (mesmo com duas crises do petróleo afetando, pelo menos, o tipo de automóvel que seria o preferido do americano médio, não obstante ainda persista muito vivo, particularmente nos estados com perfil mais rural, o hábito antigo: os três veículos mais vendidos em 2015 nos EUA foram *pick-ups* - Ford Série F, a Chevrolet Silverado e a Dodge RAM). A partir dos anos 80, passa a crescer com menos ímpeto, alternando períodos de alta e algumas poucas quedas, com pico em 2007, na véspera da última crise financeira global; e se segue uma acomodação desde então, embora a resultante dos últimos 25 anos seja positiva.

Tabela 4: Índice de motorização dos Estados Unidos – Nº de Veículos (leves+pesados+ motocicletas) por mil habitantes

Year	U.S. vehicles per 1,000 people	Year	U.S. vehicles per 1,000 people	Year	U.S. vehicles per 1,000 people	Year	U.S. vehicles per 1,000 people	Year	U.S. vehicles per 1,000 people
1900	0.1	1923	134.9	1946	243.1	1969	533.4	1992	758.0
1901	0.2	1924	154.4	1947	262.6	1970	545.4	1993	761.9
1902	0.3	1925	173.3	1948	280.2	1971	562.5	1994	766.9
1903	0.4	1926	189.1	1949	299.6	1972	585.6	1995	771.0
1904	0.7	1927	195.8	1950	323.7	1973	615.2	1996	781.2
1905	0.9	1928	204.9	1951	337.1	1974	632.3	1997	776.0
1906	1.3	1929	219.3	1952	340.6	1975	640.1	1998	781.2
1907	1.7	1930	217.3	1953	353.7	1976	659.5	1999	790.1
1908	2.2	1931	210.4	1954	361.4	1977	669.0	2000	800.3
1909	3.5	1932	195.4	1955	379.8	1978	690.2	2001	825.8
1910	5.1	1933	192.4	1956	387.6	1979	700.4	2002	815.7
1911	6.8	1934	199.9	1957	392.1	1980	710.7	2003	816.1
1912	9.9	1935	208.6	1958	392.2	1981	715.2	2004	829.9
1913	12.9	1936	222.6	1959	402.8	1982	714.0	2005	837.3
1914	17.8	1937	233.3	1960	410.4	1983	724.3	2006	840.7
1915	24.8	1938	229.7	1961	415.1	1984	728.2	2007	844.5
1916	35.5	1939	236.9	1962	426.1	1985	744.5	2008	841.6
1917	49.6	1940	245.6	1963	438.8	1986	753.3	2009	828.7
1918	59.7	1941	261.6	1964	451.6	1987	758.6	2010	808.4
1919	72.5	1942	244.7	1965	466.9	1988	772.9	2011	812.7
1920	86.8	1943	225.9	1966	489.3	1989	777.0	2012	808.0
1921	96.7	1944	220.2	1967	500.7	1990	773.4	2013	808.6
1922	111.5	1945	221.8	1968	516.5	1991	760.2		

Fonte: Davis et al (2015)

Um dos fatores que alteraram o mercado americano nos últimos anos vem do fato de que a frota de veículos leves está envelhecendo consistentemente nos últimos 20 anos. Há muitas tentativas de explicações para isso (Davies et al, 2015; Schoettle e Sivak, 2011), que vão desde o aumento inegável na qualidade dos carros e pick-ups, mais aptos a atingirem longas quilometragens e anos a fio de convívio sem perderem a confiabilidade; a de que o grau de atratividade dos carros, como símbolo máximo de status (e que portanto, levaria a uma renovação mais frequente), já não é mais tão representativo quanto no passado, embora ainda esteja muito presente na cultura americana; das mudanças trazidas pela tecnologia digital, que tornam os deslocamentos opcionais em muitos casos; ou de que as próprias exigências do trabalho - e isso é possivelmente mais agudo no caso específico das pick-ups - são menos agudas hoje, em função das quase onipresentes boas estradas.

De todo modo, a tabela a seguir mostra o quanto esse envelhecimento se alterou de 1995 a 2014. Embora os dados dos primeiros 7 anos (1995 a 2001) tenham sido calculados com critérios

diferentes daqueles do período seguinte (2002 a 2014), os números ainda indicam uma mudança significativa nas expectativas que se pode ter em relação ao futuro do mercado americano. Os estímulos ao consumo de automóveis são e serão menores que no passado.

Tabela 5: Evolução da idade média dos veículos em circulação nos EUA (só carros - incluindo *SUV's* e *crossovers* – só pick-ups, e a soma todos os veículos leves – carros+pick-ups)

	Passenger cars	Light trucks	All light vehicles
1995	8.4	8.3	8.4
1996	8.5	8.3	8.5
1997	8.7	8.5	8.6
1998	8.9	8.5	8.8
1999	9.1	8.5	8.8
2000	9.1	8.4	8.9
2001	9.3	8.4	8.9 [a]
2002	9.8	9.4	9.6
2003	9.9	9.0	9.7
2004	10.0	9.5	9.8
2005	10.1	9.5	9.8
2006	10.2	9.5	9.9
2007	10.3	9.6	10.0
2008	10.4	9.8	10.1
2009	10.5	10.1	10.3
2010	10.8	10.5	10.6
2011	11.1	10.8	10.9
2012	11.3	11.1	11.2
2013	11.4	11.3	11.4
2014	11.5	11.5	11.5

Fonte: Davis et al, 2015

Obs. No ano de 2002 houve uma mudança nos critérios de classificação pela IHS, entidade de compilou os dados, que tornaram a sequência não linearmente comparável.

Brandon Schoettle e Michael Sivak, do Instituto de Pesquisa em Transporte da Universidade de Michigan, em Ann Arbor, têm estudado regularmente essa mudança nos estímulos do lado do consumidor, principalmente, mas não apenas nos EUA. No artigo intitulado "Recent Changes in the Age Composition of Drivers in 15 Countries", de 2011, eles estudaram dados comparados, país a país, que obedeciam a intervalos de cerca de 10 anos, usualmente do fim dos anos 1990 e do fim da primeira década dos anos 2000. Constataram que no grupo de países

analisados (Canadá, Finlândia, Alemanha, Grã-Bretanha, Israel, Japão, Letônia, Países Baixos, Noruega, Polônia, Coréia do Sul, Espanha, Suécia, Suíça e EUA), naquele intervalo de tempo de aproximadamente 10 anos, havia alterações relevantes de duas naturezas, ou dois *clusters*: no primeiro, observado em 7 países (Grã Bretanha, Noruega, Suécia, Canadá, Japão, Coréia do Sul e Alemanha – embora essa última com muito pouca diferença no lado dos mais jovens), houve, exatamente como eles haviam constatado em relação aos EUA, uma diminuição na percentagem de jovens com carteira de motorista, e um aumento no percentual dos idosos com uma carteira de motorista (que reforçaria a tese de que há menos jovens com interesse em ter licença para dirigir, e que há idosos com saúde e poder aquisitivo para fazê-lo); no outro padrão (observado para os outros 8 países, Finlândia, Polônia, Lituânia, Espanha, Suíça, Holanda, Israel e Espanha), houve um aumento da percentagem de pessoas com carteira de motorista em todas as categorias de idade.

Também importante, foi realizada uma análise de regressão nos dados para os jovens condutores nos 15 países para explorar a correlação entre licenciamento e um conjunto de parâmetros sociais, e desponta a conclusão de que uma maior proporção de usuários de internet foi positivamente associada com uma taxa de licenciamento inferior. Este resultado foi considerado pelos autores como "consistente com a hipótese de que o acesso ao contato virtual reduz a necessidade de contato real entre os jovens" e, por conseguinte, de mobilidade.

Analisando mais detalhadamente o fenômeno nos Estado Unidos, no artigo de 2013 com o título de "The Reasons for the Recent Decline in Young Driver Licensing in the U.S.", Schoettle e Sivak pesquisaram jovens adultos (618 pessoas com idades entre 18 e 39 anos) sem carteira de motorista sobre o fato de não a terem e sobre seus futuros planos para terem uma.

As 8 razões mais importantes (primárias ou secundárias) para não ter uma carteira de motorista foram os seguintes:

i. Está muito ocupado ou sem o tempo suficiente para obter uma carteira de motorista (37%)
ii. Acha que possuir e manter um veículo é muito caro (32%),
iii. É capaz de obter transporte através de outras pessoas (31%)
iv. Prefere usar bicicleta ou ir a pé (22%)

v. Prefere usar transporte público (17%)
vi. É preocupado com o quanto dirigir impacta no ambiente (9%),
vii. É capaz de se comunicar e/ou realizar negócios on-line em vez de pessoalmente (8%),
viii. Tem problemas de deficiência/médicos /visão (7%).

Dos entrevistados, 22% indicaram que eles pretendem nunca ter uma carteira de motorista. Por outro lado, 69% esperam obter uma carteira de motorista dentro dos próximos cinco anos.

Houve também uma correlação curiosa: os jovens adultos sem uma carteira de motorista, se comparados com o geral da população da mesma idade, tendem a ter menos educação e maiores taxas de desemprego.

No entanto, os autores ressalvam que "o presente estudo não foi desenhado para investigar se há uma relação causal, ou a qual a direção do efeito" (se direto ou inverso), se houvesse uma tal relação.

As mudanças nos mercados trazem também outros tipos de reflexos. A produção de veículos, nos últimos anos, vem crescendo ao lado dos seus mercados consumidores. Os BRIC lideram esse processo, com enorme protagonismo da China, que desde o início desse século XXI saltou de uma posição marginal para o posto de maior fabricante do mundo, com folga.

Sem a mesma dimensão do fenômeno chinês, Brasil, Índia e Rússia também cresceram substancialmente as suas produções, com uma importante diferença: dos 4 países que formam os BRIC, o único cuja indústria automotiva não conta com representantes de origem nacional é o Brasil; China e Índia têm indústrias de automóveis locais relevantes, algumas delas já exportadoras; a Rússia tem posição mais modesta no exterior, mas ainda assim tem na nacional Autovaz (ou Lada) a maior fabricante no país, com mais de 1 milhão de unidades por ano. O Brasil que chegou a ter alguns fabricantes nacionais, especialmente no período até 1990, quando o mercado fechado protegia mais as indústrias automotivas menores, mas após a abertura, e sem uma política que estimulasse as eventuais empresas brasileiras do setor, elas acabaram por desaparecer quase por completo. Há pouquíssimas empresas nacionais operando, focadas em nichos, como o de réplicas ou veículos especiais.

A tabela a seguir demonstra a dimensão dessa transferência de produção dos países desenvolvidos para os emergentes, com alguns dos primeiros, como é o caso da França, reduzindo de forma muito relevante o seu protagonismo como fabricante.

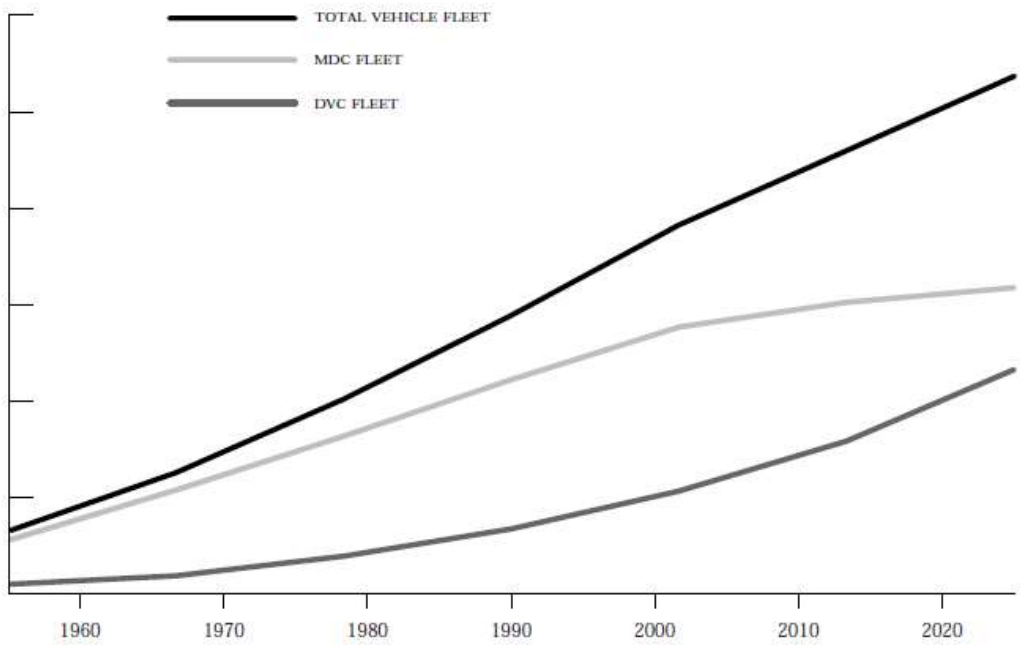
Tabela 6: Produção Total de Veículos Leves em Países Selecionados

Cars	2000	2013	Percent change 2000-2013
China	605	12,059	1,894%
Japan	8,363	8,189	-2%
Germany	5,132	5,440	6%
U.S.	5,542	4,369	-21%
Brazil	1,362	2,723	100%
India	605	2,370	292%
Russia	969	1,920	98%
Mexico	1,130	1,772	57%
Spain	2,366	1,755	-26%
UK	1,641	1,509	-8%
France	2,880	1,461	-49%
Czech Republic	428	1,127	163%
All Other Countries	10,205	11,815	16%
Total world	41,229	56,509	37%

Fonte: Davis et al, 2015

Também referendam essa estabilização ou baixo crescimento nos países desenvolvidos e a aceleração do crescimento das frotas nos países em desenvolvimento, como se pode ver no gráfico abaixo:

Gráfico 9: Evolução da Frota nos Países Desenvolvidos (MDC) e em Desenvolvimento (DVC)

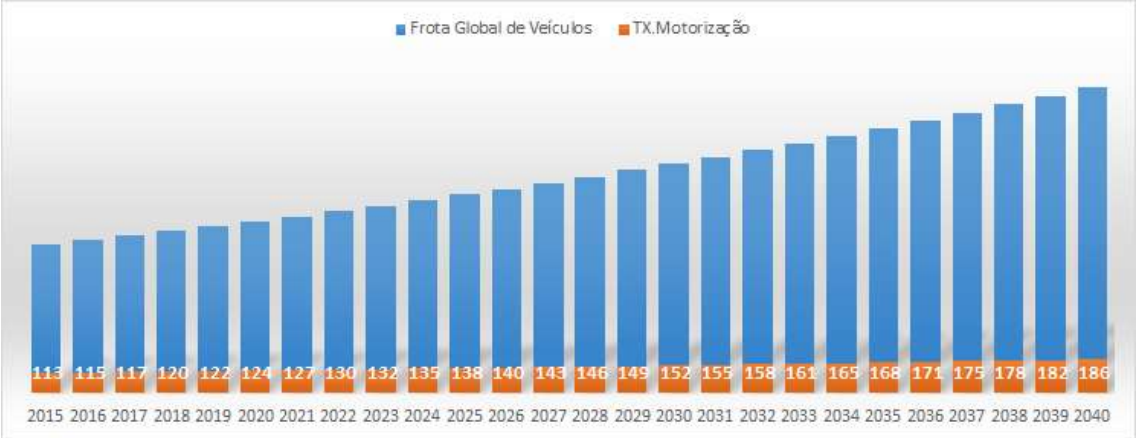


Fonte: Harrington e McConnell (2003)

Tudo isso considerado, o que se pode então esperar do mercado automotivo para 2040? Em primeiro lugar, tratando do tamanho da frota global, o relatório "The Outlook for Energy: A View for 2040" a Exxon oferece a sua visão para o futuro dos veículos leves: a frota vai dobrar de tamanho nos próximos 25 anos. Ou seja, teremos cerca de 1.700.000.000 de unidades, entre automóveis e pick-ups (Exxon, 2015).

Como a população global terá, pelas previsões do Departamento de Economia e Assuntos Sociais das Nações Unidas (U.N, 2015), pela sua variante média, que a população em 2040 será de 9.157.233.000, teremos um aumento de 65% no índice de motorização, aqui considerando apenas os veículos leves, e não o total de veículos (o crescimento será de ordem semelhante se considerado o total).

Gráfico 10: Evolução da Taxa de Motorização Global (LDV's)



Fonte: Elaboração do autor, com dados de Exxon (2015) e U.N (2015)

A taxa de motorização americana, considerando-se apenas os veículos leves (LDV's – Light Duty Vehicles) foi de 377 em 2013. Assim, a taxa global prevista para 2040 ainda será cerca da metade do que era a americana dois anos atrás. O número, sob esse ponto de vista, não apresenta comportamento inesperado.

Esse crescimento, como indicam as tendências descritas acima, se dará, com grande destaque, nos países emergentes, agudizando o cenário que já se apresentou nos últimos anos.

- Cenários e Modelos de Análise Prospectiva

Segundo Godet (1994), cenários são "configuração de imagens de futuro condicionadas e fundamentadas em jogos coerentes de hipóteses" sobre os prováveis comportamentos das variáveis determinantes do objeto de planejamento.

Já Porter (1989) define cenários como uma "visão internamente consistente da realidade futura, baseada em um conjunto de suposições plausíveis sobre as incertezas importantes que podem influenciar o objeto", um conceito análogo.

Senge (2013) alerta que, desde muito cedo, aprendemos que é importante separar e dividir os problemas de maneira a tornar mais fácil a execução de tarefas, e a compreensão e o tratamento

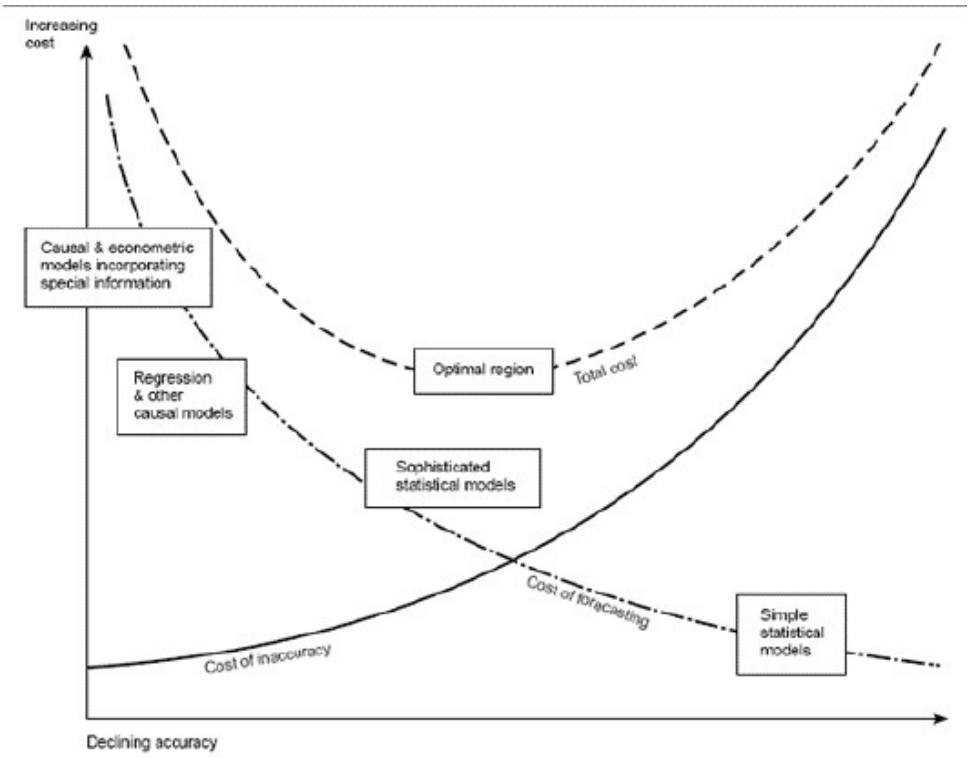
de assuntos complexos. Com isso, é comum que deixemos de perceber mais amplamente as consequências dos nossos atos, e também o senso de conexão de cada parte com o todo maior.

Enxergar o mundo como um sistema de forças entrelaçadas e correlacionadas é necessário especialmente quando queremos compreender as consequências futuras de ações que tomamos hoje. Ainda segundo Senge (2013) - ele próprio um especialista em Dinâmica de Sistemas, e um entusiasta do uso de seus princípios para a gestão – é preciso ver processos de mudança, ao invés de apenas ter instantâneos.

