



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**Quatro Cenários para os Veículos Autônomos no Mundo Ocidental,
2035**

Cíntia Alvim Lage

Dissertação de Mestrado

BRASÍLIA-DF

2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**Quatro Cenários para os Veículos Autônomos no Mundo Ocidental,
2035**

Cíntia Alvim Lage

Dissertação de Mestrado

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Sustentável pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (UnB).

Orientador: Prof. Dr. Elimar Pinheiro do Nascimento

BRASÍLIA-DF

2019

LAGE, Cíntia Alvim. Quatro cenários para os Veículos Autônomos no Mundo Ocidental, 2035.

Brasília, 2019.

(98 páginas)

Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília.

1. Veículos autônomos 2. Cenários prospectivos 3. Tecnologias disruptivas 4. Inovação

I. UnB/CDS

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**Quatro Cenários para os Veículos Autônomos no Mundo Ocidental
2035**

Cíntia Alvim Lage

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da
Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção
do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável.

Aprovado por:

Orientador: Prof. Dr. Elimar Pinheiro do Nascimento

(Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília)

Banca Examinadora: Prof. Dr. Armando Caldeira Pires

(Examinador interno, Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília)

Banca Examinadora: Prof. Dr. Pastor Willy Gonzales Taco

(Examinador externo, Centro Interdisciplinar de Estudos em Transporte da Universidade de
Brasília)

Brasília, 30 de setembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ludmilla Alvim de Oliveira e Renato Martins Lage, que forneceram toda a infraestrutura para que eu chegasse aonde cheguei. Obrigada em especial a minha mãe, que nunca duvida do meu potencial, me ajuda nos momentos de crise e de criatividade e me incentiva a ir além.

Ao meu orientador Elimar Pinheiro do Nascimento, que me aceitou de braços abertos no meio do caminho, que acolheu minhas ideias e abriu minha cabeça para as possibilidades do futuro. Que foi não só Professor, mas também mentor, me orientando para a tese e para a vida.

Ao meu namorado, Gabriel Haddad Abdalla, que esteve comigo em toda essa jornada, torcendo pelas minhas conquistas e me ajudando nos momentos difíceis. Obrigada por acreditar em mim e no meu futuro.

À minha melhor amiga, Gabriela Dutra Ramos, que foi minha parceira durante esse ano de dissertação. Obrigada por passar dias na biblioteca comigo, fazendo uma parte tão difícil ser leve e alegre. Pelas piadas e risadas e por tornar minha vida mais feliz.

Aos meus irmãos, Henrique e Felipe Alvim Lage, que me inspiram a ser melhor e estão sempre dispostos a pegar no meu pé quando não sou.

À minha turma do mestrado, pelo companheirismo e apoio e por tentar fazer um mundo melhor, cada um à sua maneira.

Aos meus professores no CDS, particularmente o professor Saulo Rodrigues Filho, e os funcionários da secretaria, sempre solícitos, Luciana e Araújo. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de Mestrado que me permitiu realizar este trabalho.

RESUMO

A aceleração das mudanças de cunho tecnológico tem trazido uma ampla diversidade de desafios com potencial de transformação em toda a humanidade. Certas inovações tecnológicas são consideradas disruptivas por serem capazes de alterar o *status quo* da sociedade, trazendo grandes mudanças no presente e para o futuro. Os veículos autônomos, veículos que dispensam completa ou parcialmente a necessidade de um condutor, são uma dessas inovações com grande potencial disruptivo. Eles podem trazer benefícios para o meio ambiente e qualidade de vida, mas também geram desafios como a possível perda dos empregos na área. Visualizar a tempo o futuro e as mudanças que eles podem trazer é importante para o planejamento e adaptação da sociedade e os cenários prospectivos, que são conjuntos coerentes e plausíveis de hipóteses, funcionam como ferramenta de preparação. Seguindo a metodologia de cenários, essa dissertação se dedicou a mapear prováveis futuros para os veículos autônomos no mundo ocidental em 2035. Para isso, foi feito um estudo retrospectivo sobre a história dos automóveis e dos veículos autônomos, além da análise dos benefícios e desafios que eles podem gerar. Investigou-se também os atores e variáveis envolvidos em sua evolução e disseminação. Ao final foram gerados quatro cenários futuros que abrangem desde um mundo ocidental com alta adoção de veículos autônomos até um com uso restrito, e suas respectivas consequências. Os quatro cenários possibilitaram a percepção das tendências e barreiras que os veículos autônomos devem encontrar em seu futuro próximo.

ABSTRACT

The acceleration of technological change has brought a wide variety of transformative challenges across humanity. Certain technological innovations are considered disruptive because they are capable of altering the *status quo* of the society, bringing about major changes for the future. Autonomous vehicles, vehicles that completely or partially do not need a driver, are one of the technologies with a great disruptive potential. They can bring benefits to the environment and quality of life, but they also pose challenges such as the possible loss of jobs in the area. Visualizing the future in time and the changes they can bring is important to society's planning and adaptation, and prospective scenarios, which are coherent sets of assumptions, serve as a preparation. Following the scenario methodology, this dissertation mapped probable futures for autonomous vehicles in the western world in 2035. To this end, a retrospective study on the history of automobiles and autonomous vehicles took place, as well as an analysis of the benefits and challenges that they can generate. The actors and variables involved in its evolution and dissemination were also investigated. In the end, four future scenarios were generated covering both a western world with high adoption of autonomous vehicles and one with low adoption, and the following consequences for each. With the four scenarios, it was possible to understand the trends and barriers that autonomous vehicles can face in the near future.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
Capítulo 1: Metodologia	14
Por que e como explorar futuros prováveis	14
Futuros esperados	14
A análise prospectiva.....	15
Entre erros e acertos	15
Cenários como ferramenta	18
Capítulo 2: Tecnologias disruptivas	22
Introdução	22
Destruição criativa, a crise que leva à evolução	23
A Inovação Disruptiva.....	26
Inovações em serviço	30
Tecnologias Disruptivas.....	33
Capítulo 3: A história dos automóveis	38
Introdução	38
A disputa entre tecnologias de mobilidade urbana	39
O império do petróleo e da poluição urbana.....	42
A revolução na indústria automotiva	46
Capítulo 4: Os Veículos Autônomos.....	51