Há que compreender o todo, mas não a qualquer preço. Um dos grandes dilemas da análise prospectiva é o de como ampliar a precisão das projeções sem incorrer em custos insuportáveis. Ou, dito de outra forma, é necessário saber como selecionar o modelo de prospecção que combine a precisão adequada ao desafio, mas que tenha custos compatíveis com o orçamento disponível para esse exercício.

A figura abaixo mostra o ponto ótimo desse balanço ("*optimal region*"), que combina a relação adequada entre o custo da execução do processo de previsão ("*cost of forecasting*") com o necessário nível de rigor, representado pelo "custo da imprecisão" ("*cost of inaccuracy*").

Figura 6: Custo de Previsão Versus Custo da Exatidão em um Procedimento de Médio Prazo, Dada a disponibilidade de dados



Fonte: Chambers et al (1971).

Mas os níveis de precisão adequados das projeções ou cenários criados dependem, fundamentalmente, da utilização que se dará aos seus resultados. Chambers et al (1971) diz que há três perguntas fundamentais para serem respondidas para selecionar a melhor metodologia:

- Qual é o propósito da previsão – como e para que será usada? Isso determina a precisão e a potência necessárias das técnicas e, consequentemente, modula a seleção.
- Quais são as dinâmicas e os componentes do sistema para o qual será feita a previsão? Isto ajuda a ter claro quais são as relações entre as variáveis e o seu nível de interação.
- Quão importante é o passado em estimar o futuro? Alterações significativas – disrupturas diversas em fenômenos sociais, políticos ou econômicos, novas dinâmicas regionais, novas estratégias competitivas de setores, grupos empresariais ou países - diminuem a semelhança do passado com o futuro. No curto prazo, as

mudanças recentes são usualmente capazes de alterar os padrões vigentes, mas a longo prazo os seus efeitos são passíveis de alterar fortemente o cenário.

Cada metodologia tem seus pontos fortes e fracos, e se adapta melhor a problemas ou situações específicas.

Com base em informações de Chambers et al (1971), Senge (2013), Roper et al (2011) e Makridakis et al (1982), foi composta a tabela abaixo, com algumas informações relevantes sobre as características de algumas das metodologias mais adotadas.

Tabela 7: Quadro Comparativo de Técnicas de Previsão

	Nome da Técnica	Precisão para longo prazo (+2 anos	Identificação de Rupturas	Tempo Requerido	Custo Aproximado
Técnicas Qualitativas	Delphi	de razoável a muito boa	de razoável a boa	2 meses +	razoável
	Pesquisa de Mercado	de razoável a boa	de razoável a muito boa	3 meses +	razoável a alto
	Painel de Especialistas	de pobre a razoável	pobre	2 semanas+	razoável
	Projeção Visionária	pobre	pobre	1 semana+	muito baixo
	Analogia Histórica	razoável	pobre a razoável	1 mês+	baixo
Técnicas de Análise e Projeção de Séries Temporais	Nome da Técnica	Precisão para longo prazo (+2 anos	Identificação de Rupturas	Tempo Requerido	Custo Aproximado
	Média Móvel	muito pobre	pobre	1 dia	muito baixo
	Aproximação Exponencial	muito pobre	pobre	1 dia	muito baixo
	Box-Jenkins	muito pobre	razoável	1-2 dias	muito baixo
	X-11	muito pobre	boa	1 dia	muito baixo
	Projeções de Tendências	boa	pobre	1 dia	muito baixo a razoável
Técnicas Causais	Nome da Técnica	Precisão para longo prazo (+2 anos	Identificação de Rupturas	Tempo Requerido	Custo Aproximado
	Modelos de Regressão	pobre	muito bom	1-2 meses	baixo
	Modelos Econométricos	boa	excelente	2 meses+	razoável
	Intenção de Compra e Pesquisas de Antecipação	muito pobre	boa	2-3 meses+	razoável a alto
	Modelo Input-Output	boa a muito boa	razoável	6 meses+	alto
	Modelo Imput-Output Econômico	boa a excelente	boa a excelente	6 meses+	alto a muito alto
	Índice de Difusão	muito pobre	boa	1 mês+	baixo
	Indicador Líder	muito baixa	boa	1 mês+	baixo
	Análise do Ciclo de Vida	pobre a boa	pobra a boa	1-2 meses+	razoável a alto
Técnica Sistêmica	Nome da Técnica	Precisão para longo prazo (+2 anos	Identificação de Rupturas	Tempo Requerido	Custo Aproximado
	System Dynamics	muito bom a excelente	muito bom	6 meses+	muito alto

Fonte: Elaboração do autor, a partir de informações de Chambers et al (1971), Senge (2013), Roper et al (2011) e Makridakis et al (1982).

A análise resumida na tabela acima indica a razão pela escolha do uso de elementos combinados de diferentes técnicas: para alcançar os objetivos de precisão, utilidade, custo e prazo compatíveis, era necessário resgatar de cada uma das metodologias selecionadas (Dinâmica de Sistemas e Delphi) os elementos ou etapas que fossem mais relevantes para a construção do modelo de cenários dinâmicos.

- Cenários Dinâmicos

Segundo Figueiredo (2009), modelos causais não conseguem resolver dúvidas relevantes quanto à hierarquia de seus elementos (no que diz respeito ao seu impacto individual no resultado de longo prazo), nem quanto à relevância das suas variações na modificação dos cenários construídos. Ele indica que a única forma de dar respostas satisfatórias para essas questões é o desenvolvimento de um processo de modelagem formal. Ele diz ainda que "modelos formais são basicamente modelos baseados em conceitos matemáticos e computacionais (Pidd, 1998, p. 192). A abordagem formal abre as portas para o desenvolvimento de capacidades de simulação, e assim, pode representar um bom ponto de partida para a modelagem estratégica através da simulação de cenários. "

Ainda segundo Figueiredo (2009), "o uso prático e funcional das análises causais pressupõe o uso de modelagem computacional e simulação (Forrester, 1969; Roberts et al., 1983; Fahey e Randall, 1998; Sterman, 2000). Isso permitirá a avaliação dos efeitos das alterações nas variáveis externas e internas que afetam a situação de uma empresa. Torna-se possível a experimentação de alternativas e seu acompanhamento através da visualização do comportamento dessas variáveis. A partir dos modelos criados, podem-se definir vários cenários e testar seus impactos sobre o comportamento do sistema (Fahey e Randall, 1998, p. 157). "

Ele reconhece, no entanto, que "a necessidade de especialistas em modelagem quantitativa e a dificuldade no levantamento preciso de todas as relações quantitativas consomem muito tempo e dinheiro" (FIGUEIREDO, 2009).

A quase totalidade dos trabalhos sobre cenários dinâmicos se apoia, exclusivamente, na técnica de Dinâmica de Sistemas. É o caso de Zio e Di Maio (2009), de Dulac et al. (2007), do próprio Figueiredo (2009), de Petronilho (2013), de Ferreira (2014) e muitos outros. A metodologia é perfeitamente apropriada para o desafio de se construir cenários que não são estáticos, permitindo novas simulações a partir das alterações nos valores e pesos das suas variáveis, além de outros tipos de ajustes.

Mas o propósito desse trabalho é não apenas o de construir cenários dinâmicos, mas fazê-lo com uma complexidade e uma utilização de recursos (particularmente, tempo) que sejam substantivamente inferiores ao usualmente necessário através da Dinâmica de Sistemas. Para isso, a utilização de princípios metodológicos diferentes faz-se necessária. Roper et al. (2011), afiança as virtudes de um estudo utilizando múltiplas metodologias, que combina simulação, modelagem e cenários, incluindo o envolvimento das opiniões de experts. É o que se procurou fazer nesse trabalho.

Capítulo 4 - A Proposição de um Modelo de Cenários Dinâmicos

O impacto ambiental da mobilidade urbana tem múltiplas variáveis. Rodrigue, Comtois e Slack (2006) relacionaram uma série de elementos que vão desde o uso de energia em suas diversas etapas:

- na fabricação, manutenção e disposição do veículo
- na sua operação
- na construção e manutenção da infraestrutura de transporte
- na administração do negócio de transportes
- na produção e comercialização de energia

a diversas outras externalidades:

- mudança climática
- alterações na qualidade do ar
- ruído
- alteração na qualidade da água de rios, lagos e oceanos
- alteração na qualidade e no uso do solo
- alteração na biodiversidade

Esses impactos podem ser diretos, indiretos e, em ambos os casos, pontuais/agudos ou cumulativos.

Resultados muitos semelhantes se encontra em Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), Gjini e Sefa (2012), ou Harrington e McConnell (2004), com diferenças nas abordagens, até pela natureza das pesquisas e formação dos pesquisadores, mas mantendo a essência inalterada.

Tomar (2013), em seu estudo por satélite sobre o impacto ambiental dos automóveis na cidade de Varanasi, no norte da Índia, (uma das mais antigas do mundo, uma relíquia, mas que hoje

conta com 3 milhões de habitantes e trânsito crescente) selecionou as variáveis de ruído e ocupação do solo.

Para efeito do modelo, e como o foco se dá nos impactos ambientais do uso da frota de veículos leves (LDV – *low-duty vehicles*) foram selecionados os três outputs mais relevantes para o caso, segundo a literatura:

- Emissão de poluentes (identificada como OUT1) – o uso de automóveis se traduz num volume relevante de poluentes, desde aqueles lançados no ar pela imperfeição da combustão do motor até aqueles frutos do desgaste das pastilhas de freio e dos pneus. A concentração, nesse trabalho, foi na emissão de dióxido de carbono (CO^2), por ser o componente mais utilizado nas legislações dos países avançados, inclusive pelo fato de os esforços para sua redução usualmente estarem conectados a veículos com menor consumo de combustível e, mantidas as outras variáveis, menor emissão de outros poluentes. Trabalhos como o de Wilson (2013) e Harrington e McConnell (2003) demonstram a sua relevância.

  .

- Espaço urbano ocupado (OUT2) – os veículos ocupam uma parcela significativa do espaço urbano. Deslocando-se ou estacionados, representam um relevante desafio no planejamento urbano das grandes cidades, especialmente. Diversas abordagens sobre esse desafio estão nos estudos de Marchetti (1994), Duranton e Turner (2011), Newman e Canworthy (2011), de Harrington e McConnell (2003).

- Ruído (OUT3) – para quem anda de carro majoritariamente com os vidros do carro fechados e música ligada, o tema do ruído do automóvel em uso não aparece como tão relevante. Mas basta abrir o vidro em uma rua movimentada para perceber o quanto de impacto esse elemento traz. Trabalhos como o de Brasil et al (2014) e Tomar (2013) indicam a sua importância.

Selecionados os outputs, ou externalidades, era preciso montar a cadeia de fatores de influência que determinariam a dimensão do impacto desses elementos no espaço urbano.
Ao final da montagem do modelo dentro das características da Dinâmica de Sistemas, foram apontadas como variáveis iniciais (identificadas de AA a DD):

- AA- Aumento da População – a correlação entre o aumento da população e o crescimento do uso de automóveis é corroborada por diversas fontes, destacadamente o trabalho de Davis et al (2015).

- BB- Limitações para Uso do Carro – legais e/ou econômicas – restrições à circulação de carros, como o pedágio urbano (presente em Londres, Cingapura, Oslo, Estocolmo e Milão, entre outras cidades), rodízio de placas (como os vigentes em Atenas, São Paulo, Cidade do México, Bogotá, Santiago do Chile, San José de Costa Rica, e La Paz, por exemplo), além de outras formas, são um mecanismo de redução na atratividade para possuir um automóvel, ou, mesmo possuindo, de circular com ele. O relatório do World Business Council for Sustainable Development (2004) e o da Exxon (2015), por exemplo, tratam desse fenômeno.

- CC- Variação do Preço do Combustível – variações no preço do combustível são capazes de gerar um volume inesperado de consequências. Para muito além de apenas significar um estímulo (como na Venezuela) ou uma restrição (como na Noruega) ao consumo de combustível, a determinação de sobrepreços ou sua redução podem influenciar até mesmo no tamanho, formato e adensamento das cidades. Um estudo feito por Glaeser e Kahn (2003), em 70 cidades em todo o mundo constatou que, quando os países passam de um baixo valor de impostos sobre os combustíveis para altos valores a densidade dos empreendimentos aumenta em mais de 40%.

- DD- Valor da Renda Per Capita – tem evidente correlação com a capacidade para se comprar um automóvel, embora não diretamente com a decisão de fazê-lo, porque há outros fatores que influenciarão, como os dos itens BB e CC, [discutidos nos trabalhos de Davis et al (2015) no relatório da Exxon (2015)], e também os fatores ligados à atratividade para as gerações mais novas, como já demonstrado nos trabalhos de Schoettle e Sivak (2011 e 2013).

Como variáveis interferentes, foram apontadas pela literatura consultada os seguintes itens (identificados de E até T – com alguns comentários naqueles que merecem uma explicação mais detalhada):

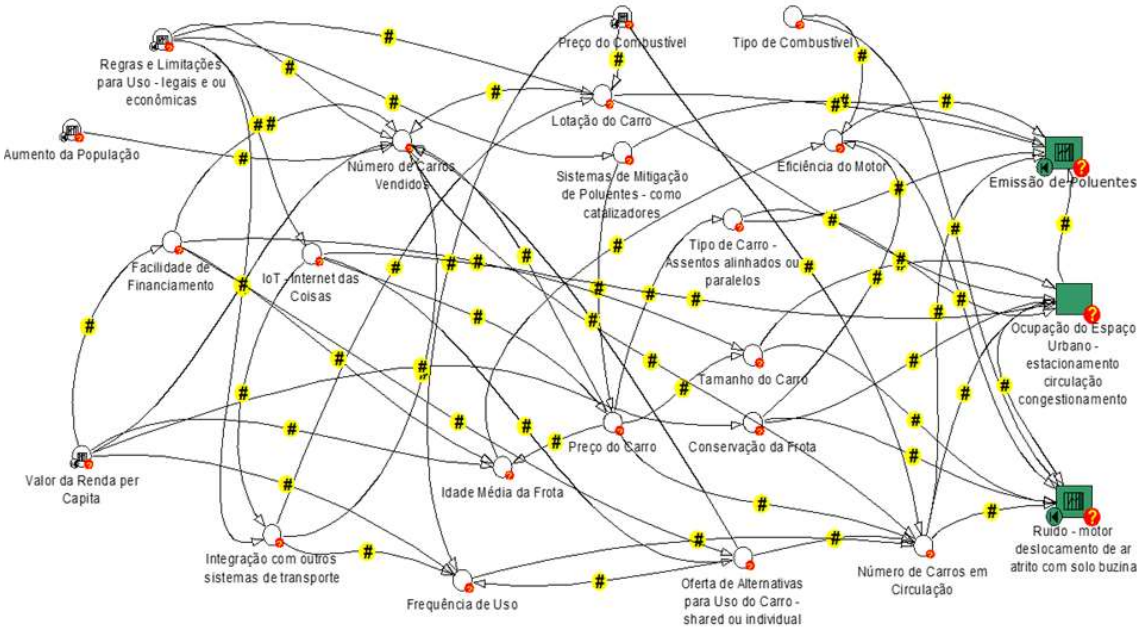
- E- Número de carros vendidos
- F- Lotação do carro –
- tem influência na emissão de poluentes e n de ruído, e potencial influência na ocupação do espaço)
- G- Frequência de uso
- H- Sistemas de mitigação de poluentes – como catalizadores
- I- Oferta de alternativas para uso do carro – transporte público e car sharing, por exemplo
- J- Integração com outros sistemas de transporte
- K- Número de carros em circulação
- L- IoT - Internet das coisas (inclui veículos autônomos) - o uso dos recursos de tecnologia, especialmente os pertencentes ao universo da Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) permite, entre outros benefícios, que os motoristas tenham desde um auxílio ativo na condução de seus veículos até aqueles que serão inteiramente conduzidos por sistemas eletrônicos, sem a interferência do motorista.
- M- Facilidade de financiamento
- N- Idade média da frota
- O- Preço do carro
- P- Tipos alternativos de combustível
- Q- Eficiência do motor
- R - Novo tipo de carro - assentos alinhados em vez de paralelos – é uma possibilidade que transforma o carro em algo um pouco mais largo que uma motocicleta.
- S- Tamanho do carro
- T- Conservação da frota

Usando os princípios da Dinâmica de Sistemas (e o software Powersim Studio 10) foi composto um sistema com as variáveis selecionadas que influenciariam no impacto ambiental do uso da frota de veículos em 2040. Ainda seguindo o roteiro da DS, foi estabelecida a tipologia da relação de influência (se direta ou inversa) e se haveria impacto do componente Espera (o conceito de estoque claramente já não fazia sentido, uma vez que não seria montada a rede de

equações típicas da DS). As 20 variáveis geraram 62 correlações, que se tornariam equações, numa modelagem em DS usual.

Graficamente, o modelo montado no software Powersim Studio 10 ficou como na figura abaixo.

Figura 7: Modelo Elaborado Através de Software de Dinâmica de Sistemas (Powersim Studio 10)



Fonte: Elaboração do autor

A partir dessa rede, foram descritas as correlações entre as variáveis. Abaixo, como essas correlações foram estabelecidas, se direta, inversa ou ambas (nas situações em que há Feedback, como previsto nos modelos de System Dynamics).