Introdução	51
O desafio que mudou tudo	52
As tecnologias essenciais.....	53
Benefícios dos Veículos Autônomos.....	57
Desafios Gerados	62
Empregos	62
Poluição.....	63
Ética	64
Expansão urbana	65
Capítulo 5: Os Veículos Autônomos no Futuro,	66
Quatro cenários para 2035	66
Definição do sistema e periodicidade.....	66
Dimensões.....	67
Atores.....	69
Variáveis do sistema	72
Cenários	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
REFERÊNCIAS	89

INTRODUÇÃO

A velocidade e profundidade dos avanços tecnológicos em praticamente todas as áreas do conhecimento humano têm produzido entre as pessoas a percepção de que o futuro é uma realidade cada vez mais próxima. Novas tecnologias estão sendo incorporadas à vida da sociedade a todo instante, fazendo com que a Quarta Revolução Industrial seja cada vez mais uma realidade palpável. O telefone celular torna-se um instrumento versátil, cada vez mais indispensável, e com múltiplas utilidades. Aplicativos novos surgem a cada momento, modificando nossa forma de viver, de comprar, de se relacionar, de acessar informações e de fazer coisas, as mais diversas. O acesso às informações do que ocorre no mundo a tempo real modifica nossa percepção e compreensão da sociedade humana em escala mundial. As migrações entre as nações crescem. A cada ano um número maior de pessoas vivem em outros países, e o mesmo ocorre no Brasil com fortes migrações para a América do Norte e Europa Ocidental, particularmente Portugal. A escolha das profissões não se faz mais de forma tradicional (medicina, direito, engenharia), mas integra a especialidade – ser professor nos Estados Unidos; ser pesquisador em Portugal; ser empreendedor no Canadá; ser técnico em empresa alemã ou japonesa e assim por diante

As inovações tecnológicas se aceleram por meio de redes de pesquisa e desenvolvimento que articulam centros, institutos e empresas no mundo inteiro. Algumas dessas inovações tecnológicas têm o potencial de transformar a vida humana, trazendo rupturas e alterando o *status quo*. Quando possuem estas características são chamadas de tecnologias disruptivas, pois têm a capacidade de propiciar grandes mudanças, mas também possíveis perigos. Aliás, o perigo percebido pela sociedade nas inovações tecnológicas, particularmente no campo da inteligência artificial (IA), com máquinas capazes de aprender e se tornarem mais competentes que os homens no desempenho de determinadas funções, é crescente e visível na literatura e nos filmes produzidos e divulgados. Veja-se por exemplo a série da Netflix, *Black Mirror*. As imagens são sempre de robôs

dominando os homens, veja-se a capa do livro de Martin Ford – Os robôs e o futuro do emprego (Editora Best Business).

Os veículos autônomos (VAs), ou seja, veículos que não precisam de um condutor, fazem parte dessa gama de tecnologias com potencial disruptivo. Assim como os automóveis modificaram a vida das sociedades e das cidades no século XX, os VAs têm a capacidade de remodelar não só as cidades, mas a vida no século XXI. Sua adoção em larga escala pode gerar vários benefícios para as cidades, meio ambiente e qualidade de vida. Mas alguns desafios também podem aparecer com sua implementação. Discute-se, de um lado, a redução dos acidentes e dos engarrafamentos nas grandes metrópoles mundiais, assim como, o ganho de tempo para os transeuntes e a redução dos efeitos nocivos sobre o meio ambiente, mas de outro lado, argumenta-se sobre o crescimento do desemprego tecnológico, com a dispensabilidade dos motoristas nos meios de transporte de mercadoria (empresas de transporte) e de pessoas (taxis, veículos de aplicativos etc.). Em vista disso, as modalidades de renda básica são uma das questões mais discutidas atualmente no mundo, pois é preciso pensar como dar condições mínimas de vida àqueles para os quais as mudanças tecnológicas irão excluir do mundo do trabalho. Espera-se, como nas transições tecnológicas anteriores, a exemplo das duas revoluções industriais pretéritas, o surgimento de novos postos de trabalho. Mas não existe a certeza a respeito, principalmente se essas novas posições conseguirão absorver a maior parte da população desempregada.

A velocidade das mudanças tecnológicas e suas consequências, nem sempre plenamente imagináveis, aumenta a incerteza sobre o futuro e a ansiedade dos humanos no presente. O que amplia a importância dos estudos prospectivos. Visualizar a tempo o futuro e as mudanças que tecnologias como os VAs podem trazer é cada vez mais imprescindível.

Nas várias incertezas que permeiam a vida, os cenários prospectivos são uma ferramenta que cria um conjunto de alternativas plausíveis, não eliminando completamente as incertezas, mas reduzindo-as. Este é o objetivo maior desta dissertação, como exercício de aprendizagem de descortinar o futuro, para fazê-lo

melhor. Afinal, o futuro não se confunde com destino, ele é o resultado de nossas decisões.

Esta dissertação foi dividida em 5 capítulos, sendo o primeiro capítulo o da metodologia, que explica como funciona a ferramenta de cenários, suas aplicações e várias razões para serem utilizadas. O capítulo 2 aborda a temática de inovações, trazendo as diferenças e similaridades entre os conceitos de criação destrutiva, inovação disruptiva, inovação em serviços e tecnologias disruptivas. O terceiro capítulo é um estudo retrospectivo sobre a história dos automóveis que levou à revolução que está ocorrendo atualmente na indústria automotiva. Os Veículos Autônomos, sua história, benefícios e desafios gerados são abordados no quarto capítulo e no quinto e último foram gerados 4 cenários para os VAs no mundo ocidental em 2035.

Capítulo 1: Metodologia

Por que e como explorar futuros prováveis

Futuros esperados

A análise prospectiva

Entre erros e acertos

Cenários como ferramentas

“Olhar o futuro subverte-o.”

Gaston Berger.

Futuros esperados

As mudanças sociais, ambientais e tecnológicas têm ocorrido de forma acelerada a cada ano. A sociedade já vive no futuro em vários aspectos, mas parece não ter saído do passado em outros. A cada invenção, a cada decisão e a cada situação, o futuro está sendo moldado, e como no símbolo do infinito, a humanidade influencia o futuro da mesma forma que é influenciada pela expectativa dele.

No século XXI o futuro passou a ser uma “constante descontínua”. Constante porque cada dia mais o futuro esperado e retratado nos filmes e séries entra na vida das pessoas por meio das tecnologias, e descontínuo porque são essas mesmas tecnologias que têm causado disrupções e desequilíbrios nas economias e sociedades, alterando o futuro esperado a cada inovação.

O mundo está mudando, mas a direção da mudança ainda é incerta. E quando não se sabe aonde se está indo, qualquer direção é um destino, qualquer resultado uma surpresa. Nas palavras de Sêneca, “nenhum vento sopra a favor de quem não sabe para onde ir”. Se não há direção para o futuro, o presente perde seu significado (GODET, 2006).

A análise prospectiva

Previsões são indispensáveis à vida. O cérebro humano evoluiu de forma a estar constantemente tentando prever possíveis ataques ou ameaças na natureza, se preparando caso eles se concretizem. No caso dos sonhos, a única função evolucionária encontrada, segundo a teoria do neurocientista Antti Revonsuo (2000), é justamente simular eventos ameaçadores e ensaiar comportamentos para evitá-los. Outra característica do cérebro humano é a capacidade de identificação de padrões em coisas aleatórias. A pareidolia, segundo Sagan (1997), é como um efeito colateral inadvertido, em que o mecanismo de reconhecimento de padrões do cérebro é tão eficiente que consegue enxergar padrões de faces onde não existem.

Desde a antiguidade previsões são feitas usando-se meios paranormais e sobrenaturais, profecias e presságios. As ferramentas de previsões evoluíram com a sociedade e, atualmente, a prospectiva é a análise mais adequada para trabalhar com o futuro (PORTO; NASCIMENTO; BUARQUE, 2001). Segundo Godet (1983, 2006), a prospectiva consiste em antecipar antes de agir; é uma reflexão sistêmica que orienta a ação em face dos futuros possíveis. Ela não tem como finalidade eliminar a incerteza com previsões, mas sim reduzi-la, permitindo decisões conscientes dos futuros esperados. É o exercício de enxergar longe de maneira ampla e profunda, pensando sobre a humanidade e assumindo riscos (Berger, 1957). Entre os riscos que se deve assumir, os erros nas predições são um deles, pois em cada esquina encontra-se um “Cisne Negro”, nas palavras de Taleb (2007), ou seja, um evento altamente improvável.

Entre erros e acertos

Tentar prever o futuro é uma tarefa perigosa. A vida é instável e apesar de previsões estarem presentes na sociedade desde a época dos egípcios, a humanidade ainda não se tornou muito boa nelas. Isso acontece porque os humanos utilizam apenas aquilo que conhecem como referência, baseando o futuro a partir de dados anteriores. É compreensível, visto que não existem dados sobre o futuro, apenas sobre o passado, e sobre o presente. O passado é ferramenta para se criar teorias, porém, muitas teorias que foram aprendidas ao

longo dos anos podem simplesmente ficar obsoletas no futuro. Ter experiência talvez não seja mais uma vantagem, afinal. Simplesmente indicará que alguém é um expert do passado (MOONEEGAN, 2016; SCHWAB, 2018; TALEB, 2007; SILVER, 2013).

Existem muitos exemplos de previsões que estão falhando em várias disciplinas, chegando a causar prejuízo para a sociedade em certos casos. Mas assim como a ciência, as previsões também progridem com suas tentativas e erros.

É extremamente difícil dizer o que pode acontecer ou quando algo pode acontecer porque diversos atores e fatores estão conectados em uma teia quase infinita. E a ação de um pode acarretar na mudança do todo. Mas não é porque existem dificuldades que previsões não devem ser feitas.

A incerteza e a probabilidade devem ser vistas com mais naturalidade, mais confortavelmente. É provável que erros aconteçam mais do que acertos. Equívocos sobre o potencial de certas tecnologias já aconteceram no passado e é mais do que certo que vão acontecer no futuro. Alguns exemplos clássicos ocorreram com a chegada do computador. Em 1973 o então presidente da IBM, Thomas Watson, declarou que havia mercado mundial apenas para meia dúzia de computadores enquanto Ken Olsen (1977), fundador da *Digital Equipment Corporation*, afirmou não haver razão para alguém querer um computador em casa (STROHMEYER, 2008). Ao se analisar o contexto em que eles estavam vivendo, essas previsões fazem sentido, pois os computadores eram enormes, complexos e complicados. Além de terem preços inacessíveis para o cidadão comum, mesmo sendo bem aquinhado. Realmente não fazia sentido alguém querer uma máquina que ocupava o espaço de uma casa.