Tabela 8: As variáveis e suas correlações

Variáveis Iniciais	Afeta a variável	Observação
AA- Aumento da População	**E- Número de carros vendidos**	**Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais**
BB- Limitações para Uso do Carro – legais e/ou econômicas	**OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento**	**Correlação inversa. Limitação do espaço tomado pelo veículo, em circulação ou estacionado, e medidas como pedágio urbano**
	F- Lotação do carro	**Correlação direta. Políticas de privilégio a faixas de tráfego para veículos ocupados por duas pessoas ou mais**
	G- Frequência de uso	**Correlação inversa. Rodizio de placas e outras medidas de restrição**
	E- Número de carros vendidos	**Correlação direta ou inversa. Restrições de uso, e restrições de posse de veículos podem afetar o número de unidades vendidas (inclusive diretamente, no caso das restrições do rodízio de placas levar à compra de mais de um veículo pela mesma pessoa)**
	H- Sistemas de mitigação de poluentes – como catalizadores	**Correlação direta. A instalação pode ser estimulada ou tornada obrigatória**
	I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	**Correlação direta - Limitações de uso do veículo pessoal podem estimular novas soluções**
	J- Integração com outros sistemas de transporte	**Correlação direta - Desestímulo ao transporte individual motorizado pode levar ao desenvolvimento de modelos integrados**
	L- IoT - Internet das coisas - inclui veículos autônomos	**Correlação direta - Os mecanismos legais podem estimular o uso de automóveis conectados ou autônomos, e dar prioridades para seu uso**

CC- Variação do Preço do Combustível	**E- Número de carros vendidos**	**Correlação inversa - Atratividade do veículo como alternativa de transporte cotidiano cai com a alta de preços dos combustíveis**
	G- Frequência de uso	**Correlação inversa - o custo desestimula o uso**
	F- Lotação do Carro	**Correlação direta - o custo estimula o uso compartilhado**
	K- Número de carros em circulação	**Correlação inversa - o custo desestimula o uso**
	P- Tipos alternativos de combustível	**Correlação direta - preços mais altos dos combustíveis tradicionais estimulam a utilização dos alternativos (célula de combustível, baterias elétricas, etc)**
DD- Valor da Renda Per Capita	**M- Facilidade de financiamento**	**Correlação direta - rendas mais altas podem reduzir as restrições de financiamento**
	E- Número de carros vendidos	**Correlação direta - o aumento da renda aumenta o potencial de venda de automóveis**
	N- Idade média da frota	**Correlação inversa - renda mais alta tende a reduzir a idade média da frota**
	G- Frequência de uso	**Correlação direta - renda mais alta pode aumentar a frequência de uso, até um limite**
	T- Conservação da frota	**Correlação direta - renda mais alta tende a melhorar o nível de conservação da frota**
E- Número de carros vendidos	**K- Número de carros em circulação**	**Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais**
M- Facilidades de financiamento	**E- Número de carros vendidos**	**Correlação direta. Especialmente em países emergentes e para as classes mais baixas**
	N- Idade média da frota	**Correlação inversa. Financiamento mais fácil facilita as trocas por modelos mais novos**
	I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	**Correlação inversa. Facilidade para comprar o próprio carro pode afetar negativamente a oferta de alternativas, dependendo também de outros fatores como restrições legais**
	S- Tamanho do carro	**Correlação direta. Facilidades de financiamento podem viabilizar a compra de carros maiores**

L - IoT - Internet das Coisas - inclui veículos autônomos	**J- Integração com outros sistemas de transporte**	**Correlação direta - a comunicação digital facilita a integração entre sistemas**
	I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	**Correlação direta - a comunicação digital facilita a integração entre os meios de transporte**
	O- Preço do carro	**Correlação inversa - o custo dos sistemas embarcados pode aumentar o preço do carro**
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	**Correlação inversa - sistemas inteligentes podem reduzir a ocupação dos espaços urbanos, pela maior eficiência na circulação e no uso**
J- Integração com outros sistemas de transporte	**F- Lotação do carro**	**Correlação direta - mais integração facilita a utilização do veículo por um grupo maior de pessoas que têm destinos finais diferentes**
	E- Número de carros vendidos	**Correlação direta - mais integração pode reduzir a necessidade de uso de automóveis para longas distâncias, mas aumentar a sua atratividade no uso cotidiano e, com isso, as vendas**
	G- Frequência de uso	**Correlação direta -mais integração pode reduzir a necessidade de uso de automóveis para longas distâncias, mas aumentar a sua atratividade no uso cotidiano**
G- Frequência de uso	**K- Número de carros em circulação**	**Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais**
N- Idade média da frota	**Q- Eficiência do motor**	**Correlação inversa. Frota mais antiga tende a apresentar menor eficiência nos motores**
O- Preço do Carro	**S- Tamanho do carro**	**Correlação inversa - situações em que os preços dos carros sejam mais baixos em média podem levar à aquisição de veículos maiores**
	R - Novo tipo de carro - assentos	**Correlação inversa - preços mais altos tendem a beneficiar alternativas de modelos mais compactos, incluindo configurações inovadoras (especialmente**

	alinhados em vez de paralelos	se houver vantagens de custo por meio de legislação).
	K- Número de carros em circulação	Correlação inversa - o preço alto do carro pode inibir novos potenciais usuários
F- Lotação do carro	Q- Eficiência do motor	Correlação inversa - mais pessoas no carro pode reduzir a eficiência do motor (aumentando o consumo, por exemplo)
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	Correlação inversa - maior lotação do carro pode reduzir a necessidade de outros carros para circular e estacionar
	OUT1 - Emissão de poluentes	Correlação direta -mais lotação do carro pode aumentar a emissão de poluentes
Q- Eficiência do motor	OUT1 - Emissão de poluentes	Correlação inversa. Quanto maior a eficiência do motor, menor a emissão de poluentes
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	Correlação inversa. Quanto maior a eficiência do motor, menor a emissão de ruídos
H- Sistemas de mitigação de poluentes, como catalizadores	O- Preço do carro	Correlação direta - quanto mais sofisticados os sistemas, mais tendem a aumentar o preço do carro
	OUT1 - Emissão de poluentes	Correlação inversa - quanto mais sofisticados os sistemas, mais tendem a reduzir a emissão de poluentes
R - Novo tipo de carro - assentos alinhados em vez de paralelos	OUT1 - Emissão de poluentes	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência aerodinâmica e reduzir a emissão de poluentes
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência no uso dos espaços urbanos

	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	**Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência aerodinâmica e reduzir a emissão de ruídos**
T- Conservação da frota	**Q- Eficiência do motor**	**Correlação direta - quanto melhor a conservação da frota, maior a eficiência do motor**
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	**Correlação inversa - quanto melhor a conservação da frota, menor a ocupação do espaço urbano em função de quebras e falhas, e menores os congestionamentos**
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	**Correlação inversa - quanto melhor a conservação da frota, menor a emissão de ruídos**
P- Tipos alternativos de combustível	**Q- Eficiência do motor**	**Correlação direta. Combustíveis alternativos podem aumentar a eficiência do motor**
	O- Preço do carro	**Correlação direta. Combustíveis alternativos podem aumentar o custo de aquisição de carros**
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	**Correlação inversa. Combustíveis alternativos podem reduzir a emissão de ruídos**
S- Tamanho do carro	**OUT1 - Emissão de poluentes**	**Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a emissão de poluentes**
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	**Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a área urbana ocupada, circulando ou estacionado.**
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	**Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a emissão de ruídos**

K- Número de carros em circulação	**OUT1 - Emissão de poluentes**	**Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a emissão de poluentes**
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	**Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a ocupação do espaço urbano**
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	**Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a emissão de ruídos**
I- Oferta de alternativas para o uso do carro - shared ou individual	**E- Número de carros vendidos**	**Correlação inversa - quanto maior a oferta de alternativas para o uso dos carros, menor a necessidade de aquisição de um**
	K- Número de carros em circulação	**Correlação inversa - quanto maior a oferta de alternativas para o uso dos carros, menor a necessidade de circulação**
OUT2- Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação, congestionamento	**OUT1 - Emissão de poluentes**	**Correlação direta - quanto maior a ocupação do espaço urbano (especialmente com congestionamentos), maior a emissão de poluentes**
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	**Correlação direta - quanto maior a ocupação do espaço urbano (especialmente com congestionamentos), maior a emissão de ruídos**

Fonte: Elaboração do autor

Para o objetivo desse trabalho, no entanto, o sistema ainda estava demasiadamente complexo. Para simplificá-lo, avaliando quais variáveis e correlações poderiam ser alteradas ou suprimidas, foram realizadas duas rodadas de consulta, presencial, com pesquisadores e

especialistas em impacto ambiental do setor automotivo (18 participantes na primeira e 11 na segunda). Foi possível, mesmo que não muito estimulada, a troca de ideias entre os respondentes durante as duas rodadas.

Na primeira rodada, o conceito de Espera, típico da Dinâmica de Sistemas, foi testado. Havia problemas na escala adotada, que ficou muito "curta" para o propósito do estudo: (zero; até 3 meses; de 3 meses a 1 ano; mais de um ano) mas, principalmente, foi considerado pelos respondentes que, uma vez que o as equações não seriam utilizadas do modo convencional da DS, o elemento Espera deveria ser eliminado.

Para verificar a relevância da correlação entre as variáveis, e tornar mais simplificado o processo de resposta, foi adotada uma escala:

0%	20%	40%	60%	80%	100%
Nula	Muito Pequena	Moderada	Alta	Muito Alta	Total

Após a primeira rodada já foi possível verificar que algumas correlações de variáveis poderiam ser eliminadas. Mas, para referendar com o grupo de respondentes, o questionário foi submetido novamente a eles, mas agora com a média, a mediana e o desvio padrão das respostas obtidas na primeira rodada.

A partir daí, foi possível consolidar um conjunto bastante mais restrito de variáveis essenciais para cada um dos efeitos. Houve também muitas contribuições sobre ajustes e abordagens possíveis.

As correlações consideradas mais relevantes (média igual ou maior que 80, e mediana de 80 ou superior) pelo grupo de avaliação são aquelas da tabela seguinte:

Tabela 9: Correlações Mais Relevantes

	Média	Desv Padrão	Mediana	Causa	Efeito
K-OUT1	89,09	10,44	80	Número de carros em circulação	Emissão de poluentes
S-OUT2	85,45	9,34	80	Tamanho do carro	Ocupação do espaço urbano
K-OUT2	85,45	9,34	80	Número de carros em circulação	Espaço ocupado
H-OUT1	83,64	8,09	80	Sistemas de mitigação de poluentes – como catalizadores	Emissão de poluentes
Q-OUT1	82,00	11,35	80	Eficiência do motor	Emissão de poluentes
DD-N	81,82	6,03	80	Valor da renda	Idade média da frota
K-OUT3	81,82	10,79	80	Número de carros em circulação	Ruído
DD-E	80,00	0,00	80	Valor da renda	Numero de carros vendidos
E-K	80,00	15,49	80	Numero de carros vendidos	Número de carros em circulação

Fonte: Elaboração do autor

As Causas mais relevantes foram:

K – Número de carros em circulação

S – Tamanho do carro

H – Sistemas de mitigação de poluentes – como catalizadores

Q – Eficiência do motor

DD – Valor da renda

E – Número de carros vendidos

Os itens H e Q podem ser unidos, partindo do pressuposto de que a legislação é quem fará o papel de definir os níveis aceitáveis de poluentes – e eficiência do motor está muito ligada, no caso em questão, com esse assunto.

O item DD, valor da renda, é uma variável inicial, que vai influenciar muitas outras, mas, no final, vai influenciar o número de carros em circulação, bem como o E – número de carros vendidos.

Dessa forma, para realizar as projeções dos cenários dinâmicos, o modelo passou então a considerar os seguintes elementos:

Para a ocupação do espaço urbano (OUT1):

- A saturação das ruas entendida como o percentual da área das ruas que é ocupada pela frota circulante, exposta a congestionamentos regulares. Para chegar a esse número, é necessário avaliar:

    - A extensão e a largura média das vias pavimentadas para o local objeto do modelo
    - O número de veículos registrados no local (E)
    - O tamanho dos veículos (S)
    - O percentual médio desses veículos que circula regularmente (K)
    - A presença ou não dos dispositivos no conceito de IoT (ou que percentual da frota os terá) – esse aspecto é importante porque afeta o espaço ocupado pelo carro, especialmente reduzindo a "distância de seguimento" (esse termo se aplica à distância de segurança que um veículo precisa manter daquele que vai à sua frente). Com o IoT, a velocidade de reação é muito mais rápida que de um motorista médio, o que permitiria reduzir a distância. Para efeito desse estudo, a redução na "distância de seguimento" foi estimada em 2/3.

Para a emissão de poluentes (OUT2):

- Percentual da frota atendendo à norma europeia de emissões (H e Q) – a norma europeia é, hoje, mais restrita que aquelas adotadas nacionalmente pelos EUA (embora haja estados, como a Califórnia, que tenham restrições bastante severas) ou o Brasil. Pode haver também exigência para um percentual mínimo de veículos com emissão zero. Há questões de custo importantes, entretanto, uma vez que os mecanismos de redução de emissões – motores mais eficientes, sistemas de redução de emissões, como catalizadores, ou veículos elétricos – podem ser caros demais para serem populares nos países emergentes, que é onde, como vimos, haverá o maior crescimento projetado para a frota, por larga margem.

No caso da emissão de ruídos houve uma alteração muito importante nessa etapa: para avaliar o quanto o elemento, isoladamente, poderia ser simulado, foram analisados os dados de emissão de ruídos de quase 1.400 veículos comercializados nos últimos anos. Esses dados foram obtidos em sites com fichas técnicas de carros, como o Edmunds's.com. Obtidos os dados, foi calculada a média aritmética simples entre as emissões de ruído em ponto morto, aos 50km/h (velocidade urbana) e aos 100 km/h (velocidade em rodovia) de todos os veículos.

Na análise dos dados, no entanto, não foi possível observar clusters, ou subgrupos, que fizessem sentido lógico; carros com o menor nível de médio de ruído poderiam ser um SUV com motor de 6 cilindros, um híbrido com motor de 4 cilindros a gasolina, uma pick-up de mais de 5 metros e motor de 8 cilindros, um sedã de luxo, ou mesmo um *hatch* compacto.

A conclusão é de que há grande controle das montadoras em relação ao tipo e intensidade de ruídos. Muitos dos veículos mais silenciosos são modelos alto valor; mas os mais ruidosos também; apenas são aqueles com maior apelo esportivo.

Há carros pequenos muito silenciosos (como o Skoda Yeti, que está entre os 5% menos ruidosos) ou muito barulhentos (Smart ForTwo, entre os 3% mais ruidosos), e veículos de

grande dimensão que são grandes emissores, ou muito discretos. Os híbridos e elétricos tendem a se localizar no grupo dos mais silenciosos, como esperado, mas não são mais silenciosos que algumas *SUV's* com motor de 6 cilindros, pneus de uso misto – usualmente mais ruidosos no atrito com o asfalto - e grande volume frontal, o que pode provocar mais ruídos aerodinâmicos. Há até mesmo modelos que oferecem ao motorista a possibilidade de alterar ou amplificar o ruído do motor através do sistema de som interno do carro.

Por essas razões, a decisão foi para retirar a emissão de ruídos do modelo final. Não porque ela não tenha relevância no impacto ambiental do carro, mas porque para as fontes principais de ruídos – o funcionamento do motor e o atrito dos pneus com o asfalto, bem como o atrito no ar ao passar pela carroceria – já existem soluções acessíveis e eficientes de mitigação, cabendo apenas à montadora a decisão de como aplicá-las em cada projeto, dependendo do apelo mercadológico de cada veículo. Assim, fazer simulações com fatores já tão conhecidos e sob o domínio da engenharia dos fabricantes – e que não implicam em custos insuportáveis mesmo para os modelos mais básicos, como mostrou a pesquisa - seria pouco útil.

Desse modo, embora a emissão de ruído siga sendo uma preocupação, fica claro que as próprias montadoras, voluntariamente, ou por força de legislação, podem facilmente implementar melhorias muito relevantes para mitigar esse efeito deletério do uso dos LDV's. Alguns desses ruídos, também, são mais significativos com o carro em velocidades mais altas, o que não é o caso em situações de congestionamento.

Na tabela a seguir, o grupo dos 1% menos ruidosos e os 1% mais ruidosos:

Tabela 10: Veículos Menos Ruidosos (em verde) e Mais Ruidosos (em vermelho)

Marca	Modelo	Especificação	Ano	dB no ponto morto	dB a 50km/h	dB a 80km/h	dB a 100km/h	dB a 120km/h	dB a 140km/h	dB Médio (0km/h+50km/h+100K/hM/3)
Kia	Sorento	EX V6	2011	34,5	46,6	54	58,2	60,6	63	46,4
Kia	Sorento	V6	2011	34,5	46,6	54	58,2	60,6	63	46,4
Dodge	Ram	5.7 V8	2010	39,2	47,5	52,6	55,3	57,8	60,3	47,3
Lexus	LS	600h	2013	35,4	47,5	54,9	59,3	60,8	62,3	47,4
Citroen	C4	1.6 THP Picasso	2011	38,6	39,6	62,1	64,9	68,2	70,6	47,7
Subaru	Legacy	2.5 GT	2010	37,4	48	54,6	58	61	64	47,8
BMW	5	550i GT	2010	34,5	48,2	56,8	61,3	65,2	69,1	48,0
Acura	TL	3.7 V6	2010	39,9	48,4	53,8	56,2	60,2	64,2	48,2
Tesla	Model S	Hybrid	2012	35,6	48,3	56	60,9	61,8	62,7	48,3
GMC	Terrain	3.0 V6	2010	35,6	48,4	56,4	60,8	63,5	66,3	48,3
Ford	F-150	SVT Raptor	2010	37,5	48,6	55,5	59,1	62,4	65,8	48,4
Lexus	LS	600h	2008	38,7	48,6	54,8	58,1	60,4	62,8	48,5
Mercedes	S	500	2014	37,9	48,8	55,6	59,4	61,6	63,9	48,7
Toyota	Avalon	Hybrid	2012	38,5	48,9	55,4	58,7	61,9	65,2	48,7
Chevrolet	Corvette		2008	61,4	65,8	69	69,4	74,5	79,7	65,5
McLaren	MP4-12C	3.8 V8	2012	60,5	65,9	69,8	70,2	76,9	83,6	65,5
Subaru	Impreza	WRX STI	2011	58,3	65,7	70,3	72,9	74,4	76	65,6
Porsche	911	GT3	2010	57,4	66,3	72,1	74,4	79,3	84,2	66,0
Chevrolet	Corvette	ZR1	2010	58,3	66,5	71,9	73,7	79,1	84,4	66,2
Chevrolet	Camaro	ZL1	2011	61,2	66,9	70,7	71,8	76	80,2	66,6
Porsche	911	GT2 RS	2011	61,7	67,1	70,6	71,8	75,4	79,1	66,9
Lotus	Elise	SC	2008	56	67,2	74,2	77,7	81,3	84,8	67,0
Dodge	Viper	8.4 V10	2013	60,1	67,5	72,3	74,1	78,4	82,7	67,2
SRT	Viper	8.4 V10	2012	58,5	67,5	73,2	76,1	78,8	81,6	67,4
BMW	1	135i Cabrio	2008	66,7	67,6	68,3	68,3	69,4	70,5	67,5
Porsche	911	GT2	2008	63,7	68,2	71,4	71,8	76,9	82,1	67,9
Chevrolet	Corvette	6.2 V8	2011	57,2	68,3	75,1	79,1	80,9	82,7	68,2
Dodge	Viper	SRT-10	2008	61,3	68,6	73,3	75	79,4	83,8	68,3

Fonte: Elaboração do autor a partir de dados do Edmund's.com

Após as revisões, e para tornar os cenários mais conectáveis aos de um elemento conhecido, e mais facilmente comparável, foi decidido aplicar o novo modelo a duas realidades: a da cidade de São Paulo; e a do total, do conjunto de megacidades em 2040. Hoornweg e Pope (2014) fizeram um extenso estudo sobre a evolução das 100 maiores cidades do mundo ao longo desse século, que constituiu a base para as projeções aqui consideradas.

A escolha de São Paulo se deu porque a cidade, como vimos anteriormente, teve crescimento incomparável durante o século XX, sendo, entre as megacidades de hoje, por larga margem, a que mais cresceu nesse período [foram consideradas megacidades, para esse estudo, aquelas com mais de 10 milhões de habitantes em sua região metropolitana. Os conceitos, tanto de megacidade quanto de região metropolitana, podem variar significativamente. Nesse caso, foi adotada a definição de Pierce (2006), de maneira a ter limites definidos para selecionar as

cidades; essa referência foi aplicada nas projeções feitas por Hoornweg e Pope (2014) para definir o conjunto de cidades a ser estudado].

A grande maioria das megacidades que se formará nas próximas décadas estará em países emergentes, por uma série de fatores já comentados: crescimento econômico e urbanização intensa.

O crescimento de São Paulo foi fruto desses dois fenômenos brasileiros no século XX - de muitas formas interligados: a intensa urbanização e o progresso econômico, que colocou o Brasil como décima nação que mais cresceu no mundo – medido em termos do PIB - entre 1900 e 2000.

Assim, a maioria dessas grandes cidades, com muita probabilidade, vai repetir, em escala própria e com eventuais características distintas, o processo de intenso crescimento observado em São Paulo no século XX.

Para além das comparações entre a situação em 2015 e a de 2040, foi introduzido no modelo um terceiro elemento para se cotejar os cenários em 2040, que tem potencial para alterar tanto a ocupação do espaço urbano quanto a emissão de poluentes: se a cidade de SP (ou conjunto de megacidades) ampliasse a sua rede de transporte público de massa (fundamentalmente, o metrô) até se tornar análoga à que oferece Nova York, que impacto isso traria? Segundo Glaser (2011), "...os congestionamentos desperdiçam bilhões de dólares"..., "mas suas consequências podem parecer ainda mais graves nas cidades dos países em desenvolvimento, onde o amontoado de pessoas é mais crítico e onde as opções alternativas para o tráfego, como o metrô, são normalmente incipientes". E se não fossem? Que possível impacto isso traria? E a que custo?

Nova York foi utilizada como parâmetro por ser uma megacidade com um percentual incomum de pessoas que fazem o seu *commuting* (os trajetos diários regulares para o trabalho ou a escola) utilizando transporte coletivo, em um país, essencialmente, de motoristas de carros. Em boa medida, isso se deve à extensa rede de metrôs e trens que atendem a cidade.

Para testar as possibilidades do modelo, estabeleceu-se que o impacto dos ambiental dos congestionamentos seria medido em dinheiro, para efeito de compreensão dos seus efeitos de

maneira mais clara e comparável. Para calcular esses valores, foram adotadas apenas as premissas de custo de poluição contidas no trabalho de custo dos congestionamentos elaborado por Cintra (2014).

Mas não todas elas. Como o objetivo era apenas verificar os impactos ambientais dos congestionamentos, esse fator foi isolado dos demais descritos no modelo de Cintra (2014).