Outra tecnologia que também teve muitos erros de previsão foi a internet. Em um artigo escrito em 1995, o autor de tecnologia Clifford Stoll, que na época já vivia no Vale do Silício, escreveu que a internet nunca seria o nirvana que alguns previam. Para Stoll, ninguém jamais abandonaria os jornais em troca do computador, nem deixaria de ir às lojas para comprar suas coisas pela internet. Ele olhava o mundo ao seu redor e simplesmente não via nenhuma diferença gritante que a internet tivesse causado. As lojas continuavam cheias, as pessoas

ainda preferiam ler livros impressos e comprar seus jornais e a internet era uma bagunça de informações para quem quisesse fazer uma pesquisa. Ele mantinha os livros como a primeira opção. Sua previsão era de que a internet teria seu fim no ano de 1996. Não foi só Stoll que se enganou a respeito da Internet. Bill Gates, fundador da maior empresa de software, a Microsoft, também não enxergava o potencial da internet no começo, focando primeiramente em aperfeiçoar seus programas básicos de computador e não no uso da Internet em si (WEINBERGER, 2016). Robert Metcalfe, inventor da Ethernet, previu que a internet seria espetacularmente uma supernova que em 1996 entraria em colapso catastrófico (STROHMEYER, 2008).

Esses tipos de erros nas previsões são comuns devido ao problema da indução, que Taleb (2007) denomina de a lógica do Cisne Negro. De acordo com um provérbio antigo, antigamente acreditava-se que existiam apenas cisnes brancos. Em todas as observações que eram feitas ao redor do mundo, todos os cisnes eram brancos. Logo, criou-se a teoria por meio da indução de que todos os cisnes eram brancos. Até que um dia apareceu um cisne negro e a teoria caiu por terra. Nas previsões, utiliza-se apenas aquilo que se conhece. A armadilha reside ao se basear o futuro a partir de dados anteriores. Qualquer generalização a partir de fatos sobre o mundo observável pode produzir nada além de generalizações sobre o mundo observável (CHALMERS, 1999). Infelizmente, os “cisnes negros” coletivamente desempenham papéis muito maiores do que as ocorrências regulares.

Quando se consegue distinguir o sinal do ruído é possível fazer previsões importantes, que podem determinar sucessos e evitar fracassos. A evolução da capacidade de previsão de algumas áreas do conhecimento é notável. Áreas que tiveram avanços memoráveis foram a meteorologia, os jogos esportivos, assim como os jogos de apostas. As áreas que não tiveram tanto progresso assim foram a economia, previsão de recessões e também de eleições (SILVER, 2013).

Um dos campos em que as previsões têm sido cada vez mais necessárias e importantes é o campo das mudanças que as tecnologias vão gerar no planeta. A escala e amplitude da nova revolução científica-tecnológica, também denominada

de quarta revolução industrial, abrirá novos horizontes, novos problemas e novas linhas de raciocínio, tornando quase impossível prever as mudanças que ela trará. A incerteza é agravada por causa da velocidade exponencial das mudanças (Lei de Moore), da amplitude (atingem muitas pessoas e sociedades) e da profunda transformação que sistemas inteiros sofrerão (FORD, 2015).

Com as tecnologias avançando exponencialmente, primeiro as coisas se movem muito devagar, até chegar a um avanço dramático. Para esse avanço dramático o mundo não está preparado. Será uma “barganha faustiana”, pois a tecnologia com certeza irá mudar a vida das pessoas tanto para melhor quanto para pior. Cabe à sociedade agora estudar os impactos e trabalhar para que os benefícios ultrapassem os danos e reduzam os riscos, e para que a autonomia prevaleça, ao invés de maior dependência (WADHWA; SALKEVER, 2017). O que não deve nos afastar de visualizar um Cisne Negro no fim da globalização e da trajetória previsível das inovações tecnológicas. Afinal, o mundo amanhã pode encontrar o homem visitando outros planetas, ou voltando a usar tacape para se defender e caçar, e pele de animal para se cobrir.

Cenários como ferramenta

Os estudos prospectivos tiveram a origem de suas técnicas e metodologias na guerra fria, aonde os militares investiam em centros de pesquisa para aperfeiçoar o conhecimento sobre o desenvolvimento tecnológico do inimigo. Eles têm como finalidade a preparação para o futuro da melhor forma. Nas últimas décadas vários métodos e técnicas têm surgido, entre eles o método de cenários é atualmente o mais completo e rico processo de antecipação de futuros. Os cenários são uma ferramenta para ajudar na adoção de uma visão de longo prazo num mundo de grande incerteza

Segundo Godet (2006), cenários são conjuntos coerentes de hipóteses que surgem de uma dada situação original para uma situação futura. É um conjunto formado pela descrição de uma situação de origem e dos acontecimentos que conduzem à situação futura, tendo como obrigação apresentar certa coerência. Uma das vantagens desse método é que ele trabalha com mais de uma possibilidade, o que reduz as incertezas, e carrega em si a capacidade de auxiliar

no reconhecimento de mudanças do ambiente e em suas respectivas adaptações (SCHWARTZ, 1995). Alguns autores, como Porto, Nascimento e Buarque (2001), preferem defini-los como “hipóteses plausíveis e coerentes de futuro”.

No Brasil, há casos de iniciativas acadêmicas, privadas, governamentais e mistas que utilizam os cenários como ferramenta. O Instituto de Estudos Avançados (IEA) da USP considera o uso dos cenários como instrumento para se pensar o futuro do País, além de dar suporte à troca de ideias, aprendizagem, criatividade e testes de políticas alternativas para o desenvolvimento nacional (WRIGHT; SPERS, 2006). O IPEA ultimamente desenvolveu trabalhos neste sentido, como o “Brasil 2035: cenários de desenvolvimento”, e empresas, como a Macroplan, Shell, entre outras, se especializaram neste campo (IPEA, 2017).