A figura seguinte mostra como ficou o modelo:

Figura 8: Modelo de Geração de Cenários Dinâmicos para Cidade Única (SP, no exemplo)

	São Paulo			
I	**Saturação das ruas**	**SP 2015**	**SP 2040**	**SP 2040 ("NYC like")**
II	**Área de vias pavimentadas (km²)**			
III	**Veículos (LDV's)**			
IV	**% da frota circulando**			
V	**Sem IoT**			
VI	Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)			
VII	Área das ruas ocupada por veículos (KM²)			
VIII	% Saturação			
IX	Congestionamento (alteração %)			
X	Congestionamento - custo ambiental anual total - R$		-	
XI	Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)			
XII	**% da frota dentro da nova norma européia**			
XIII	Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de automóveis - %)			
XIV	Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)			
XV	Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental dos (R$)		-	-
XVI	Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)			-
	0			
XVII	**Com IoT**			
XVIII	Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)			
XIX	% da frota com IoT			
XX	Área das ruas ocupada por veículos (KM²)			
XXI	% Saturação			
XXII	Congestionamento (aumento%)			
XXIII	Congestionamento - custo anual total - R$			
XXIV	Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)			
XXV	Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)			
XXVI	Parcela dos custos de congestionamento relativa ao custo ambiental dos LDV's (%)			
XXVII	Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental (R$)			
XXVIII	Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)			

Fonte: elaboração do autor

A seguir, o significado de cada campo, a partir da numeração em romanos à esquerda da tabela.

I – Saturação das Ruas

II – Área de vias pavimentadas (KM²) – aqui foi calculada a área das vias pavimentadas, com base na extensão da malha viária (em KM – no caso de São Paulo, o dado vem das informações da cidade disponíveis no www.visitesaopaulo.com) multiplicado pelo valor da largura da rua. Na cidade de São Paulo, segundo a Prefeitura - http://www.capital.sp.gov.br/portal/ -, as ruas têm entre 12 e 29 metros, e as avenidas 30 ou mais, incluindo as calçadas, que estão normatizadas para ter 2 metros de cada lado. Para se estabelecer a largura da faixa disponível para tráfego, para efeito desse estudo, considerou-se:

a – b – c = d, sendo

a - A largura média das ruas [sem considerar a largura extra das avenidas – (12+29)/2]	20,5 m
b - Menos a largura da calçada dos dois lados	-4,0 m
c - Menos uma faixa lateral de estacionamento paralelo à via	-2,0 m
d - Igual à largura média da rua disponível para tráfego	14,5 m

A coluna "NYC Like traz um elemento extra nas simulações: a cidade de NovaYork é, entre as cidades americanas, e por larga margem, aquela em que menos pessoas usam o carro para seus trajetos diários para o trabalho ou a escola (o chamado *commuting*), como demonstra McKenzie (2015). O número de pessoas que utiliza diariamente a rede de transporte público é muito semelhante ao de Londres (NEOGEOGRAPHY, 2016), outra cidade com excelente rede, ou Paris, como já mostrado nesse trabalho. Isso se deve, em grande medida, à extensa e conveniente rede de transporte público, marcadamente de metrô. A rede de metrô de Nova York tem 369 km de extensão, contra 79 km da rede de São Paulo. A premissa aqui é que se São Paulo oferecesse uma rede de metrô mais extensa e conveniente, haveria uma redução significativa na utilização de carros para o deslocamento cotidiano.

Isso pode ser verdadeiro, mas pode ser também que um aumento expressivo na oferta de linhas de metrô afetasse mais o grande número de pessoas que faz o seu *commuting* a pé em São Paulo,

que é de cerca de 32,9% (METRO, 2013 – inclui cerca de 1% que utilizam bicicletas), contra cerca de 10% em Londres e 6% em Nova York (NEOGEOGRAPHY, 2016).

Para o efeito esperado – de reduzir o número de pessoas que se utilizam dos LDV's diariamente – para além da ampliação das linhas e estações seria necessário, provavelmente, impor algumas restrições à circulação e/ou ao estacionamento de automóveis em determinadas regiões da cidade.

Mas o que se quer com essa coluna é entender quanto, caso essa redução se desse, haveria de redução de custo ambiental, e comparar esse número com o custo de ampliação das linhas de metrô. Para essa comparação, será adotado o custo por quilômetro do metrô de São Paulo, de R$ 300 milhões por quilômetro (R$ 260 milhões, no caso do monotrilho – Metrô, 2016 – mas que não será utilizado nessa simulação).

Assim, o custo de construir os 290 km de linhas que tornariam a malha do metrô de São Paulo equivalente à de Nova York é de R$ R$ 87 bilhões no total, o que, dividido por cada um dos 25 anos que nos separam de 2040, daria um investimento de R$ 3,48 bilhões por ano. Esse valor será comparado com os custos ambientais da circulação da frota de LDV's em cada cenário.

III – Veículos (LDV's) - para 2015 foi considerado o número oficial de LDV's na cidade de SP (Detran SP, 2015), que era de 5.724.956. Entre 2001 e 2011, segundo Rodrigues (2011), o número de automóveis na cidade de São Paulo cresceu 68,2%.

IV - % da frota circulando – o estudo de Paiva (2013) indica que, em 2007, 1/3 da frota circulava cotidianamente em SP, cerca de 34%. Como, de acordo com a Pesquisa Origem-Destino do Metrô (METRÔ, 2013) houve um crescimento no uso do carro de cerca de 0,4% frente a 2007, adotamos para 2015 o número de 35%, bem como para 2040, embora ele deva crescer, para proporcionar uma comparabilidade mais imediata.

V – Sem IoT – introduz o bloco de análises que levarão em consideração a circulação da frota em 2040 sem que sejam adotados os recursos da Internet das Coisas (IoT, na sigla em inglês).

VI - Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²) – a área que um carro ocupa na cidade vai muito além das suas próprias medidas. Tomando um veículo padrão pequeno, de cerca de 4 m de comprimento por cerca de 2 m de largura (de espelho a espelho).

Mas área que ele ocupa na cidade excede muito esses seus 8m². Ela precisa incluir as duas vagas que ele necessita para estacionar (a vaga de pernoite e a vaga durante o dia). Essas vagas não são, claro, feitas sob medida para cada carro; cada cidade determina as suas medidas e, em São Paulo, a LPUOS - Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo determina o que diz a tabela abaixo:

Tabela 11: Dimensões para vagas de estacionamento

VAGA PARA ESTACIONAMENTO			
Tipo de Veículo	Altura	Largura	Comprimento
Pequeno	2,10	2,00	4,20
Médio	2,10	2,10	4,70
Grande	2,30	2,50	5,50
Deficiente Físico	2,30	3,50	5,50
Moto	2,00	1,00	2,00
Caminhão Leve (8t PBT)	3,50	3,10	8,00

Fonte: LPUOS - Lei N. º 11.228 – 2016

Considerando que a LPUOS também determina uma distribuição entre esses tamanhos de vagas (50% pequenas, 45% médias e 5% grandes, além das de deficiente físico, que representam 2% das vagas totais – se os 2% significarem um número inferior a 1, ainda assim deve haver pelo menos uma vaga), e considerando também que há um espaço obrigatório mínimo de manobra para essas vagas, o total da área ocupada por um carro na cidade [2 vagas de estacionamento (pernoite e diurna) + área de manobra (do tamanho da vaga, pelo menos)+ área de circulação (que será detalhada abaixo)] chegamos, para um carro de 4X2 metros a um total de 93,2 m². Isso significa que os mais de 5,7 milhões de LDV's em São Paulo ocupam uma área de cerca de 534 km², ou seja, um terço da área total do município.

A parte dessa área total que interessa mais de perto a esse trabalho é a aqui chamada área de circulação. A área que o carro em movimento ocupa nas ruas equivale a seu próprio

cumprimento, acrescido da “distância de seguimento”, multiplicado pela largura da faixa de tráfego (não a largura do carro; carros estreitos ou largos ocuparão o mesmo espaço longitudinal na faixa de tráfego). “Distância de seguimento” é o nome dado para o espaço que o veículo em movimento precisa conservar em relação ao veículo da frente, de modo a manter a segurança.

Essa distância varia de acordo com a velocidade [há uma recomendação conhecida como a “regra dos dois segundos” que indica ser essa a distância a ser mantida, ou seja, a distância equivalente a dois segundos de deslocamento na velocidade em que o carro se encontra. Essa regra empírica é indicada por muitos departamentos de trânsito e segurança nas estradas, como o Departamento de Veículos Automotores do Estado de Nova York (NYSMVD, 2016). Como a velocidade média do trânsito de São Paulo não supera os 20 km/h (EXAME, 2013), foi considerada a distância de seguimento a essa velocidade, ou seja, 11 metros]. Para o comprimento do carro, adotou-se 5% de acréscimo àquele do modelo mais vendido no Brasil em 2015, o Chevrolet Onix que, por ser um veículo compacto, não reflete a média dos veículos em trânsito (medida do carro – 3,93 metros; medida do “carro médio” adotado – 4,13 metros, equivalente a um Fiat Siena).

A largura da faixa de tráfego varia em função da largura da rua, e da velocidade máxima permitida. Nesse trabalho, será adotada uma largura de 3,60 metros, intermediária entre as usualmente adotadas, e obrigatória para o sistema arterial da cidade (WATANABE, 2016).

Tudo considerado, a área ocupada por um carro em circulação é de 54,5 m².

VII – Área das ruas ocupada por veículos (KM²) – É o total da superfície das ruas ocupadas pelos veículos em circulação.

VIII - % Saturação – Traz o percentual da área de vias pavimentadas (item II) que está tomado pelos veículos que circulam. Esse valor será utilizado para o cálculo das alterações nos níveis de congestionamento.

XIX - Congestionamento (alteração %) – Indica, para as simulações relativas a 2040, qual foi o percentual a maior ou menor de congestionamento. Para efeito desse trabalho foi considerado que os congestionamentos se alteram na mesma proporção da saturação. A progressão real é, possivelmente, geométrica a partir de um ponto, e não aritmética. Mas pela ausência de dados disponíveis sobre o caso concreto de São Paulo, foi adotada essa premissa.

X - Congestionamento - custo ambiental anual total (R$) – Aqui, o custo ambiental anual calculado por Cintra (2014) foi atualizado de 2012 para 2014, com base no aumento médio dos congestionamentos de SP, de acordo com a CET (de 120 para 140 quilômetros), e nas simulações para 2040 foram considerados os impactos do aumento da frota (e da saturação, uma vez que a malha viária foi considerada fixa).

XI - Diferença de custo de congestionamento/ano (R$) - Nesse campo aparece, para 2040 e 2040 "NYC Like" qual a diferença do custo ambiental do congestionamento.

XII - % da frota dentro da nova norma europeia – a norma europeia de emissão de CO^2 prevista para entrar em vigor em 2021 é bastante mais restritiva do que a encontrada em outros países, segundo o International Council on Clean Transportation (ICCT, 2014).

XIII - Congestionamento - Impacto da norma europeia (redução nas emissões de automóveis - %) – nesse campo é digitado o impacto percentual causado pela adoção da nova norma europeia na parcela da frota definida no item XII. Enquadrar a frota mundial nessa norma significaria uma redução de cerca de 48 % nas emissões, se comparada à norma americana. Segundo o International Council on Clean Transportation (ICCT, 2014) o Brasil ainda não tem aplicados padrões de eficiência de uso de combustível nem de emissões de CO^2. Por essa razão, a redução potencial foi adotada em relação à norma americana, mais elevada que a de outros países desenvolvidos.

XIV - Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%) – aqui se informa o percentual dos custos ambientais de congestionamento que são gerados pelos LDV's. Na cidade de São Paulo, segundo Cintra (2014), esse valor é de 55,5% dos custos totais, mas como estamos considerando na planilha apenas os LDV's, estes representam 100% dos custos. O campo fica aqui, no entanto, para permitir outras simulações.

XV - Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental dos LDV's (R$) – nesse campo é calculado o total do custo ambiental anual dos congestionamentos, com a adoção da norma europeia pela parcela da frota indicada no item XII.

XVI - Diferença de custo de congestionamento/ano (R$) – nesse campo são calculadas as diferenças entre o custo atual e os custos em 2040, na cidade semelhante a hoje e naquela "NYC Like".

XVII - Com IoT – A partir desse ponto, são feitos os cálculos dos benefícios que os sistemas de IoT potencialmente trarão para a redução dos custos de ambientais dos congestionamentos.

XVIII - Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²) – nesses campos estão os valores da área média ocupada pelo veículo em circulação, que é calculada segundo os critérios já descritos nesse trabalho.

XIX - % da frota com IoT – aqui se define o percentual da frota que estará equipada com sistemas de IoT em 2040.

XX - Área das ruas ocupada por veículos (KM²) – com base nos dados acima, é feito o cálculo da área das ruas que será ocupada pela frota circulante, como indicado no item VI, mas, no caso da frota com IoT foi considerada uma redução da distância de seguimento de 2/3, como descrito anteriormente.

XXI - % Saturação – nesse campo é indicado o percentual das ruas asfaltadas que será ocupada pelos carros que estão circulando.

XXII - Congestionamento (aumento%) – essa célula contém o valor do cálculo de qual será o aumento de congestionamento esperado para 2040, nas duas hipóteses.

XXIII - Congestionamento - custo anual total (R$) – nesses campos é calculado o resultado dos custos ambientais anuais de congestionamento nas condições de 2015, 2040 e 2040 "NYC Like", com a adoção dos recursos de IoT.

XXIV - Diferença de custo de congestionamento/ano (R$) – aqui temos os cálculos das diferenças de custo entre a situação em 2015 e 2040, nas duas possibilidades.

XXV - Congestionamento - Impacto da norma europeia (redução nas emissões de LDV's - %) – nesse campo, temos o mesmo valor do item XIII, indicando o impacto percentual causado pela adoção da nova norma europeia na parcela da frota definida no item XII. Ou seja, indicando que a frota mundial atendendo a essa norma significaria uma redução de cerca de 48 % nas emissões, se comparada à norma americana.

XXVI - Parcela dos custos de congestionamento relativa ao custo ambiental dos LDV's (%) – também traz o valor equivalente ao item XIV.

XXVII - Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental (R$) – aparecem nesses campos os resultados dos cálculos dos valores do custo ambiental dos congestionamentos com o impacto combinado do IoT e da norma europeia.

XXVIII - Diferença de custo de congestionamento/ano (R$) – nesse campo, as diferenças entre o custo ambiental dos congestionamentos sem a norma europeia e sem o IoT e com a adoção das duas medidas.

Além desses, há um segundo conjunto de campos que tratam do bloco das megacidades. Tomadas pelo critério de centros urbanos com mais de 10 milhões de pessoas em sua região metropolitana, há hoje 21 delas, segundo Hoornweg e Pope (2014), e elas serão 50 em meados desse século.

Figura 9: Modelo de Geração de Cenários Dinâmicos para o Conjunto das Megacidades

	Megacidades			
XXIX	Saturação das ruas	Megacidades 2015	Megacidades 2040	Megacidades 2040 ("NYC like")
XXX	Megacidades (> 10 mi habitantes na região metropolitana)			
XXXI	População (somada - conjunto Megacidades)			
XXXII	Índice de Motorização (LDV's por 1000 hab)			
XXXIII	Total da frota de LDV's			
XXXIV	% da frota circulando			
XXXV	Sem IoT			
XXXVI	Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)			
XXXVII	Km de congestionamento dia			
XXXVIII	Custo do Congestionamento Anual Total (R$)			
XXXIX	Congestionamento (aumento %)			
XL	Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)			
XLI	% da frota dentro da nova norma européia			
XLII	Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's)			
XLIII	Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's			
XLIV	Congestionamento - custo anual com redução das emissões			
XLV	Diferença de custo de congestionamento/ano			
	0			
XLVI	Com IoT			
XLVII	Área ocupada pelo carro médio (circulando)			
XLVIII	% da frota com IoT			
XLIX	Km de congestionamento dia			
	0			
L	Congestionamento (aumento%)			
LI	Congestionamento - custo anual total - R$			
LII	Diferença de custo de congestionamento/ano			
LIII	Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's)			
LIV	Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's			
LV	Congestionamento - custo anual com redução das emissões			
LVI	Diferença de custo de congestionamento/ano			

Fonte: Elaboração do autor

XXIX - Saturação das ruas – nesse bloco, serão apresentados nos itens abaixo a medida da saturação das ruas nas megacidades do mundo.

XXX - Megacidades (> 10 milhões habitantes na região metropolitana) – campo em que se indica o número de megacidades. Das 21 megacidades de hoje (com dados de 2010), segundo Hoornweg e Pope (2014), apenas 4 estão em países desenvolvidos (Tóquio, Nova York, Los Angeles e Osaka-Kobe), ou 19%. De acordo com os mesmos autores, das 50 megacidades de meados do século, apenas 6 (Tóquio, Nova York, Los Angeles, Chicago, Paris e Osaka-Kobe), ou exatos 12% (como curiosidade, os mesmos autores preveem que haverá 83 megacidades em 2100; dessas, apenas ainda 6 serão nos países desenvolvidos de hoje). A megacidade média de 2015 é um pouco menor que São Paulo, em termos de número de habitantes (cerca de 16 milhões) mas a de 2040 é ainda mais próxima da capital paulista de 2015: cerca de 18 milhões de habitantes. Por essa razão, São Paulo foi usada como referência.

XXXI - População (somada - conjunto Megacidades) – a somatória do número de pessoas em cada uma das regiões metropolitanas das megacidades, de acordo com os valores da primeira e da terceira colunas da tabela 2, da página 11, de Hoornweg e Pope (2014).

XXXII - Índice de Motorização (LDV's por 1000 habitantes) – o índice aqui não considera todos os veículos, mas apenas os LDV's. São os valores médios das cidades em questão. Para o valor médio de 2040, considerou-se o número relativo a São Paulo em 2015: como cidade densamente motorizada, mas em um país em desenvolvimento, é uma referência que parece adequada para a legião de novas megacidades que provavelmente estarão em situação análoga em 25 anos.

XXXIII - Total da frota de LDV's – o total foi calculado com base nas taxas de motorização e na população.

XXXIV - % da frota circulando – 35% é o percentual da frota circulante de SP, conforme já discutido no quadro anterior. Aqui, o número pode ser igual, para comparar situações análogas, ou ser alterado para aventar hipóteses.

XXXV - Sem IoT – O título indica o início do bloco de hipóteses sem o uso de IoT.

XXXVI - Área ocupada pelo carro médio (circulando - M^2) – utilizada a mesma que no caso de São Paulo: 54,5 m^2.

XXXVII - Km de congestionamento/dia – calculado da mesma forma que em São Paulo, também.

XXXVIII - Custo do Congestionamento Anual Total (R$) – Foi utilizado, como referência, o custo de São Paulo.

Do item XXXIX até o LVI – idem São Paulo.

Com base nessas premissas, foram elaborados os cenários, que passaremos a descrever no capítulo seguinte.

Capítulo 5 - Cenários e Impactos

- O Cenário atual

Neste capítulo vamos descrever, tanto para São Paulo quanto para o conjunto das megacidades, para 2015 e 2040, o impacto ambiental, medido em reais, do uso da frota de veículos leves (LDV's). É importante ressaltar, no entanto, que o objetivo do modelo não é gerar apenas esse conjunto de cenários; é ser uma ferramenta que permita essas e outras muitas simulações, alterando-se o valor das variáveis de modo a gerar novos cenários, na medida em que se assuma outras premissas que não aquelas aqui expostas.

Assim, mais do que a definição dos cenários que serão descritos, o que se pretende é demonstrar que o modelo tem flexibilidade para compor tantos cenários quanto se queira – um modelo para cenários dinâmicos.

Antes dos cenários, no entanto, é preciso conhecer a situação atual.

No caso de São Paulo, como mostra a tabela a seguir, com os 35% da frota de mais de 5.700.000 LDV's circulando, a cidade tem, em média, 140 km de congestionamento por dia. Isso toma 43,8% da área trafegável da cidade no horário de pico. Números assim tão expressivos explicam porque pequenas alterações no percentual de veículos circulando são responsáveis por enormes transtornos: em dias de greve de transporte público, por exemplo, o número de ônibus e caminhões pouco se altera; são os LDV's que aumentam de forma significativa o volume de circulação na cidade, e provocam uma escalada exponencial nos índices de congestionamento.

Para reforçar o entendimento sobre o quanto de transtorno isso pode trazer, basta lembrar que a região do centro expandido de São Paulo (área na qual temos a incidência do rodízio de placas nos dias úteis) responde por apenas 150 km², ou cerca de 10% da área total da cidade. Ocorre que é nessa região que estão concentrados muitos dos pontos de interesse para a população, como diversos dos serviços públicos, ela está, permanentemente, sujeita à saturação. Cerca de 500.000 veículos são suficientes para deixa-la com o trânsito congestionado.

Tabela 12: Custo ambiental anual dos congestionamentos em São Paulo em 2015

São Paulo	
Saturação das ruas	**SP 2015**
Área de vias pavimentadas (km²)	**249**
Veículos (LDV's)	**5.724.956**
% da frota circulando	**35%**
Sem IoT	
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	109,14
% Saturação	43,8%
Congestionamento (alteração %)	
Congestionamento - custo ambiental anual total - R$	R$ 6.864.391.267,30

Fonte: elaboração do autor.

A TomTom, empresa holandesa fabricante de sistemas de navegação para veículos, produz um ranking de cidades congestionadas, comparando o tempo que as pessoas efetivamente levam em seus trajetos com o que levariam em condições de trânsito completamente livre.

Entre as 146 cidades monitoradas com população superior a 800.000 habitantes, São Paulo aparece em 36ª posição no ranking de 2015 (com dados de 2014), e é apenas a 5ª cidade brasileira na lista. Como se pode ver na tabela seguinte, Rio de Janeiro, Salvador, Recife e Fortaleza têm problemas ainda piores. Isso demonstra a importância que o tema adquiriu no país.

Das 40 cidades mais congestionadas, apenas 10 estão em países desenvolvidos, o que demonstra que esse desafio crescente seguirá se intensificando entre os países em desenvolvimento, onde ainda ocorrerá um grande crescimento nas taxas de motorização.

Tabela 13: Ranking Global de Níveis de Congestionamento 2015

Ranking	Cidade	País	Nível de Congestionamento (%)
1	Istanbul	Turkey	58%
2	Mexico City	Mexico	55%
3	Rio de Janeiro	Brazil	51%
4	Moscow	Russia	50%
5	Salvador	Brazil	46%
6	Recife	Brazil	45%
7	Saint Petersburg	Russia	44%
8	Bucharest	Romania	41%
9	Warsaw	Poland	40%
10	Los Angeles	United States	39%
11	Taipei	Taiwan	39%
12	Chongqing	China	38%
13	Rome	Italy	38%
14	Tianjin	China	38%
15	Beijing	China	37%
16	London	United Kingdom	37%
17	Guangzhou	China	37%
18	Marseille	France	36%
19	Chengdu	China	36%
20	Vancouver	Canada	35%
21	Sydney	Australia	35%
22	Paris	France	35%
23	Fortaleza	Brazil	35%
24	Shanghai	China	35%
25	Shijiazhuang	China	35%
26	San Francisco	United States	34%
27	Athens	Greece	34%
28	Fuzhou	China	34%
29	Shenyang	China	34%
30	Hangzhou	China	34%
31	Shenzhen	China	34%
32	Brussels	Belgium	33%
33	Zhuhai	China	33%
34	Ankara	Turkey	33%
35	Changchun	China	33%
36	São Paulo	Brazil	33%
37	Izmir	Turkey	33%
38	Singapore	Singapore	33%
39	Changsha	China	33%
40	Manchester	United Kingdom	32%

Fonte: Tom Tom (2015)

Os custos causados por esses congestionamentos são muitos, e de muitas naturezas. Mas vemos que apenas o custo ambiental anual da circulação de LDV's em São Paulo já chega em mais de R$ 6,8 bilhões.

No conjunto das 21 megacidades existentes hoje, há cerca de 85 milhões de LDV's circulando, considerando-se uma taxa de motorização de 260/1000, que é um pouco mais da metade daquela de São Paulo para 2015.

Considerando que o percentual da frota circulando é o mesmo de SP (35%), temos um custo ambiental anual dos congestionamentos de mais de R$ 102 bilhões, ou perto de US$ 25 bilhões.

Tabela 14: Custo ambiental anual dos congestionamentos nas 21 megacidades de 2015

Megacidades	
Saturação das ruas	**Megacidades 2015**
Megacidades (> 10 mi habitantes na região metropolitana)	**21**
População (somada - conjunto Megacidades)	**327.628.000**
Índice de Motorização (LDV's por 1000 hab)	**260**
Total da frota de LDV's	**85.183.280**
% da frota circulando	**35%**
Sem IoT	
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5
Km de congestionamento/dia	2.083
Custo do Congestionamento Anual Total (R$)	R$ 102.137.267.666,68

Fonte: Elaboração do autor

São números muito expressivos, que mostram já hoje a relevância do tema. Os cenários a seguir mostram algumas das possibilidades de evolução desses valores.

- Os Cenários futuros projetados

Cenário 1 – Tendencial

No Cenário 1, algumas das condições de hoje são mantidas, mas seu efeito é ampliado em função do crescimento das cidades. Algumas tecnologias de IoT beneficiarão a redução de congestionamentos, mas não de forma radical, pela adoção limitada, em função de custos e mesmo de uma atitude ainda conservadora de parte dos consumidores. As emissões também serão reduzidas, e uma parte da frota – 35%, especialmente os modelos mais sofisticados – vai estar alinhada com a norma europeia.

Para o caso de São Paulo:

Tabela 15: Cenário 1 – São Paulo

São Paulo - Cenário 1			
Saturação das ruas	**SP 2015**	**SP 2040**	**SP 2040 ("NYC like")**
Área de vias pavimentadas (km²)	**249**	**249**	**249**
Veículos (LDV's)	**5.724.956**	**8.240.000**	**8.240.000**
% da frota circulando	**35%**	**35%**	**23%**
Sem IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	54,5	54,5
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	109,14	157,09	103,23
% Saturação	43,8%	63,0%	41,5%
Congestionamento (alteração %)		43,9%	-5,4%
Congestionamento - custo ambiental anual total - R$	R$ 6.458.804.364,95	R$ 9.296.237.030,85	R$ 6.108.955.763,13
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 2.837.432.665,90	-R$ 3.187.281.267,72
% da frota dentro da nova norma européia	**0%**	**35%**	**35%**
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de automóveis - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental dos LDV's (R$)		R$ 7.734.469.209,67	R$ 5.082.651.194,92
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 1.275.664.844,72	-R$ 4.213.585.835,93
Com IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	45,2	45,2
% da frota com IoT	0,0	35%	35%
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	109,1	130,4	85,7
% Saturação	43,8%	52,3%	34,4%
Congestionamento (aumento%)		-17,0%	-21,5%
Congestionamento - custo anual total - R$		R$ 5.363.127.043,73	R$ 5.072.627.070,11
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		-3.933.109.987,12	-R$ 290.499.973,62
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa ao custo ambiental dos LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental (R$)		R$ 4.462.121.700,38	R$ 4.220.425.722,33
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 4.834.115.330,47	-R$ 5.075.811.308,52

Fonte: Elaboração do autor

- Item II - Área de vias pavimentadas (km²): Nesse cenário, considerou-se que a malha viária de São Paulo não crescerá até 2040, de modo a reduzir o impacto das variações e tornar mais simples as comparações com a situação atual.

- Número de veículos (LDV's) – Lembrando, entre 2001 e 2011, segundo Rodrigues (2011), o número de automóveis na cidade de São Paulo cresceu 68,2%. Para os próximos 25 anos, projetamos nesse cenário uma taxa substancialmente mais baixa, em função da já elevada taxa de motorização da cidade. Assim, considerou-se que será a metade da taxa média projetada globalmente para os próximos 25 anos (global: 2,934%; São Paulo: 1,467%), e o total de LDV's foi estimado em 8.240.000.

- O percentual da frota circulando (itens IV e XXXIV) segue o mesmo de hoje, de 35%, menos para o 2040 "NYC Like", que será de reduzido em um terço, para 23%, em função dos benefícios trazidos pela ampliação do metrô, acompanhados de algumas regras de redução de uso de carros, particularmente na região central.

- Não há alteração na área ocupada (itemVI), que permanece a mesma de 2015.

Sem IoT

- Mas a saturação aumenta mais de 63% e os congestionamentos, mais de 43%. Com isso, custo ambiental anual dos congestionamentos chega a quase R$ 10 bilhões na cidade de São Paulo, um crescimento de mais de R$ 3 bilhões em relação ao que ocorre hoje.

- A adoção da norma europeia numa parte da frota permite reduzir o custo em cerca de R$ 1 bilhão por ano.

- Na cidade "*NYC Like*", a saturação seria menor que em 2015, o engarrafamento também, e o custo ambiental dos congestionamentos não só não cresceria, mas seria reduzido em cerca de 6%. Isso reduziria o custo em cerca de R$ 3,4 bilhões anuais, isoladamente, ou cerca de R$ 4 bilhões se adotada em conjunto com a adoção da norma europeia em parte da frota.

- Já nesse ponto, é oportuno avaliar: nesse cenário é economicamente vantajoso investir na ampliação dos transportes públicos de massa, especialmente o metrô? Comparando-se o custo anual de construção de novas linhas que já apresentamos (cerca de R$ 3,48

bilhões) com as economias acima, parece que sim; os custos de investimento são inferiores aos benefícios do ponto de vista apenas do custo ambiental, sem considerar os outros.

Com IoT

- A adoção das tecnologias de IoT em parte da frota reduz substancialmente o congestionamento e os custos ambientais relacionados. A diminuição, se combinada com a cidade "*NYC Like*", pode chegar a mais de 50%, ou cerca de R$ 5,4 bilhões por ano.

Para o caso da Megacidades:

Tabela 16: Cenário 1 – Megacidades

Megacidades - Cenário 1			
Saturação das ruas	**Megacidades 2015**	**Megacidades 2040**	**Megacidades 2040 ("NYC like")**
Megacidades (> 10 mi habitantes na região metropolitana)	**21**	**50**	**50**
População (somada - conjunto Megacidades)	**327.628.000**	**893.658.000**	**893.658.000**
Índice de Motorização (LDV's por 1000 hab)	**260**	**481**	**481**
Total da frota de LDV's	**85.183.280**	**429.849.498**	**429.849.498**
% da frota circulando	**35%**	**35%**	**23%**
Sem IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	54,5	54,5
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	1.624	8.195	5.385
Custo do Congestionamento Anual Total (R$)	R$ 74.918.302.097,04	R$ 378.050.652.046,11	R$ 248.433.285.630,30
Congestionamento (aumento %)		404,6%	231,6%
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 303.132.349.949,07	R$ 173.514.983.533,26
% da frota dentro da nova norma européia	**0%**	**35%**	**35%**
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução das emissões (R$)		R$ 314.538.142.502,37	R$ 206.696.493.644,41
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 63.512.509.543,75	-R$ 171.354.158.401,70
Com IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando)	54,5	45,2	45,2
% da frota com IoT	0,0	35%	35%
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	1.624	6.804	4.471
Congestionamento (aumento%)		319,0%	175,4%
Congestionamento - custo anual total - R$		R$ 313.917.802.943,78	R$ 206.288.841.934,48
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 64.132.849.102,34	-R$ 107.628.961.009,29
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução das emissões (R$)		R$ 261.179.612.049,22	R$ 171.632.316.489,49
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 116.871.039.996,89	-R$ 206.418.335.556,62

Fonte: Elaboração do autor

- O número de carros por mil habitantes crescerá até atingir a mesma taxa de motorização de São Paulo em 2015, ou seja, 481 LDV's/1000.

- A área ocupada com congestionamento em 2040, somadas as 21 metrópoles, equivale ao mais de 5 vezes a área do município de São Paulo, inteiramente coberta por veículos.

- Aqui também, como esperado, o custo anual evitável pela adoção da cidade "*NYC Like*", sendo parte da frota atendendo à norma europeia e com IoT (35% para os dois casos) é de quase R$ 203 bilhões, mais que suficientes para cobrir o custo de cerca de R$ 170 bilhões por ano para dotar todas essas cidades de redes extensas de metrô.

Cenário 2 – High Tech Smart Cars

Nesse cenário, haverá regras rígidas contra emissões em todos os países relevantes para a indústria de automóveis, e a norma europeia terá sido universalizada a tempo suficiente para que toda a frota circulante pelo menos atenda a ela, quando não a supere.

As tecnologias da IoT terão invadido os transportes, e conectado carros, ruas e pessoas, numa rede robusta e eficiente, que vai reduzir muito os congestionamentos e tornar o trânsito um ambiente muito mais seguro.

O transporte individual seguirá sendo uma escolha, mas conectado e integrado aos demais modais, e permitindo o seu uso com muito mais eficiência.

Os consumidores, impactados pela evolução do aquecimento global, e pelo aumento da difusão das informações sobre seus efeitos, se tornam mais sensíveis à necessidade de adotar procedimentos para a mobilidade que sejam menos ambientalmente impactantes, e isso ajuda a dirigir e determinar suas escolhas de consumo.

Com tantas alternativas de transporte eficientes, e a possibilidade de combinação de muitas delas, as pessoas usam menos, e de forma mais racional o carro. Conveniência trazida pela tecnologia e consciência vinda do maior conhecimento das consequências das escolhas individuais, somadas, alteram fortemente as características da mobilidade.

Tabela 17: Cenário 2 – São Paulo

São Paulo - Cenário 2			
Saturação das ruas	**SP 2015**	**SP 2040**	**SP 2040 ("NYC like")**
Área de vias pavimentadas (km²)	**249**	**249**	**249**
Veículos (LDV's)	**5.724.956**	**8.240.000**	**8.240.000**
% da frota circulando	**35%**	**30%**	**20%**
Sem IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	54,5	54,5
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	109,14	134,64	89,76
% Saturação	43,8%	54,0%	36,0%
Congestionamento (alteração %)		23,4%	-17,8%
Congestionamento - custo ambiental anual total - R$	R$ 6.458.804.364,95	R$ 7.968.203.169,30	R$ 5.312.135.446,20
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 1.509.398.804,35	-R$ 2.656.067.723,10
% da frota dentro da nova norma européia	**0%**	**100%**	**100%**
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de automóveis - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental dos LDV's (R$)		R$ 4.143.465.648,04	R$ 2.762.310.432,02
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 2.315.338.716,91	-R$ 5.205.892.737,28
Com IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	28,1	28,1
% da frota com IoT	0,0	100%	100%
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	109,1	69,4	46,3
% Saturação	43,8%	27,8%	18,6%
Congestionamento (aumento%)		-48,5%	-57,6%
Congestionamento - custo anual total - R$		R$ 3.328.297.732,90	R$ 2.737.405.774,10
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		-4.639.905.436,40	-R$ 590.891.958,79
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa ao custo ambiental dos LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental (R$)		R$ 1.730.714.821,11	R$ 1.423.451.002,53
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 6.237.488.348,19	-R$ 6.544.752.166,77

Fonte: Elaboração do autor

- Mesmo com apenas uma pequena queda no número percentual de veículos circulando (de 35% para 30%, mas de uma frota que cresceu de 5,7 para 8,2 milhões de veículos), o aumento dos congestionamentos é a metade do cenário 1, ainda sem considerar os impactos trazidos pelas tecnologias de IoT.

Tabela 18: Cenário 2 - Megacidades

Megacidades - Cenário 2			
Saturação das ruas	**Megacidades 2015**	**Megacidades 2040**	**Megacidades 2040 ("NYC like")**
Megacidades (> 10 mi habitantes na região metropolitana)	**21**	**50**	**50**
População (somada - conjunto Megacidades)	**327.628.000**	**893.658.000**	**893.658.000**
Índice de Motorização (LDV's por 1000 hab)	**260**	**481**	**481**
Total da frota de LDV's	**85.183.280**	**429.849.498**	**429.849.498**
% da frota circulando	**35%**	**30%**	**20%**
Sem IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	54,5	54,5
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	1.624	7.024	4.683
Custo do Congestionamento Anual Total (R$)	R$ 74.918.302.097,04	R$ 324.043.416.039,52	R$ 216.028.944.026,35
Congestionamento (aumento %)		332,5%	188,4%
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 249.125.113.942,48	R$ 141.110.641.929,31
% da frota dentro da nova norma européia	**0%**	**100%**	**100%**
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução das emissões (R$)		R$ 168.502.576.340,55	R$ 112.335.050.893,70
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 155.540.839.698,97	-R$ 211.708.365.145,82
Com IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando)	54,5	28,1	28,1
% da frota com IoT	0,0	100%	100%
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	1.624	3.620	2.413
Congestionamento (aumento%)		122,9%	48,6%
Congestionamento - custo anual total - R$		R$ 166.983.377.421,56	R$ 111.322.251.614,37
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 157.060.038.617,97	-R$ 55.661.125.807,19
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução das emissões (R$)		R$ 86.831.356.259,21	R$ 57.887.570.839,47
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 237.212.059.780,32	-R$ 266.155.845.200,05

Fonte: Elaboração do autor

Cenário 3 – Low Tech SUV's

Motivado pela sua elevação de renda, o consumidor dos mercados emergentes se rende aos sonhos dos tempos de menos recursos, e prefere comprar veículos maiores e mais pesados.

Atento a esse desejo do consumidor - que não tem interesse em fazer concessões maiores agora que, finalmente, tem poder aquisitivo para adquirir o veículo dos sonhos - os fabricantes de automóveis reduzem a intensidade no desenvolvimento e adoção de novas tecnologias de redução emissões e impacto ambiental dos carros - particularmente nos países em desenvolvimento, em que as normas não foram suficientemente enrijecidas para proporcionar uma evolução mais célere.

Lançam também novos modelos que são versões ampliadas dos veículos tradicionalmente compactos direcionados a atender aos compradores que ou estão adquirindo seu primeiro modelo, ou àqueles que já têm um automóvel, mas que contam com orçamentos comprimidos. Numa estratégia análoga à bem-sucedida iniciativa da Renault do início dos anos 2010, com a sua plataforma de baixo custo M0 (compartilhada por Logan, Sandero e outros modelos de grande sucesso comercial), projetam veículos com aparência mais volumosa, mas de baixo custo, exatamente como a montadora francesa procedeu a partir de sua subsidiária romena, Dacia, como ressalta a Automotive News Europe (2012): a Dacia tornou-se uma "máquina de lucro para a montadora" (a Dacia teve em 2012 uma margem operacional estimada entre 9 e 10 por cento – equivalente à de fabricantes de veículos "premium", de acordo com os cálculos de analistas - e seus veículos, em dois terços dos casos, são vendidos sob a marca Renault, especialmente em países emergentes). Os fabricantes rivais, que demoraram a reagir ao movimento da Renault, recuperaram o tempo perdido e desenvolveram novas plataformas de baixo custo e dimensões mais generosas, mas com menos tecnologia de ponta embarcada e menor preocupação com a sustentabilidade.

Maravilhados com seus novos veículos, os consumidores evitam o transporte público e, mesmo enfrentando congestionamentos cada vez mais intensos diariamente, usufruem dos sistemas de entretenimento a bordo e não se incomodam com o tempo de *commuting* crescentemente mais alto.

Por falta de acordos entre os diversos países, não há normatização das tecnologias de IoT e elas ficam restritas a poucos países desenvolvidos e a uma parcela desprezível da frota dos países em desenvolvimento (estimada aqui em 0% no total).