Há muitas formas de classificar os cenários, uma das mais empregadas utiliza uma trilogia: cenário tendencial (que faz uso de projeções matemáticas e econométricas baseadas no passado); cenário exploratório (que extrapola tendências e lida com mudanças qualitativas no ambiente); e cenário normativo (trabalha segundo a informação e, sobretudo, as expectativas dos envolvidos). Para melhores resultados, alguns autores acreditam na combinação das três abordagens, com o enfoque variando de acordo com os objetos da análise, disponibilidade de dados e horizonte temporal (FREITAS FILHO, 2001).

As metodologias de cenário variam entre si, diferindo entre quantidade de cenários resultantes, modo de construção, entre outros. Porém, todas as metodologias contam com consultas a bibliografia, documentos escritos e especialistas como técnica de trabalho (COSTA; NASCIMENTO, 2008).

Outro recurso importante para pensar o futuro que será usado nesta tese é a identificação de tecnologias, procedimentos e costumes que existem há muito tempo e parecem ter força e consistência para persistirem, embora com modificações, como a família e a religião. Também identificar as tendências de futuro, ou seja, mudanças em curso que tendem a se consolidar como: o deslocamento do centro da economia para o oceano pacífico, o ensino a distância, as redes de pesquisa, os aplicativos para smartphone etc. Se as primeiras dizem respeito, como as construções civis, à continuidade, as segundas remetem às

descontinuidades, pois disso é que é construído o futuro, da articulação de continuidades e descontinuidades. Não existe tábula rasa do passado, como gostariam os revolucionários, nem o simples retorno ao passado, como querem os reacionários, pois, ao se voltar à idade das cavernas não se terá o mesmo desempenho que ancestrais, mais bem preparados para uma situação desta natureza.

Contudo, a novidade do futuro, hoje, deverá nascer das tecnologias disruptivas, no campo tecnológico, que são as impulsionadoras das mudanças, ou do seu colapso. Schwab (2018) classifica as principais tecnologias impulsionadoras como megatendências e as diferencia em categoria física (veículos autônomos, impressão em 3D, robótica avançada e novos materiais), digital (internet das coisas, *blockchain*, plataformas digitais) e biológica (biologia sintética).

Ademais, uma das tecnologias que possui um potencial disruptivo enorme é a Inteligência artificial. Nos cenários futuros que se desenham como o homo deus de Harari (2016) ou o futuro sem empregos de Martin Ford (2015), embora distintos, uns mais otimistas outros menos, a Inteligência artificial ocupa um lugar de destaque. Ela também é a responsável pelo cenário que será traçado aqui com a automatização dos veículos, que dispensarão gradativamente seus condutores até os tornar apenas passageiros.

Os passos metodológicos utilizados foram resumidos no quadro a seguir:

Tabela 1 – Etapas metodológicas

	Etapas	Passos
1	Definição de Objetivos e Escopo	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar questões principais, objetivos; • Definir o horizonte temporal e espacial; • Analisar o sistema e identificar as continuidades e descontinuidades (estudo retrospectivo);

2	Identificação de variáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar fatores críticos, atores, grupo afetado, maiores incertezas e relações entre elas; • Ranking de variáveis: importância, prioridade e probabilidade;
3	Mapeamento de tendências	<ul style="list-style-type: none"> • Apontar fatores invariáveis, condicionantes de futuro e tendências;

Além da metodologia de cenários inspirada em Godet (2006), utilizou-se nesta dissertação a consulta a uma farta literatura a respeito da Inteligência Artificial, prognósticos sobre o futuro tecnológico do mundo, em particular o mundo ocidental, a história automotiva e as principais tendências de desenvolvimento, focando nos veículos autônomos (VAs).

Capítulo 2: Tecnologias disruptivas

Introdução

Destruição criativa, a crise que leva a evolução

A inovação disruptiva

Inovação em serviços

Tecnologias disruptivas

“A única constante na indústria tecnológica é a mudança.”

Marc Benioff

Introdução

Forças distintas podem trazer significativas mudanças em economias e sociedades, exemplo de alterações demográficas, expansão da força de trabalho, urbanização, mudanças climáticas e novos padrões de formação de capital. Mas, desde a primeira Revolução Industrial no século XVIII, a tecnologia passou a ter um papel único na transformação e empoderamento de economias. Ela representa novas formas de se fazer as coisas e cria mudanças duradouras, nas quais culturas e negócios se mantêm.

Desde o século XVIII o mundo conheceu alguns ciclos de mudanças tecnológicas denominados de revoluções e, ao que tudo indica, a atual revolução tecnológica, caso siga o curso hoje previsto, implicará em uma transformação sem precedentes na história da humanidade. Chamada de Quarta Revolução Industrial, Indústria 4.0 e até de Segunda Era da Máquina, ela será uma fusão das novas tecnologias com os domínios físicos, digitais e biológicos, produzindo impactos mais consideráveis do que as revoluções pretéritas (SCHWAB, 2018).

Os governos e sociedades precisam se preparar para essa revolução e para as novas tecnologias, caso ela venha a ocorrer como indicam as novas invenções e

sua propagação no mundo da produção (impressora 3D, por exemplo) e no estilo de vida das pessoas (internet das coisas, aplicativos crescentes no smartphone), particularmente no mundo desenvolvido. Será necessária uma compreensão clara de como a tecnologia poderá moldar a economia global, as sociedades e as culturas nas próximas décadas. Onde serão necessários investimentos, novas formas de educação, infraestrutura e investigação para sobre a intensidade que as mudanças tecnológicas disruptivas afetarão as vantagens comparativas das nações.