Tabela 19: Cenário 3 – São Paulo

São Paulo - Cenário 3			
Saturação das ruas	**SP 2015**	**SP 2040**	**SP 2040 ("NYC like")**
Área de vias pavimentadas (km²)	**249**	**249**	**249**
Veículos (LDV's)	**5.724.956**	**8.240.000**	**8.240.000**
% da frota circulando	**35%**	**40%**	**30%**
Sem IoT		**5%**	
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	55,2	55,2
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	109,14	181,98	136,48
% Saturação	43,8%	73,0%	54,8%
Congestionamento (alteração %)		66,7%	25,1%
Congestionamento - custo ambiental anual total - R$	R$ 6.458.804.364,95	R$ 10.769.274.986,21	R$ 8.076.956.239,65
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 4.310.470.621,26	-R$ 2.692.318.746,55
% da frota dentro da nova norma européia	**0%**	**10%**	**10%**
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de automóveis - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução do custo ambiental dos LDV's (R$)		R$ 10.252.349.786,87	R$ 7.689.262.340,15
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 3.793.545.421,92	-R$ 3.080.012.646,05

Fonte: Elaboração do autor

Tabela 20: Cenário 3 – Megacidades

Megacidades - Cenário 3			
Saturação das ruas	**Megacidades 2015**	**Megacidades 2040**	**Megacidades 2040 ("NYC like")**
Megacidades (> 10 mi habitantes na região metropolitana)	**21**	**50**	**50**
População (somada - conjunto Megacidades)	**327.628.000**	**893.658.000**	**893.658.000**
Índice de Motorização (LDV's por 1000 hab)	**260**	**481**	**481**
Total da frota de LDV's	**85.183.280**	**429.849.498**	**429.849.498**
% da frota circulando	**35%**	**40%**	**30%**
Sem IoT			
Área ocupada pelo carro médio (circulando - M²)	54,5	55,2	55,2
Área das ruas ocupada por veículos (KM²)	1.624	9.493	7.120
Custo do Congestionamento Anual Total (R$)	R$ 74.918.302.097,04	R$ 437.954.778.593,54	R$ 328.466.083.945,15
Congestionamento (aumento %)		484,6%	338,4%
Diferença de custo de congestionamento/ano (R$)		R$ 363.036.476.496,49	R$ 253.547.781.848,11
% da frota dentro da nova norma européia	**0%**	**10%**	**10%**
Congestionamento - Impacto da norma européia (redução nas emissões de LDV's - %)	48%		
Parcela dos custos de congestionamento relativa à poluição de LDV's (%)	100,0%		
Congestionamento - custo anual com redução das emissões (R$)		R$ 416.932.949.221,05	R$ 312.699.711.915,79
Diferença Total de custo de congestionamento/ano (R$)		-R$ 21.021.829.372,49	-R$ 125.255.066.677,75

Fonte: Elaboração do autor

As tabelas a seguir trazem os números comparativos entre a situação atual e os cenários propostos, para os casos de São Paulo e das 40 megacidades em 2040.

Tabela 21: Comparativo entre os resultados dos cenários – sem considerar os efeitos das tecnologias IoT e da adoção da norma europeia - São Paulo

		Custo Ambiental dos Congestionamentos/ano	Diferença para SP 2015	Diferença para o Cenário 1
São Paulo 2015		**R$ 6.458.804.364,95**		
Cenário 1 - Tendencial	**São Paulo 2040**	**R$ 9.296.237.030,85**	**43,9%**	
	São Paulo 2040 "NYC Like"	**R$ 6.108.955.763,13**	**-5,4%**	
Cenário 2 - High Tech Smart Cars	**São Paulo 2040**	**R$ 7.968.203.169,30**	**23,4%**	**-14,3%**
	São Paulo 2040 "NYC Like"	**R$ 5.312.135.446,20**	**-17,8%**	**-13,0%**
Cenário 3 - Low Tech SUV's	**São Paulo 2040**	**R$ 10.769.274.986,21**	**66,7%**	**15,8%**
	São Paulo 2040 "NYC Like"	**R$ 8.076.956.239,65**	**25,1%**	**32,2%**

Fonte: Elaboração do autor

A primeira observação que pode ser feita sobre o que diz a tabela comparativa é de que o Cenário 1 não traz boas notícias: o aumento de 43% do custo ambiental nos próximos 25 anos virá agravar severamente um problema que já não é pequeno em São Paulo.

Por outro lado, que há possibilidade de que a situação não se agrave tanto, uma vez que o investimento em transporte público tem o potencial de não apenas minorar esses efeitos, como até de tornar esse impacto menor que o de 2015, como demonstram as hipóteses "São Paulo 'NYC Like'" dos Cenários 1 e 2.

Por outro lado, vemos que as consequências de não serem tomadas as providências necessárias no que tange às políticas públicas que possam minimizar os custos ambientais do crescimento do uso da frota (ou de suas externalidades) são muito relevantes, como revelam os números do Cenário 3.

Tabela 22: Comparativo entre os resultados dos cenários – considerando os efeitos das tecnologias IoT e da adoção da norma europeia - São Paulo

		Custo Ambiental dos Congestionamentos/ano	Diferença para SP 2015
São Paulo 2015		R$ 6.458.804.364,95	
Cenário 2 - High Tech Smart Cars - considerando os efeitos do uso de IoT e da adoção das normas de emissão européias	São Paulo 2040	R$ 1.730.714.821,11	-73,2%
	São Paulo 2040 "NYC Like"	R$ 1.423.451.002,53	-78,0%

Fonte: Elaboração do autor

Na tabela anterior, vemos os efeitos muito relevantes da adoção das tecnologias de IoT (para 100% da frota) e de redução de emissões (também para 100% da frota) que, combinadas, promovem uma redução de quase 75% no custo ambiental, mesmo sem que a rede de transporte público não se desenvolva tão significativamente. Por outro lado, essa ampliação da rede traria reflexos importantes, levando a que essa redução alcançasse quase 80% do que hoje temos de custo ambiental do uso da frota de LDV's.

No caso do conjunto de megacidades, a situação é ainda mais aguda, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 23: Comparativo entre os resultados dos cenários – sem considerar os efeitos das tecnologias IoT e da adoção da norma europeia – Megacidades

		Custo Ambiental dos Congestionamentos/ano	Diferença para Megacidades 2015	Diferença para o Cenário 1
Megacidades 2015		R$ 74.918.302.097,04		
Cenário 1 - Tendencial	Megacidades 2040	R$ 378.050.652.046,11	404,6%	
	Megacidades 2040 "NYC Like"	R$ 248.433.285.630,30	231,6%	
Cenário 2 - High Tech Smart Cars	Megacidades 2040	R$ 324.043.416.039,52	332,5%	-14,3%
	Megacidades 2040 "NYC Like"	R$ 216.028.944.026,35	188,4%	-13,0%
Cenário 3 - Low Tech SUV's	Megacidades 2040	R$ 437.954.778.593,54	484,6%	15,8%
	Megacidades 2040 "NYC Like"	R$ 328.466.083.945,15	338,4%	32,2%

Fonte: Elaboração do autor

O crescimento do custo do impacto ambiental será muito severo, de cerca de 5 vezes o atual, de acordo com o Cenário 1, uma situação bastante mais aguda que a de São Paulo, em especial porque muitas dessas futuras megacidades ainda serão muito mais densamente povoadas, e motorizadas, do que hoje são. Em quase todos os cenários, os custos ambientais do uso de LDV's se agrava, consequências dos problemas trazidos por esse crescimento acelerado, embora, como demonstra a tabela a seguir, a soma de tecnologia e ampliação da rede de transporte público possa torna-lo um pouco menos agudo do que é hoje.

Tabela 24: Comparativo entre os resultados dos cenários – considerando os efeitos das tecnologias IoT e da adoção da norma europeia – Megacidades

		Custo Ambiental dos Congestionamentos/ano	Diferença para Megacidades 2015
Megacidades 2015		R$ 74.918.302.097,04	
Cenário 2 - High Tech Smart Cars - considerando os efeitos do uso de IoT e da adoção das normas de emissão européias	Megacidades 2040	R$ 86.831.356.259,21	15,9%
	Megacidades 2040 "NYC Like"	R$ 57.887.570.839,47	-22,7%

Fonte: Elaboração do autor

Tornar o Cenário 2 realidade, no entanto, é tarefa bastante desafiadora, em especial por estarem as megacidades existentes, ou que se formarão, majoritariamente em países em desenvolvimento, onde as muitas carências são grandes consumidoras de recursos, atenção e esforço dos governos e das populações. O tema, no entanto, parece ter consequências suficientemente graves para que esteja entre as prioridades.

Capítulo 6 – Conclusões e recomendações

Através do modelo de geração de cenários dinâmicos aqui proposto foram apresentados três cenários contrastantes, e a sua análise permitiu apontar uma série de possibilidades para o futuro das megacidades em 2040, no que tange aos custos ambientais do uso da frota de LDV's. E as conclusões podem indicar as perspectivas dessas e de outras análises possíveis através dos cenários dinâmicos, uma vez que a mudança em uma ou mais das variáveis, ou mesmo a introdução de novos elementos, permitiria gerar visões inteiramente diversas das que foram aqui apresentadas, dependendo apenas do interesse do pesquisador.

E esse era mesmo o objeto desse trabalho: entender melhor como se daria o uso da metodologia para testar hipóteses, e explicitar mais amplamente as perspectivas, quantitativas e qualitativas, de um problema que se coloca. E, em função de novas dúvidas ou do interesse em melhor entender um ponto em especial, realizar novos cenários sem restrições mais relevantes.

O conjunto de cenários aqui descrito permite algumas conclusões importantes tanto sobre São Paulo quanto sobre as projetadas 40 megacidades de 2040.

A viabilidade do modelo de cenários dinâmicos

A frase de William Shakespeare, que serve de epígrafe a esse trabalho, dá bem a extensão do desafio de formular algo que tem como cerne tentar o menos complexo, como um modelo simplificado para a geração de cenários dinâmicos. Um modelo precisa conter as variáveis necessárias para que seus resultados – os cenários, nesse caso – possam ser úteis para o objeto que se quer estudar; por outro lado, a ambição de torna-lo cada vez mais completo e fiel à realidade faz com que ele vá acumulando complexidades até que corra o risco de tornar-se tão intrincado quanto a própria realidade e, por isso, ter comprometida a sua utilidade.

A elaboração do modelo aqui descrito contou com elementos essenciais de duas metodologias robustas, testadas e conhecidas, casos da Dinâmica de Sistemas e da técnica Delphi. O que se procurou fazer foi vencer, com a junção de partes de cada uma delas, as limitações que as metodologias têm na sua base original.

Da Dinâmica de Sistemas, procurou-se aproveitar da completude da análise da cadeia de fatos intervenientes e relações de causa e efeito, sem cair na complexidade da sua estrutura total, muito necessária para a montagem de modelos para estudar determinados problemas, mas demasiadamente ampla para questões que necessitam de uma abordagem mais rápida.

Da técnica Delphi foi utilizada a sua prática de consultas sequenciais a grupos de especialistas, de modo a dar consistência ao processo de simplificação do conjunto de variáveis gerado, sem, no entanto, perder a possibilidade de simular novos cenários apenas com a alteração dos valores e pesos das variáveis, o que, pela característica da metodologia Delphi, só seria possível numa pesquisa inteiramente nova.

Definido o construto, a elaboração dos cenários demonstrou que se pode, através dele, simular incontáveis situações, de acordo com hipóteses que se queira confirmar (numa avaliação mais qualitativa) ou mensurar (numa abordagem mais quantitativa), e ambas podem ser atendidas pelo modelo de cenários dinâmicos.

A diversidade de análises possíveis, o número praticamente ilimitado de cenários que podem ser gerados, e a relativa simplicidade para se elaborar e utilizar o modelo foram objetivos que se quis alcançar nesse trabalho.

Quanto às perspectivas para São Paulo

A cidade de São Paulo, nos cenários propostos, pode ver bastante agravados os custos ambientais do uso da frota de LDV's. Se nada for feito, a cidade, que já é conhecida pelo seu trânsito difícil, pode vir a sofrer muito mais nas próximas décadas em função das alternativas limitadas no que tange ao transporte público – pelo menos, se comparada a outras metrópoles de países desenvolvidos, como se falou nesse trabalho sobre os casos de Paris e de Londres.

O crescimento da frota projetado aqui foi relativamente modesto, se tomado como referência o crescimento dos últimos anos, mas, ainda assim, capaz de transformar para pior, e de forma significativa, a rotina da cidade. Os cerca de 3 milhões de veículos novos significariam, mantida a taxa atual de aproximadamente 35% deles circulando diariamente, mais 1 milhão de veículos

nas ruas, o que afetaria toda a cidade, mas em especial a região do seu centro expandido - uma parcela de apenas 10% da área total do município, mas local onde se concentram muitos dos pontos focais de atração da população, do comércio de luxo ao mais popular, dos serviços privados e públicos das mais diversas naturezas, de parte relevante dos centros gratuitos ou pagos de lazer, de dois dos quatro mais importantes estádios de futebol, de centros culturais, museus e das sedes de boa parte das empresas.

O SP2040, o plano estratégico elaborado para a cidade, e já citado nesse trabalho, propõe, entre outras mudanças capazes de alterar o destino e o perfil da metrópole paulistana, a chamada cidade de 30 minutos: que o *commuting* diário não dure, em média, mais de 30 minutos. O projeto traz no seu escopo o conceito de aproximar as pessoas de suas atividades cotidianas, o que altera a lógica dos fluxos intraurbanos e interurbanos, em especial aqueles que necessitam de transporte. Para tanto é preciso intervir, ao mesmo tempo, na ocupação urbana e na infraestrutura de transportes. O conceito foi consagrado pela população nas votações ao longo do SP2040, não sem razão.

O físico e analista de sistemas complexos italiano Cesare Marchetti, em seu "Anthropological Invariants in Travel Behavior" (MARCHETTI, 1994) definiu a quantidade média de tempo gasto para os trajetos regulares para o trabalho ou a escola, a cada dia, como sendo de aproximadamente uma hora (cerca de meia hora para ida e outro tanto para a volta). No artigo, ele analisa desde cidades da Grécia antiga, e apresenta um interessante estudo evolutivo da cidade de Berlim, na Alemanha, em que o perímetro da cidade parte de cerca de 2,5 km em 1800, percorríveis a pé no tempo de 30 minutos, e cresce na medida em que os meios de transporte disponíveis (carroças, bondes elétricos, metrô e carros) se disseminam, e permitem aos cidadãos se irem cada vez mais longe, mantendo seu tempo de *commuting* inalterado.

Os 30 minutos de trajeto (ou a uma hora diária) ganharam o apelido de Constante de Marchetti, e ele postula ainda que, embora as formas de planejamento urbano e de transporte possam mudar, e, não obstante, alguns vivam em aldeias e outros habitem megacidades, as pessoas gradualmente ajustam suas vidas às suas condições (incluindo a localização das suas casas em relação ao seu local de trabalho) de tal modo que o tempo médio de viagem permaneça aproximadamente constante.

São Paulo, há muito tempo, não permite à média dos seus cidadãos esses deslocamentos diários 30 minutos, é um sonho que pode, em especial pelas projeções do Cenário 2, ser possível.

O aumento da rede de metrô da cidade até atingir o mesmo porte daquela de NYC custaria algo como R$ 3,5 bilhões por ano (são 290 km de linhas construir ao longo de 25 anos, ou cerca de 11,6 km por ano, a um custo de aproximadamente R$ 300 milhões por km, como já citado nesse trabalho). A diferença do custo ambiental anual da circulação dos LDV's, comparando a situação atual com a de 2040 "NYC Like" se aproxima desse valor no Cenário 1, e o supera muito no Cenário 2. Há que se considerar que boa parte desse custo ambiental não é coberto pelo estado e que, portanto, ele não será direta e equivalentemente beneficiado pelas reduções advindas da adoção do novo modal de transporte.

Mas parece claro também que a demanda por alternativas de mobilidade é e seguirá sendo cada vez mais intensa, especialmente no caso daqueles que dependem do transporte público em São Paulo: de acordo com a Pesquisa Origem-Destino do Metrô (METRÔ, 2013), os usuários das redes de ônibus, metrô e trens da cidade demoravam diariamente mais que o dobro daqueles que usavam transporte individual motorizado (2h14m contra 1h3m – o segundo grupo apenas ligeiramente acima da constante de Marchetti).

Assim, apesar dos custos ambientais do uso da frota já serem suficientemente grandes para justificarem um avanço possível na direção correta, a insatisfação crescente de boa parte dos cidadãos pelo aumento dos congestionamentos, indicados pelo modelo, também tornará, provavelmente, a ampliação da rede de transporte por trilhos uma hipótese mandatória.

Quanto à sustentabilidade das megacidades globais

Se para a cidade de São Paulo os cenários indicam um desafio relevante na convivência com o aumento de congestionamentos, o futuro é ainda mais crítico para o conjunto das 40 megacidades globais.

O crescimento da população urbana nos países em desenvolvimento representa, em muitos casos, a criação de novas megacidades em poucos anos. Bombaim, Délhi e Calcutá, na Índia; Daca, em Bangladesh; Kinshasa, no Congo; Karachi, no Paquistão; e Lagos, na Nigéria. Estas

serão as cidades que, em meados do século XXI, segundo HOORNWEG e POPE (2014), farão companhia a Tóquio como metrópoles com mais de 30 milhões de pessoas na sua região metropolitana. A maior parte dessas metrópoles tem menos de 10 milhões de habitantes hoje. O crescimento que experimentarão em pouco tempo é, portanto, muito intenso.

Pode-se projetar que, em muitas delas, o impacto será agudamente transformador em relação às paisagens que vemos hoje. Algumas das futuras megacidades, como Lagos, ou Kinshasa, mais do que triplicarão de tamanho ao longo desses próximos 25 anos.

De 1900 a 1950, São Paulo decuplicou sua população; triplicou-a nos 25 anos seguintes; para novamente duplica-la nos 25 anos que levaram ao final do século XX. O caso de São Paulo é, assim - e de muitas formas, como já vimos - um exemplo do que acontecerá com essas cidades que surgirão nos países emergentes: centros situados em países em desenvolvimento, que se tornam, por razões fundamentalmente econômicas, grandes atratores de populações de outras regiões do país.

Essas massas de novos habitantes precisam de mobilidade nessa cidade que cresce e aumenta sua mancha urbana todos os dias. Que meios serão aqueles preferencialmente adotados para o *commuting* é uma questão que dependerá fundamentalmente dos custos e das conveniências oferecidos. Os resultados dos impactos ambientais que os cenários desenhados com o modelo, particularmente nos Cenários 1 e 3, demonstram, são um evidente sinal de que há um prenúncio de grandes dificuldades, e custos de centenas de bilhões de reais envolvidos.

A implantação de uma rede de transporte público nessas cidades, mais do que apenas um mecanismo para mitigar esses custos e demais efeitos dos impactos ambientais do uso da frota de LDV's, pode significar um importante elemento para evitar que esse crescimento acelerado traga outras externalidades mais graves.

MORIARTY e HONNERY (2008) discutem no artigo "Low-mobility: The future of transport" se as cidades devem se adaptar às necessidades de mobilidade postas hoje ou se, ao contrário, os cidadãos devem se amoldar a uma nova sistemática de modais de transporte definida pela gestão pública, e que pode causar, eventualmente, uma redução na velocidade média dos trajetos, até porque haveria um uso mais intenso de caminhadas a pé e outras formas individuais

não motorizadas de transporte (como bicicletas e patins, entre outros). É uma visão possível, particularmente considerando-se que os autores direcionam seu trabalho para uma cidade bastante desenvolvida - Melbourne, na Austrália. Para as emergentes megacidades dos países em desenvolvimento, o desafio da mobilidade sustentável é - e os números dos cenários são eloquentes nesse sentido - enorme.

Limitações do trabalho e sugestões de pesquisas adicionais

Em trabalhos dessa natureza é tão desafiador justificar a presença dos elementos que o compõem, das metodologias e procedimentos que foram utilizados, quanto a ausência de outros que poderiam ser também selecionados.

Do ponto de vista das metodologias, WRIGHT (1995) explica com detalhes as possibilidades de uso da Análise e Estruturação de Modelos (*Interpretative Structural Modelling* – ISM, na sigla em inglês) na formulação, construção e análise de problemas complexos, particularmente se ampliando seu escopo com elementos de inferência lógica, que permitem não limitar a resposta às relações entre variáveis a apenas sim e não, como ocorre classicamente com o ISM. Assim, seria possível utilizá-lo para estruturar o conjunto de variáveis que comporiam o modelo de geração de cenários dinâmicos, em lugar da abordagem da Dinâmica de Sistemas, mas os passos da DS, para o objetivo de construir um modelo matemático para fazer simulações, oferecem uma forma mais estruturada para estabelecer relações quantitativas entre essas variáveis selecionadas.

Como metodologia experimental, o modelo proposto aqui precisa ser muito mais testado para comprovar a sua aplicabilidade, eficácia e simplicidade, objetivos da sua formulação. Os cenários gerados parecem apontar que há bons indícios nessa direção, cuja comprovação definitiva ficará a cargo de pesquisas posteriores.

Não são apenas os LDV's que circulam no trânsito e que promovem congestionamentos: todos os demais veículos o fazem, e contribuem para a ampliação do problema, embora a frota de caminhões, ônibus e outros veículos pesados cresça numa correlação e escala diferentes

daquelas dos LDV's no que tange ao aumento da população e sua renda. Estudos mais amplos podem considera-los para oferecer uma visão estendida dos problemas descritos aqui.

As externalidades ambientais do uso de LDV's também podem ir muito além daquelas aqui descritas e incluídas no modelo apresentado: Braga et al (2001) descrevem as muitas implicações para a saúde da exposição à poluição atmosférica; trabalhos como o de Brasil et al (2014) apontam diversos outros elementos interferentes da presença da frota de carros no espaço das cidades, como intrusão visual, efeitos sobre os solos (erosão, por exemplo), impactos sobre a biota (advindos do cerceamento da circulação de animais) ou ainda a segregação de comunidades (separadas ou impactadas muitas vezes pela presença de estradas, viadutos ou outras obras viárias). Incluir esses e outros elementos aumenta a complexidade do modelo, mas pode ser necessário para outros tipos de análise para além daquelas feitas aqui.

E há também o vasto tema da evolução das metrópoles, que abrange um sem-número de objetos para além da questão da mobilidade; e, ainda sobre ela, há muitas e tantas formas de abordar o assunto, seja do ponto de vista do seu custo para o usuário (que se mistura com a importante questão da inclusão, particularmente em países em desenvolvimento) seja quanto à sua evolução, e das muitas controvérsias sobre que caminhos seguir, como bem demonstram as propostas antagônicas de Ausubel e Marchetti (2001) – que apostam no futuro do transporte rápido, particularmente do MAGLEV - e de Moriarty e Honnery (2008), que adotam uma posição mais focada em mudanças de hábitos e modos de se transportar nas cidades.

Por tudo isso, há muito terreno ainda a ser pesquisado sobre o tema. E o crescimento das megacidades, em número e em tamanho, oferece um grande estímulo para isso, até pela necessidade de contribuir crescentemente para que esse processo se dê de maneira mais sustentável do que o experimentado até aqui.

Referências bibliográficas

ALEXANDRATOS, Nikos e BRUINSMA Jelle. World Agriculture Towards 2030/2050 - The 2012 Revision – FAO - Global Perspective Studies Team - ESA Working Paper No. 12-03. Junho de 2012.

AUTOMOTIVE NEWS EUROPE. Volume 01, Edição 09, Dezembro de 2012. https://www.autonews.com/assets/PDF/autonewseurope--2012_12.pdf

AQUINO, Rita de Cássia de e PHILIPPI, Sonia Tucunduva. Association of children's consumption of processed foods and family income in the city of São Paulo, Brazil. Rev. Saúde Pública, dic. 2002, vol.36, no.6, p.655-660.

ASIMOV, Isaac. Visit to the World's Fair of 2014. New York Times, 16 de Agosto de 1964. http://www.nytimes.com/1964/08/16/visit-to-the-worlds-fair-of-2014.html?_r=0

AUSUBEL, Jesse e MARCHETTI, Cesare. The evolution of transport. The Industrial Physicist, April/May (2001)

BARBOSA, Fernando de Holanda e SALLUM, Élvia Mureb. Hiperinflação: um arcabouço teórico. Rev. Bras. Econ. [online]. 2002, vol. 56, no. 4

BARROS, Ricardo Paes de et al. Sobre a recente queda da desigualdade de renda no Brasil. IPEA, 2006.

BARROS, Ricardo Paes de, HENRIQUES, Ricardo e MENDONÇA, Rosane. Desigualdade e pobreza no Brasil: retrato de uma estabilidade inaceitável. Revista Brasileira de Ciências Sociais – fev. 2000, vol. 15 nº. 42

BAUER, M. W; GASKELL, G. & ALLUM, N. C. Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento: Evitando confusões. In M.W. Bauer & G. Gaskell(Orgs). Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som(pp.17-36). Petrópolis, Rio de Janeiro:Vozes. 2002

BESANKO, D.; DRANOVE, D.; SHANLEY, M.; SCHAEFER, S. A Economia da Estratégia. Porto Alegre, Bookman, 2006.

BOLT, J. and J. L. van ZANDEN (2013). The First Update of the Maddison Project; Re-Estimating Growth Before 1820. Maddison Project Working Paper 4. http://www.ggdc.net/maddison/maddison-project/home.htm Consultas em diversas datas.

BRASIL. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico PNSB– 2000. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, 2002, 397 p.

BRASIL, Marcos Vinicius et al. Impacto Ambiental, Sustentabilidade e o Crescimento Desordenado da Frota de Veículos Automotores do Estado do Ceará. RMS – Revista Metropolitana de Sustentabilidade, vol. 4 , n.2, 2014

BRAGA, Alfesio et al. Poluição Atmosférica e Saúde Humana - Revista USP, n.51, p. 58-71, São Paulo, 2001

BRESSER-PEREIRA, Luis Carlos. The Rise of Middle Class and Middle Management in Brazil - Journal of Inter-American Studies. Vol. 4, No. 3 (Jul., 1962), pp. 313-326

BROWN, T.M. Habit Persistence and Lags in Consumer Behavior. Econometrica, volume 20, number 3, july, 1952.Corriere Della Sera - http://www.corriere.it/appsSondaggi/pages/corriere/d_381.jsp - [acesso em 13/10/2007]

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; DA SILVA, Roberto. Metodologia científica. 4º ed. São Paulo: Makron Books,1996

CHAIM, Ricardo Matos. Associação entre a técnica Delphi e a Dinâmica de Sistemas como estratégia para analisar e avaliar políticas previdenciárias em fundos de pensão. Repositório das apresentações e palestras nos Encontros Nacionais de Pesquisa e Pós-Graduação em Ciência da Informação. 2013

http://repositorios.questoesemrede.uff.br/repositorios/handle/123456789/1554 Acesso em 13/09/2014

CHAMBERS, John C. et al. How to Choose the Right Forecasting Technique. Harvard Business Review, edição de julho de 1971.

CHITTEDI, Krishna. Global Financial Crisis and Contagion: Evidence for the 'BRIC' Economies The Journal of Developing Areas Volume 48, Number 4, Fall 2014 pp. 243-264

CHRISTENSEN, Clayton; RAYNOR, Michael. O Crescimento pela inovação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

DAILY MAIL - http://www.dailymail.co.uk/news/article-2540955/Beijing-clouded-smog-way-sunrise-watch-giant-commercial-screens-Tiananmen-Square.html 20/01/2016 , 2014.

DEATON, Angus. Understanding Consumption. New York City: Oxford University Press, 1992.

DELONG, J. Bradford. Estimating World GDP. www.j-bradford-delong.net/TCEH/1998_Draft/World_GDP/Estimating_World_GDP.html

DETRAN SP - http://www.detran.sp.gov.br/wps/portal/portaldetran/detran/estatisticastransito/sa-frotaVeiculos/d28760f7-8f21-429f-b039-0547c8c46ed1/!ut/p/b1/vZHRaoNAEEW_JT_gzLrqro8bk6rB3epG07gvwdYimpqUVmrj19eGvoa-lM7AhYEDB-6AgZL4xPNdZruwB3OqPtqmGtrzqXr5vo13oA5u_SURyLXiKO7DdMM5t9OMwQOUqznMlQtCETksQeRJ6GIsokL7GaWYOT8A3hiBUM4Au2mSLuSwR-ew7S6v8XScdIfj53snqMRmImwXyykpVB5ecqWU7AKbrIpR5XfpcGxsWQxK1nla73SxFEsd2H79m5D9s3Dt_LlwA6Z97K3xqbfQcjzOOCWuR8lc-Py4Najo3D9Db948zcl1abNYfAEuNG9a/dl4/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ consultado pela última vez em out/2015

Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Objetiva, Rio de Janeiro, 2001.

DHAR, Tirtha; CHAVAS, Jean-Paul; COTTERRILL, Ronald W; GOULD, Brian W. An Econometric Analysis of Brand-Level Strategic Pricing Between Coca-Cola Company and PepsiCo. Journal of Economics & Management Strategy, December 2005, volume 14.

DHAR, Tirtha; CHAVAS, Jean-Paul; GOULD, Brian W. An Empirical Assessment of Endogeneity Issues in Demand Analysis for Differentiated Products. American Journal of Agricultural Economics, volume 85, Number 3, August 2003, pp. 605-617

DOSI, Giovanni; NELSON, Richard R. An Introduction to evolutionary theories in economics. Journal of Evolutionary Economics, volume 4, number 3, September, 1994, pp. 153-172

DUBÉ, Jean-Pierre. Multiple Discreteness and Product Differentiation: Demand for Carbonated Soft Drinks. Marketing Science, Winter 2004, volume 23, pages 66-81.

DUBÉ, Jean-Pierre. Product Differentiation and Mergers in the Carbonated Soft Drink Industry. Journal of Economics & Management Strategy, December 2005, volume 14.

DULAC, Nicolas et al. Demonstration of a New Dynamic Approach to Risk Analysis for NASA's Constellation Program. Complex Systems Research Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. 2007.

ESTES, Gerald e KUESPERT, Don. Delphi in industrial forecasting. In: Chemical and Engineering News, EUA, p. 40-47, agosto 1976.

EXAME - http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/em-4-anos-velocidade-media-no-transito-de-sp-caiu-10 Consultada a última vez em 01/2016.

FERREIRA, José Orlando. Gestão da Cadeia de Suprimentos na Indústria Citrícola: Uma Proposta de Modelo de Planejamento Integrado Utilizando Dinâmica de Sistemas. Tese, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2014.

FIGUEIREDO, Júlio Cesar. Planejamento Orientado Por Cenários com o Uso De Modelos Causais Lineares e Diagramas de Estoque e Fluxo. Revista Produção On-Line, Vol. IX/ Num.II / 2009

FINANCIAL TIMES: The story of the Brics - http://www.ft.com/cms/s/0/112ca932-00ab-11df-ae8d-00144feabdc0.html#axzz3Cdw0OSeU consultado em 07/09/2014

FONSECA, Eduardo Gianetti da. O Valor do Amanhã. São Paulo, Cia, das Letras, 2005.

FRANKENSTEIN, John. The'BRICs': A last hope? Maybe not. International Journal of Business and Social Science - Vol. 2 No. 19 - Special Issue - October 2011

GERLAND et al. World population stabilization unlikely this century. Science 2014 0 (2014), p. science.1257469v1

GIOVINAZZO, Renata A. Um estudo sobre o desempenho e a estratégia das empresas que atuam no segmento de bens populares no Brasil. Dissertação de mestrado. São Paulo: FEA-USP, 2003

GODET, Michel. From Anticipation to Action: A Handbook of Strategic Prospective. França: Unesco Publishing, 1994, 292p.

HART, Stuart. O Capitalismo na Encruzilhada. Porto Alegre, Bookman, 2006.

HIGGINS, Richard S; KAPLAN, David P; MCDONALD, Michael; TOLLISON, Robert D. Residual Demand Analysis of the Carbonated Soft Drink Industry. Journal Empirica, volume 22, number 2, June, 1995

ICCT – Police Update – 2014 - http://www.theicct.org/ Consultado pela última vez em 21/01/2016

JRC – Joint Research Center - https://ec.europa.eu/jrc/ Consultado pela última vez em 23/01/2016

KARAS, Homi. The Emerging Middle Class in Developing Countries. Global Development Outlook. OECD Development Centre - January 2010

LAVRINC, Damon. “Exclusive: Google Expands Its Autonomous Fleet With Hybrid Lexus RX450h”, revista WIRED, 16/04/2012 http://www.wired.com/2012/04/google-autonomous-lexus-rx450h/

LAYRARGUES, Philippe Pomier. Do Ecodesenvolvimento ao Desenvolvimento Sustentável: Evolução de um Conceito? Rio de Janeiro: Proposta, 71: 05-10, fev.1997

LEITÃO, Nuno Carlos - Financial development and economic growth : a panel data approach. Theoretical and Applied Economics. ISSN 1841-8678. 17:10 (2010) 15-24

LIPOVETSKY, Gilles. A Felicidade Paradoxal. São Paulo, Cia. das Letras, 2010.

LPUOS - http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/upload/pinheiros/arquivos/lei11_228.pdf - 2016 - Consultado pela última vez em 21/01/2016

MARAJAN, V.; BANGA, K. A Solução dos 86%. Porto Alegre, Editora Bookman, 1ª edição, 2006

MAGISTAD, Mary Kay. Public Radio International, 27 June 2013, "Vegan lunch: Going meatless in Beijing". http://www.pri.org/stories/2013-06-27/vegan-lunch-going-meatless-beijing . Acessado em 20/09/2014

MAKRIDAKIS, Spyrus et al. The Accuracy of Extrapolation (Time Series) Methods: Results of a Forecasting Competition. Journal of Forecasting, Vol. I, p.111-153, 1982.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCHETTI, Cesare. “Anthropological Invariants in Travel Behavior” Technological Forecasting and Social Change, 47 :75--88, Internal Publication, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1994.

MCFALLS, Ricarda. Testing the Limits of Inclusive Capitalism: A Case Study of the South Africa HP i-Community. Dissertação de Mestrado. Stellenbosch: University of Stellenbosch. Dezembro de 2007.

MCKENZIE, Brian. Who Drives to Work? Commuting by Automobile in the United States: 2013. U.S.Department of Commerce. 2015 http://www.census.gov/

MCKINSEY - Capturing the world’s emerging middle class - McKinsey Quarterly – julho de 2010 - http://www.mckinsey.com/insights/consumer_and_retail/capturing_the_worlds_emerging_middle_class acessado em 14/09/2014

METRO - Pesquisa de Mobilidade 2012 - Região Metropolitana de São Paulo - http://www.metro.sp.gov.br/metro/arquivos/mobilidade-2012/relatorio-sintese-pesquisa-mobilidade-2012.pdf - 2013 - Última consulta em 01/2016

METRO - http://www.metro.sp.gov.br/noticias/monotrilho-da-linha-15prata-faz-viagem-teste.fss - 2016 - Última consulta em 01/2016

MIRAGLIA, Ana Beatriz e MURRIETA, Rui Sérgio. Preservação e desenvolvimento. Novos estud. - CEBRAP, Nov. 2005, no.73, p.223-225. ISSN 0101-3300

MARIUZZO, Franco; WALSH, Patrick Paul; WHELAN, Ciara. Embedding Consumer Taste for Location into a Structural Model of Equilibrium. February 24, 2005, Chicago, Industrial Organization Society Meeting.

MILES, M.B. and HUBERMAN, A.M. Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook, 2nd ed., Sage Publications, Newbury Park, CA, 1994.

MOHAPATRA, Pratap K.J.; BORA, Madhab C.; SAHU, Kailas C. Incorporating Delphi results in system dynamics models: A case of Indian tea industry. Technological Forecasting and Social Change. Volume 25, Issue 2, April 1984, Pages 159–177

MORIARTY, Patrick e HONNERY, Damon. Low-mobility: The Future of Transport. Futures 40, 865–872, 2008.

NASCIMENTO, Paulo Tromboni de Souza; YU, Abraham S. O. Estratégias de Negócios e Inovação em Mercados de Produtos Populares. São Paulo, FEA-USP Série de Working Papers - Working Paper Nº 04/010, 2004.

NEWGEOGRAPHY - http://www.newgeography.com/content/004979-comparisons-commuting-london-and-new-york . Última consulta em 01/2016

NYSMVD - http://dmv.ny.gov/about-dmv/chapter-8-defensive-driving#all-spc . Última consulta em 01/2016)

OECD (2012), "Looking to 2060: A Global Vision of Long-Term Growth", OECD Economics Department Policy Notes, No. 15, Novembro de 2012.

O'NEIL, Jim. Building Better Global Economic BRICs. Londres, Goldman Sachs, Global Economics - Paper No: 66, 2001.

PETRONILHO, Silvia. Desenvolvimento e Uso de Cenários Dinâmicos Computacionais no Processo de Planejamento de Cenários. Relatório de pesquisa apresentado à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas como requisito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do CNPq/GVpesquisa. São Paulo, 2013

PIERCE, Fred. How Big Cities Can Get? New Scientist; 6/17/2006, Vol. 190 Issue 2556, p10

PNUD – Poverty in Focus #26 – 2013 - http://www.ipc-undp.org/pub/port/IPCPovertyInFocus26.pdf acessado em 14/09/2014

PORTER, Michael. Competição – Estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.

PORTER, Michael. Estratégia competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PORTER, Michael. Vantagem competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Green and Competitive. In: Harvard Business Review, sept-oct, 1995, pp. 120-134.

PRAHALAD, C.K. A Riqueza na base da pirâmide. Porto Alegre: Bookman, , 2005

PRAHALAD, C.K.; HART, S.L. O Pote de ouro na base da pirâmide. HSM Management, 32, maio-junho de 2002

RIBEIRO, Wagner Costa. Desenvolvimento Sustentável e Segurança Ambiental Global. Barcelona: Revista Bibliográfica de Geografia e Ciências, nº 312, setembro de 2001.

RICHARDSON, Robert Jarry et al. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 334 p. 1999

RIGOGLIOSO, Marguerite; EMMONS, Garry; GOODSPEED, Linda; GOTTLIEB, Elaine. Stewards of the Seventh Generation. Harvard Business School Alumni Bulletin (eletrônico), Abril de 1996.

RODRIGUES, Juciano. Crescimento da Frota de Automóveis e Motocicletas nas Metrópoles Brasileiras 2001-2011.INCT Observatório das metrópoles, 2011.

ROPER, Alan Thomas et al. Forecasting and Management of Technology. New Jersey: Wiley, 2nd edition, 2011.

ROSENTHAL, Elizabeth. Cement Industry Is at Center of Climate Change Debate. New York Times, 23 de outubro de 2007.

ROYCHOWDHURY, Anumita. What Makes India Urban? International Forum for Contemporary Architecture. Berlim, 2009. http://pt.slideshare.net/equitywatch/berlin-urban-symposium-2534458

SANTOS, C.A. Do Laboratório para a Fábrica. http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/do-laboratorio-para-a-fabrica diversas consultas.

SCHWARTZMAN, Simon. Redução da Desigualdade, da Pobreza, e os Programas de Transferência de Renda. Rio de Janeiro: IESTS, fevereiro de 2006.

SEN, Kabir C. Advertising Intensity within the Carbonated Soft Drink Industry. Journal of Advertising Research, volume 3 , 1997

SENGE, Peter. A Quinta Disciplina. São Paulo: Best Seller, 29ª Ed. 2013

SLADE, Giles. Made to Break: Technology and Obsolescence in America. Cambridge, Harvard University Press, 2007.

STERMAN, J. Stumbling towards Sustainability: Why organizational learning and radical innovation are necessary to build a more sustainable world—but not sufficient. in Organizational & Strategic Change and the Challenge of Sustainability. R. Henderson, M. Tushman and R. Gulati, eds., Oxford University Press

TELLES, R. A efetividade da "matriz de amarração" de Mazzon nas pesquisas em Administração. Revista de Administração, São Paulo, v.36, n.4, p.64-72, out./dez. 2001.

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. Managing Innovation. Chichester:John Wiley & Sons, 1977.

TOMANARI, Silvia do Assumpção. Segmentação de Mercado com Enfoque em Valores e Estilo de Vida (Segmentação Psicográfica) – Um Estudo Exploratório. Dissertação de Mestrado, ECA-USP, fevereiro

TURNER, G. 'Is Global Collapse Imminent?', MSSI Research Paper No. 4, Melbourne Sustainable Society Institute, The University of Melbourne, 2014.

U.S. Census Bureau - http://www.census.gov/ipc/www/worldhis.html - [acesso em 13/10/2007]

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision, DVD Edition.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas Editora, 1998.

VIEIRA, V. A. As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. Revista da FAE, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 61-70, jan/abr. 2002.

VICHAS, R. P. Complete Handbook of Profitable Marketing Research Techniques. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982.

WASHINGTON POST. Good news! The next 50 years are going to be amazing (09 de novembro de 2012) : http://www.washingtonpost.com/blogs/wonkblog/wp/2012/11/09/oecd-the-next-50-years-are-going-to-be-amazing/ Acessado em 14/09/2014

WATANABE, Roberto. http://www.ebanataw.com.br/roberto/index.php Último acesso em 01/2016.

World Business Council for Sustainable Development – Mobilidade 2030 – Vencendo os Desafios da Mobilidade, 2004.