Para isso, é fundamental conhecer quais serão as tecnologias que poderão causar disrupturas nas sociedades e nas economias nos próximos anos, assim como a história e o caminho que as levará até esse salto civilizacional. Conhecendo as novas tecnologias, suas tendências e impactos, torna-se possível estudar os futuros e caminhos possíveis, e, sobretudo, prováveis, mesmo essa sendo uma tarefa difícil, como diria o escritor britânico Douglas Adams (2014), prever o futuro é um jogo perdido. Porém, cada vez mais esse é um jogo que todos devem jogar, pois o mundo está mudando tão depressa que é necessário se ter alguma ideia de como será o futuro, porque é possível que se viva nele provavelmente “no ano que vem”.

Destruição criativa, a crise que leva à evolução

Antes de se falar sobre tecnologias disruptivas, é necessário entender a diferença entre os termos e conceitos utilizados nessa área. Dentre eles será abordada a destruição criativa de Joseph Schumpeter (1942), a inovação disruptiva de Christensen (2001), a inovação de serviços e design para, enfim, se chegar às tecnologias disruptivas.

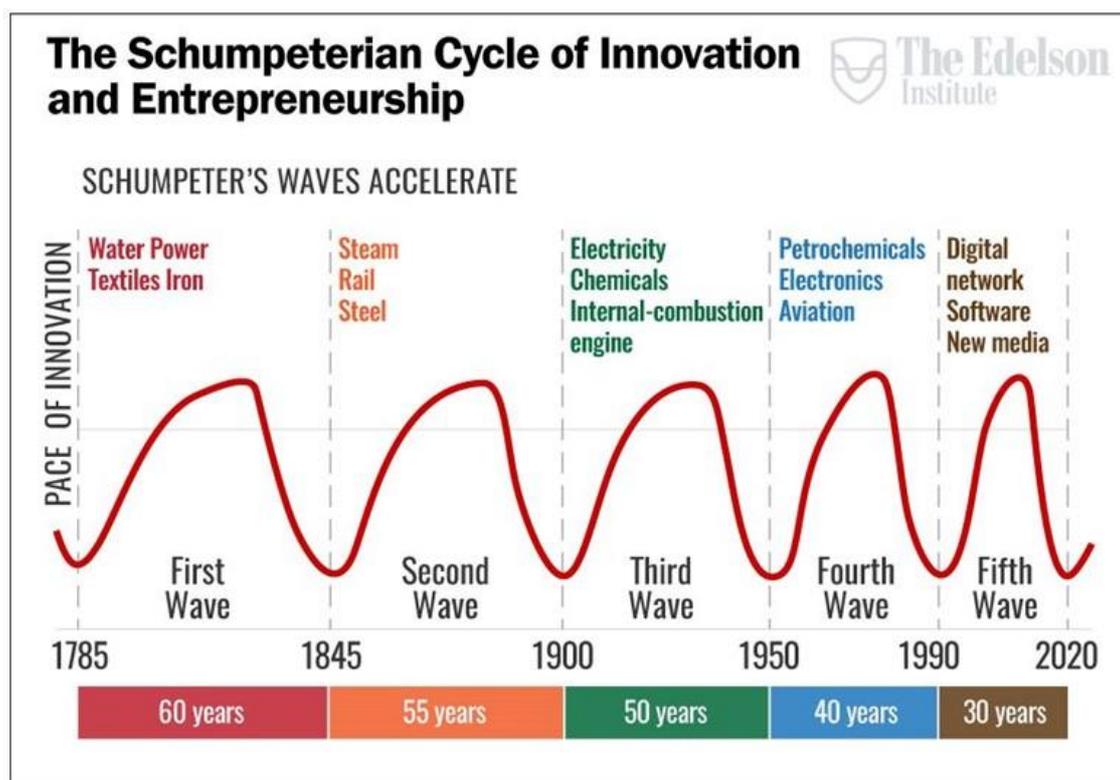
Joseph Schumpeter, economista austríaco e cientista político, teve um importante papel no pensamento moderno da economia, assim como nas teorias de desenvolvimento. No começo do século XX ele observou que o capitalismo irrestrito imita a biologia da evolução de Darwin, onde só sobrevivem os mais aptos. Para ele, o capitalismo deve ser considerado como um fluxo e não algo estático, sendo seu movimento impulsionado por sucessivas rupturas, conhecidas como revoluções tecnológicas. Ele enxergava crises como oportunidades, onde um novo ciclo de crescimento poderia surgir com as inovações que a crise gerava.

Schumpeter chamou esses ciclos de inovações de destruição criativa. Similarmente, o economista Alfred Marshall (1920) também comparava a economia à biologia, mas defendia que o progresso, assim como a natureza, não dá saltos. Ele acontece de forma gradual, pois seus avanços nunca são repentinos. Para Marshall, apesar da história mostrar invenções modificando a estrutura econômica quase de uma só vez, essa influência é superficial ou transitória, pois ao se investigar, a invenção em si apenas trouxe à tona um amplo movimento construtivo que há muito já vinha sendo preparado.

O processo da destruição criativa, para Schumpeter, é o fato essencial do capitalismo, onde ele se inventa e reinventa de forma constante no caos perene. O próprio nome Destruição Criativa é um oxímoro e seu processo é dinâmico e consiste no ciclo de nascimento, desenvolvimento, envelhecimento e morte de tecnologias, motivado pelo lucro, com o surgimento, logo a seguir, de novo ciclo de nascimento, desenvolvimento, envelhecimento e morte. Dessa forma, se um serviço melhor, mais rápido ou mais barato surge, provavelmente esse serviço ultrapassará e substituirá o que estava em vigor (SCHUMPETER, 1911).