WRIGHT, James T. C. A técnica Delphi: Uma ferramenta útil para o planejamento do Brasil?. Anais do III ENCONTRO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO EMPRESARIAL - "COMO PLANEJAR 86", 28-29 nov. São Paulo: SPE - Sociedade Brasileira de Planejamento Empresarial, 1986, p. 199-207.

WRIGHT, J.T.C.; CARDOSO, M.V. Oportunidades Estratégicas em el segmento de baja renta em America del Sur. In.: XII Congresso Latino-Americano de Estratégia, 03-07 de abril de 2000. Puebla, México. Anais do XII Congresso latino Americano de Estratégia, Puebla, 2000.

WRIGHT, James T. C. GIOVINAZZO, Renata A. Delphi – Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo. Caderno de Pesquisas em Administração.v. 01, no 12, 2º trimestre/2000.

WWW.UN.ORG [múltiplos acessos]

YIN, Robert. Case study research: design and methods.2 ed. Newbury Park, CA: Sage Publications, 1999

ZIO, Enrico e Di Maio, Francesco. Processing Dynamic Scenarios from a Reliability Analysis of a Nuclear Power Plant Digital Instrumentation and Control System, Annals of Nuclear Energy, doi:10.1016/j.anucene.2009.06.012, 2009.

Anexos

Anexo 1 – Tabela da Primeira Rodada da Seleção de Variáveis

Afeta a variável	Escala de Correlação	Com Espera? (quanto tempo será necessário para sentir os efeitos?)	Observação	Equação
E- Número de carros vendidos	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais	AA-E
OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação inversa. Limitação do espaço tomado pelo veículo, em circulação ou estacionado, e medidas como pedágio urbano	BB-OUT1
F- Lotação do carro	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta. Políticas de privilégio a faixas de tráfego para veículos ocupados por duas pessoas ou mais	BB-F
G- Frequência de uso	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação inversa. Rodizio de placas e outras medidas de restrição	BB-G
E- Número de carros vendidos	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta ou inversa. Restrições de uso, e restrições de posse de veículos podem afetar o número de unidades vendidas (inclusive diretamente, no caso das restrições do rodízio de placas levar à compra de mais de um veículo pela mesma pessoa)	BB-E
H- Sistemas de mitigação de poluentes – como catalizadores	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta. A instalação pode ser estimulada ou tornada obrigatória	BB-H
I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta - Limitações de uso do veículo pessoal podem estimular novas soluções	BB-I
J- Integração com outros sistemas de transporte	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta - Desestímulo ao transporte individual motorizado pode levar ao desenvolvimento de modelos integrados	BB-J
L- IoT - Internet das coisas - inclui veículos autônomos	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta - Os mecanismos legais podem estimular o uso de automóveis conectados ou autônomos, e dar prioridades para seu uso	BB-L
E- Número de carros vendidos	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação inversa - Atratividade do veículo como alternativa de transporte cotidiano cai com a alta de preços dos combustíveis	CC-E
G- Frequência de uso	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação inversa - o custo desestimula o uso	CC-G
F- Lotação do Carro	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta - o custo estimula o uso compartilhado	CC-F
K- Número de carros em circulação	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação inversa - o custo desestimula o uso	CC-K
P- Tipos alternativos de combustível	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta - preços mais altos dos combustíveis tradicionais estimulam a utilização dos alternativos (célula de combustível, baterias elétricas, etc)	CC-P
M- Facilidade de financiamento	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta - rendas mais altas podem reduzir as restrições de financiamento	DD-M
E- Número de carros vendidos	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação direta - o aumento da renda aumenta o potencial de venda de automóveis	DD-E
N- Idade média da frota	0% Nula; 20% Muito Pequena; 40% Moderada; 60% Alta; 80% Muito Alta; 100% Total	Zero; Até 3 meses; De 3 meses a 1 ano; Mais de 1 ano	Correlação inversa - renda mais alta tende a reduzir a idede média da frota	DD-N

G- Frequência de uso	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta - renda mais alta pode aumentar a frequência de uso, até um limite	DD-G
T- Conservação da frota	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta - renda mais alta tende a melhorar o nível de conservação da frota	DD-T
K- Número de carros em circulação	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais	E-K
E- Número de carros vendidos	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta. Especialmente em países emergentes e para as classes mais baixas	M-E
N- Idade média da frota	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa. Financiamento mais fácil facilita as trocas por modelos mais novos	M-N
I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa. Facilidade para comprar o próprio carro pode afetar negativamente a oferta de alternativas, dependendo também de outros fatores como restrições legais	M-I
S- Tamanho do carro	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta. Facilidades de financiamento podem viabilizar a compra de carros maiores	M-S
J- Integração com outros sistemas de transporte	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta - a comunicação digital facilita a integração entre sistemas	L-J
I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta - a comunicação digital facilita a integração entre os meios de transporte	L-I
O- Preço do carro	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa - o custo dos sistemas embarcados pode aumentar o preço do carro	L-O
OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa - sistemas inteligentes podem reduzir a ocupação dos espaços urbanos, pela maior eficiência na circulação e no uso	L-OUT2
F- Lotação do carro	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta - mais integração facilita a utilização do veículo por um grupo maior de pessoas que têm destinos finais diferentes	J-F
E- Número de carros vendidos	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta - mais integração pode reduzir a necessidade de uso de automóveis para longas distâncias, mas aumentar a sua atratividade no uso cotidiano e, com isso, as vendas	J-E
G- Frequência de uso	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta -mais integração pode reduzir a necessidade de uso de automóveis para longas distâncias, mas aumentar a sua atratividade no uso cotidiano	J-G
K- Número de carros em circulação	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais	G-K
Q- Eficiência do motor	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa. Frota mais antiga tende a apresentar menor eficiência nos motores	N-Q
S- Tamanho do carro	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa - situações em que os preços dos carros sejam mais baixos em média podem levar à aquisição de veículos maiores	O-S
R - Novo tipo de carro - assentos alinhados em vez de paralelos	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa - preços mais altos tendem a beneficiar alternativas de modelos mais compactos, incluindo configurações inovadoras (especialmente se houver vantagens de custo por meio de legislação).	O-R
K- Número de carros em circulação	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa - o preço alto do carro pode inibir novos potenciais usuários	O-K
Q- Eficiência do motor	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	Correlação inversa - mais pessoas no carro pode reduzir a eficiência do motor (aumentando o consumo, por exemplo)	F-Q

OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa - maior lotação do carro pode reduzir a necessidade de outros carros para circular e estacionar	F-OUT2
OUT1 - Emissão de poluentes	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta -mais lotação do carro pode aumentar a emissão de poluentes	F-OUT1
OUT1 - Emissão de poluentes	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa. Quanto maior a eficiência do motor, menor a emissão de poluentes	Q-OUT1
OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa. Quanto maior a eficiência do motor, menor a emissão de ruídos	Q-OUT3
O- Preço do carro	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta - quanto mais sofisticados os sistemas, mais tendem a aumentar o preço do carro	H-O
OUT1 - Emissão de poluentes	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa - quanto mais sofisticados os sistemas, mais tendem a reduzir a emissão de poluentes	H-OUT1
OUT1 - Emissão de poluentes	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência aerodinâmica e reduzir a emissão de poluentes	R-OUT1
OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência no uso dos espaços urbanos	R-OUT2
OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência aerodinâmica e reduzir a emissão de ruídos	R-OUT3
Q- Eficiência do motor	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta - quanto melhor a conservação da frota, maior a eficiência do motor	T-Q
OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa - quanto melhor a conservação da frota, menor a ocupação do espaço urbano em função de quebras e falhas, e menores os congestionamentos	T-OUT2
OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa - quanto melhor a conservação da frota, menor a emissão de ruídos	T-OUT3
Q- Eficiência do motor	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta. Combustíveis alternativos podem aumentar a eficiência do motor	P-Q
O- Preço do carro	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta. Combustíveis alternativos podem aumentar o custo de aquisição de carros	P-O
OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação inversa. Combustíveis alternativos podem reduzir a emissão de ruídos	P-OUT3
OUT1 - Emissão de poluentes	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a emissão de poluentes	S-OUT1
OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a área urbana ocupada, circulando ou estacionado.	S-OUT2
OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a emissão de ruídos	S-OUT3
OUT1 - Emissão de poluentes	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a emissão de poluentes	K-OUT1
OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	0% Nula / 20% Muito Pequena / 40% Moderada / 60% Alta / 80% Muito Alta / 100% Total	Zero / Até 3 meses / De 3 meses a 1 ano / Mais de 1 ano	Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a ocupação do espaço urbano	K-OUT2

OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	**Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a emissão de ruídos**	**K-OUT3**
E- Número de carros vendidos	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	**Correlação inversa - quanto maior a oferta de alternativas para o uso dos carros, menor a necessidade de aquisição de um**	**I-E**
K- Número de carros em circulação	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	**Correlação inversa - quanto maior a oferta de alternativas para o uso dos carros, menor a necessidade de circulação**	**I-K**
OUT1 - Emissão de poluentes	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	**Correlação direta - quanto maior a ocupação do espaço urbano (especialmente com congestionamentos), maior a emissão de poluentes**	**OUT2-OUT1**
OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	0% Nula	20% Muito Pequena	40% Moderada	60% Alta	80% Muito Alta	100% Total	Zero	Até 3 meses	De 3 meses a 1 ano	Mais de 1 ano	**Correlação direta - quanto maior a ocupação do espaço urbano (especialmente com congestionamentos), maior a emissão de ruídos**	**OUT2-OUT3**

Anexo 2 – Segunda Rodada da Seleção de Variáveis

		Escala de Correlação					
Variáveis Iniciais	Afeta a variável	Média	Desvio Padrão	Mediana	Observação	Equação	Nova Escala de Correlação
AA- Aumento da População	E- Número de carros vendidos	60,0	22,4	60	Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais	AA-E	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
BB- Limitações para Uso do Carro – legais e/ou econômicas	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	73,3	20,0	80	Correlação inversa. Limitação do espaço tomado pelo veículo, em circulação ou estacionado, e medidas como pedágio urbano	BB-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	F- Lotação do carro	37,8	15,6	40	Correlação direta. Políticas de privilégio a faixas de tráfego para veículos ocupados por duas pessoas ou mais	BB-F	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	G- Frequência de uso	53,3	26,5	60	Correlação inversa. Rodizio de placas e outras medidas de restrição	BB-G	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	E- Número de carros vendidos	48,9	24,7	40	Correlação direta ou inversa. Restrições de uso, e restrições de posse de veículos podem afetar o número de unidades vendidas (inclusive diretamente, no caso das restrições do rodízio de placas levar à compra de mais de um veículo pela mesma pessoa)	BB-E	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	H- Sistemas de mitigação de poluentes – como catalizadores	60,0	38,7	80	Correlação direta. A instalação pode ser estimulada ou tornada obrigatória	BB-H	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	40,0	20,0	40	Correlação direta - Limitações de uso do veículo pessoal podem estimular novas soluções	BB-I	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	J- Integração com outros sistemas de transporte	55,6	24,0	60	Correlação direta - Desestímulo ao transporte individual motorizado pode levar ao desenvolvimento de modelos integrados	BB-J	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	L- IoT - Internet das coisas - inclui veículos autônomos	48,9	30,2	40	Correlação direta - Os mecanismos legais podem estimular o uso de automóveis conectados ou autônomos, e dar prioridades para seu uso	BB-L	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
CC- Variação do Preço do Combustível	E- Número de carros vendidos	37,8	18,6	40	Correlação inversa - Atratividade do veículo como alternativa de transporte cotidiano cai com a alta de preços dos combustíveis	CC-E	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	G- Frequência de uso	42,2	15,6	40	Correlação inversa - o custo desestimula o uso	CC-G	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	F- Lotação do Carro	35,6	16,7	40	Correlação direta - o custo estimula o uso compartilhado	CC-F	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	K- Número de carros em circulação	40,0	17,3	40	Correlação inversa - o custo desestimula o uso	CC-K	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	P- Tipos alternativos de combustível	57,8	23,3	60	Correlação direta - preços mais altos dos combustíveis tradicionais estimulam a utilização dos alternativos (célula de combustível, baterias elétricas, etc)	CC-P	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
DD- Valor da Renda Per Capita	M- Facilidade de financiamento	71,1	17,6	80	Correlação direta - rendas mais altas podem reduzir as restrições de financiamento	DD-M	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	E- Número de carros vendidos	77,8	15,6	80	Correlação direta - o aumento da renda aumenta o potencial de venda de automóveis	DD-E	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	N- Idade média da frota	73,3	14,1	80	Correlação inversa - renda mais alta tende a reduzir a idede média da frota	DD-N	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	G- Frequência de uso	64,4	24,0	60	Correlação direta - renda mais alta pode aumentar a frequência de uso, até um limite	DD-G	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	T- Conservação da frota	53,3	20,0	60	Correlação direta - renda mais alta tende a melhorar o nível de conservação da frota	DD-T	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total

E- Número de carros vendidos	K- Número de carros em circulação	84,4	13,3	80	Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais	E-K	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
M- Facilidades de financiamento	E- Número de carros vendidos	82,2	12,0	80	Correlação direta. Especialmente em países emergentes e para as classes mais baixas	M-E	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	N- Idade média da frota	66,7	14,1	60	Correlação inversa. Financiamento mais fácil facilita as trocas por modelos mais novos	M-N	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	44,4	24,0	60	Correlação inversa. Facilidade para comprar o próprio carro pode afetar negativamente a oferta de alternativas, dependendo também de outros fatores como restrições legais	M-I	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	S- Tamanho do carro	51,1	20,3	40	Correlação direta. Facilidades de financiamento podem viabilizar a compra de carros maiores	M-S	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
L - IoT - Internet das Coisas - inclui veículos autônomos	J- Integração com outros sistemas de transporte	44,4	31,3	20	Correlação direta - a comunicação digital facilita a integração entre sistemas	L-J	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	I- Oferta de alternativas para uso do carro – car sharing, por exemplo	55,6	19,4	60	Correlação direta - a comunicação digital facilita a integração entre os meios de transporte	L-I	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	O- Preço do carro	46,7	30,0	40	Correlação inversa - o custo dos sistemas embarcados pode aumentar o preço do carro	L-O	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	42,2	25,4	40	Correlação inversa - sistemas inteligentes podem reduzir a ocupação dos espaços urbanos, pela maior eficiência na circulação e no uso	L-OUT2	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
J- Integração com outros sistemas de transporte	F- Lotação do carro	46,7	20,0	40	Correlação direta - mais integração facilita a utilização do veículo por um grupo maior de pessoas que têm destinos finais diferentes	J-F	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	E- Número de carros vendidos	51,1	26,7	60	Correlação direta - mais integração pode reduzir a necessidade de uso de automóveis para longas distâncias, mas aumentar a sua atratividade no uso cotidiano e, com isso, as vendas	J-E	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	G- Frequência de uso	64,4	19,4	60	Correlação direta -mais integração pode reduzir a necessidade de uso de automóveis para longas distâncias, mas aumentar a sua atratividade no uso cotidiano	J-G	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
G- Frequência de uso	K- Número de carros em circulação	75,6	24,0	80	Correlação direta. O impacto depende de outras variáveis, como aumento da renda e limitações legais	G-K	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
N- Idade média da frota	Q- Eficiência do motor	71,1	22,6	80	Correlação inversa. Frota mais antiga tende a apresentar menor eficiência nos motores	N-Q	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
O- Preço do Carro	S- Tamanho do carro	68,9	10,5	60	Correlação inversa - situaões em que os preços dos carros sejam mais baixos em média podem levar à aquisição de veículos maiores	O-S	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	R - Novo tipo de carro - assentos alinhados em vez de paralelos	44,4	21,9	60	Correlação inversa - preços mais altos tendem a beneficiar alternativas de modelos mais compactos, incluindo configurações inovadoras (especialmente se houver vantagens de custo por meio de legislação).	O-R	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	K- Número de carros em circulação	68,9	20,3	80	Correlação inversa - o preço alto do carro pode inibir novos potenciais usuários	O-K	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
F- Lotação do carro	Q- Eficiência do motor	51,1	37,6	60	Correlação inversa - mais pessoas no carro pode reduzir a eficiência do motor (aumentando o consumo, por exemplo)	F-Q	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	64,4	19,4	60	Correlação inversa - maior lotação do carro pode reduzir a necessidade de outros carros para circular e estacionar	F-OUT2	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT1 - Emissão de poluentes	66,7	28,3	80	Correlação direta -mais lotação do carro pode aumentar a emissão de poluentes	F-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
Q- Eficiência do motor	OUT1 - Emissão de poluentes	75,6	34,3	80	Correlação inversa. Quanto maior a eficiência do motor, menor a emissão de poluentes	Q-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	66,7	30,0	80	Correlação inversa. Quanto maior a eficiência do motor, menor a emissão de ruídos	Q-OUT3	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total

H- Sistemas de mitigação de poluentes, como catalizadores	O- Preço do carro	55,6	24,0	60	Correlação direta - quanto mais sofisticados os sistemas, mais tendem a aumentar o preço do carro	H-O	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT1 - Emissão de poluentes	84,4	19,4	80	Correlação inversa - quanto mais sofisticados os sistemas, mais tendem a reduzir a emissão de poluentes	H-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
R - Novo tipo de carro - assentos alinhados em vez de paralelos	OUT1 - Emissão de poluentes	33,3	17,3	40	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência aerodinâmica e reduzir a emissão de poluentes	R-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	71,1	17,6	60	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência no uso dos espaços urbanos	R-OUT2	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	35,6	19,4	40	Correlação inversa - novo formato pode aumentar a eficiência aerodinâmica e reduzir a emissão de ruídos	R-OUT3	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
T- Conservação da frota	Q- Eficiência do motor	57,8	29,1	60	Correlação direta - quanto melhor a conservação da frota, maior a eficiência do motor	T-Q	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	31,1	34,8	20	Correlação inversa - quanto melhor a conservação da frota, menor a ocupação do espaço urbano em função de quebras e falhas, e menores os congestionamentos	T-OUT2	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	55,6	27,9	60	Correlação inversa - quanto melhor a conservação da frota, menor a emissão de ruídos	T-OUT3	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
P- Tipos alternativos de combustível	Q- Eficiência do motor	64,4	29,6	80	Correlação direta. Combustíveis alternativos podem aumentar a eficiência do motor	P-Q	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	O- Preço do carro	53,3	28,3	60	Correlação direta. Combustíveis alternativos podem aumentar o custo de aquisição de carros	P-O	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	26,7	24,5	20	Correlação inversa. Combustíveis alternativos podem reduzir a emissão de ruídos	P-OUT3	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
S- Tamanho do carro	OUT1 - Emissão de poluentes	66,7	24,5	80	Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a emissão de poluentes	S-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	82,2	18,6	80	Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a área urbana ocupada, circulando ou estacionado.	S-OUT2	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	60,0	31,6	80	Correlação direta - quanto maior o carro, maior tenderá a ser a emissão de ruídos	S-OUT3	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
K- Número de carros em circulação	OUT1 - Emissão de poluentes	88,9	10,5	80	Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a emissão de poluentes	K-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT2 - Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação e congestionamento	88,9	10,5	80	Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a ocupação do espaço urbano	K-OUT2	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	80,0	14,1	80	Correlação direta - quanto maior o número de carros em circulação, maior a emissão de ruídos	K-OUT3	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
I- Oferta de alternativas para o uso do carro - shared ou individual	E- Número de carros vendidos	55,6	26,0	40	Correlação inversa - quanto maior a oferta de alternativas para o uso dos carros, menor a necessidade de aquisição de um	I-E	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	K- Número de carros em circulação	53,3	24,5	60	Correlação inversa - quanto maior a oferta de alternativas para o uso dos carros, menor a necessidade de circulação	I-K	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
OUT2- Ocupação do espaço urbano - estacionamento, circulação, congestionamento	OUT1 - Emissão de poluentes	73,3	22,4	80	Correlação direta - quanto maior a ocupação do espaço urbano (especialmente com congestionamentos), maior a emissão de poluentes	OUT2-OUT1	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total
	OUT3 - Ruído - motor, deslocamento de ar, atrito com solo, buzina	73,3	22,4	80	Correlação direta - quanto maior a ocupação do espaço urbano (especialmente com congestionamentos), maior a emissão de ruídos	OUT2-OUT3	0% Nula 20% Muito Pequena 40% Moderada 60% Alta 80% Muito Alta 100% Total