A imagem a seguir mostra os ciclos de inovação, que percorrem crises e são substituídos por outras inovações:

Figura 1- O ciclo de Inovação de Schumpeter



(Fonte: Brodrick, 2017)

De acordo com o gráfico, o planeta se encontra na quinta onda de aceleração e inovação. As ondas vão ficando mais curtas ao longo do tempo porque a tecnologia é um processo evolucionário, como a biologia, mas ela se move de uma invenção para outra mais rápido, enquanto a natureza demora milhares de anos. Ray Kurzweil (2005) explica que isso acontece por causa da lei dos retornos acelerados. Cada geração de tecnologias se apoia nas estruturas de seus antecessores, e como cada geração melhora seu desempenho comparada a última, o ritmo do progresso se acelera de geração em geração.

A lei dos retornos acelerados é a versão moderna da lei de Moore. Gordon E. Moore, em 1965, observou que era possível comprimir duas vezes mais transistores em um circuito integrado a cada dois anos. Tendo em conta que os elétrons, conseqüentemente, teriam uma distância menor para percorrer, os circuitos também funcionariam mais rapidamente, fornecendo um impulso adicional para o poder computacional geral. O resultado é um crescimento

exponencial do preço e do desempenho da computação. Kurzweil, em seu livro “*A Singularidade está próxima*”, (2005) se refere ao progresso humano não só pela Lei de Moore, mas também pela Lei dos Retornos Acelerados, onde ele estende a Lei de Moore para incluir as tecnologias anteriores ao circuito integrado, assim como, as novas formas de tecnologia.

No processo de destruição criativa nem todas as inovações se extinguem. Isso se deve ao fato de que algumas tecnologias são muito difíceis de serem superadas ou simplesmente são insuperáveis, como o exemplo da roda ou o motor de combustão interna, que é usado há mais de dois séculos, e que vai ser abordado mais à frente. Além disso, existem certas forças e pressões que entram o nascimento ou disseminação de novas tecnologias, porque com o término e surgimento de novas tecnologias, novos paradigmas são criados, e mesmo velhas inovações ganham novos usos, levando ao progresso técnico e compondo a Destruição Criativa 2.0 (TROYJO, 2013).

Enquanto a destruição criativa é responsável pelas crises e inovações do capitalismo, a inovação disruptiva está no centro das empresas, trazendo disrupção no *status quo* empresarial.

A Inovação Disruptiva

Para Schumpeter (1942), grandes empresas possuem vantagem na inovação, graças a seu poder monopolístico e, conseqüentemente, seus recursos. Dessa forma, a destruição criativa viria de dentro das empresas, não de fora. Porém, ao se analisar casos de grandes empresas que foram à falência ou que abriram espaço para concorrência, é difícil enxergar como a destruição criativa os explicaria, como foi o caso da Blockbuster, a maior rede de locadoras de filmes e videogames do mundo, e da Netflix. A Netflix foi criada em 1997, com uma interface online exclusiva, em que os consumidores escolhiam os filmes pelo site e os filmes eram enviados pelo correio para suas casas. Este novo serviço só atendia a um perfil pequeno de consumidores, já que demorava vários dias para que o filme fosse entregue ao cliente. Esse nicho consistia basicamente de cinéfilos, que não se importavam com estreias, de compradores virtuais e dos pioneiros dos DVDs, enquanto a Blockbuster atendia ao público geral, que queria

estreias e rapidez no acesso aos filmes. Ou seja, cada empresa atendia um grupo específico de consumidores. Assim, a Blockbuster não se preocupou com esse pequeno competidor que havia aparecido, e simplesmente decidiu ignorar suas atividades. Entretanto, como as novas tecnologias permitiram que a Netflix mudasse do envio de filmes pelo correio para o streaming online, os clientes da Blockbuster se tornaram atraídos por essa seleção de conteúdo por demanda, conveniente, com velocidade (on time), preço baixo e qualidade alta. Assim, a Netflix percorreu o caminho clássico da inovação disruptiva, em que, ao contrário da destruição criativa, a inovação e disrupção vem de fora, de empresas menores ou de grupos de estudantes em garagens.

Inovação e disrupção são termos mais ou menos similares, muitas vezes confundidos entre si e comumente usados de forma equivocada. Eles possuem semelhanças, pois os dois são criadores e construtores, porém é preciso lembrar que toda tecnologia disruptiva é uma inovação, mas nem todas as inovações são disruptivas. A disrupção é diferente porque muda literalmente a forma que a sociedade, ou algum setor dela, pensa e se comporta, mudando inclusive o cotidiano das pessoas e a forma como produzem e consomem (CHRISTENSEN ET AL., 2015). O exemplo mais claro, e evidente em nossos dias, é a internet, que mudou radicalmente a forma como buscamos informações. Os dicionários e as enciclopédias impressos morreram, a comunicação entre as pessoas mudou radicalmente, o mundo inteiro hoje em dia está na “palma das mãos”, ou seja, no smartphone e no notebook. Ou nas mãos de alguém invisível, que utiliza dados e softwares para traçar perfis de consumo, políticos entre outros.

Clayton M. Christensen (2001), professor de administração da Harvard Business School é considerado um dos maiores experts em inovação do mundo. Ele desenvolveu a teoria da Inovação disruptiva, na qual afirma que o mecanismo de falência das empresas de sucesso não é que elas não estão fazendo seu trabalho da forma correta, mas sim que alguém surgiu na margem do mercado e conseguiu vencer, produzindo um substitutivo por vezes “impensável”. Ou seja, estão fazendo as coisas corretas, porém para um mundo que está se extinguindo e elas não percebem os riscos quando tudo parece estar bem.

É como um efeito perverso, em que todos os atores agem de forma racional, mas o resultado é irracional (BOUDON, 1979). No caso, todos os indivíduos, em uma organização de sucesso, fizeram tudo da forma certa, mas por agirem independente do que faria sentido na circunstância em questão, o resultado acaba como desastre. Esse efeito perverso acontece porque as empresas tendem a investir naquilo que traz a evidência mais imediata e tangível de realização e, conseqüentemente, de lucro, e não conseguem perceber o surgimento de novas demandas e de novos produtos. Por isso a pesquisa de opinião e de mudanças de costumes, hábitos e valores tornou-se tão importante.

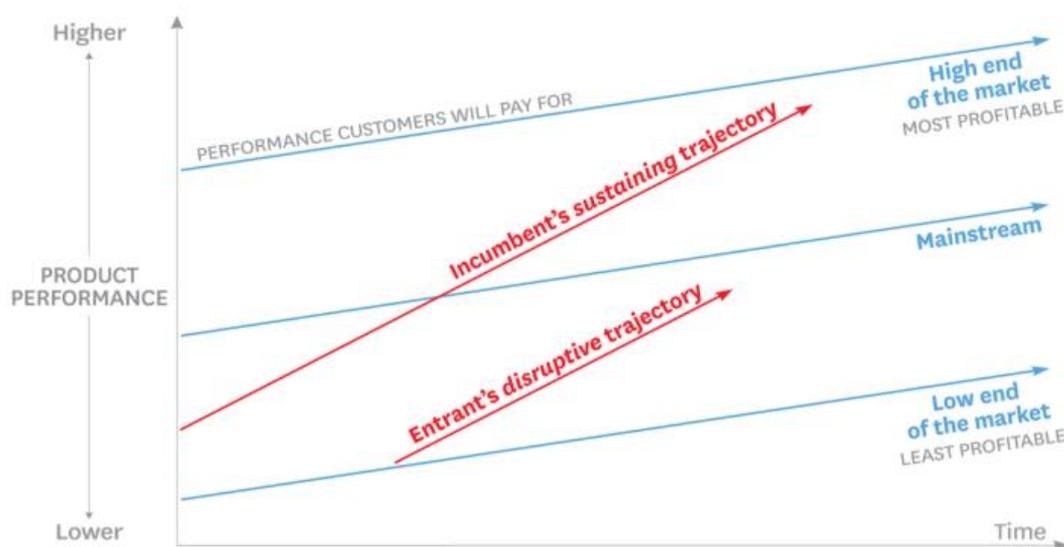
Em seu livro *O dilema da inovação* (2001) Christensen explica a diferença entre uma inovação sustentada e uma inovação disruptiva. A inovação sustentada consiste basicamente na melhora de um produto já existente. As empresas melhoram a performance do produto baseado no feedback de seus consumidores, geralmente reduzindo defeitos ou deixando-o mais rápido, mais barato ou mais eficiente, como, por exemplo, uma câmera melhor no celular, um novo sabor de sorvete ou um design diferente em um carro.

Já a inovação disruptiva geralmente possui uma performance mais baixa nas características chaves do produto, valorizadas pelo mercado. Muitas vezes apresenta mais defeitos e menos velocidade e potência. Um produto disruptivo aparece como se ele estivesse fazendo tudo errado, de acordo com Christensen. Ele nasce da necessidade de um segmento de mercado, que é negligenciado pelas ofertas atuais do mercado. Quase toda inovação, disruptiva ou não, começa sua vida como um experimento de pequena escala.

Na imagem a seguir o modelo de inovação disruptiva é ilustrado, contrastando a trajetória da performance do produto (em vermelho) com a trajetória da demanda do consumidor (em azul). Enquanto as empresas tradicionais introduzem produtos ou serviços com maior qualidade para satisfazer o setor superior do mercado, onde a rentabilidade é maior, as necessidades dos consumidores do setor menor do mercado acabam sendo deixadas de lado. Isso deixa uma abertura para novos participantes acharem espaços em segmentos menos rentáveis, os quais as empresas tradicionais estão

negligenciando. Os novos participantes que estão na trajetória da inovação disruptiva melhoram a performance de suas ofertas e movem para a parte superior do mercado, desafiando a dominância das grandes empresas.

Figura 2- O modelo da inovação disruptiva



(Fonte: Christensen et al., 2015)

Assim, surge o dilema da inovação, em que as empresas se perguntam se devem fazer produtos melhores para seus melhores consumidores, atraindo mais lucro, ou talvez fazer um produto de qualidade pior, que nenhum de seus melhores consumidores compraria e que poderia arruinar suas margens de lucro, caso não conquiste o novo mercado.

Seguir o caminho da inovação sustentada faz sentido ao se olhar num curto prazo, mas pode levar uma empresa a falência no médio e longo prazo. Dedicar recursos para um segmento e uma oportunidade com incertezas, por outro lado, pode ser o futuro de uma empresa. A inovação disruptiva é um processo, não um produto ou serviço, e esse processo não ocorre ao acaso.

Outras diferenças também devem ser abordadas. Como exemplo, muitos economistas consideram a Uber como uma inovação disruptiva, porém, de acordo com Christensen, a Uber não se encaixa na teoria. Primeiramente, porque as inovações disruptivas, segundo o conceito, não entram em contato com os

principais clientes até que sua qualidade alcance os padrões, o que não foi o caso da Uber, que já conseguiu atingir o público alvo desde o início. Em segundo lugar, as inovações disruptivas se originam em pontos de apoio de baixo custo ou de novos mercados. Ou seja, a Uber se enquadra em outro tipo de inovação.

Inovações em serviço

O termo inovação é muito versátil e frequentemente “inflado”. Muitas vezes assume-se que uma empresa é inovativa ou não, esquecendo-se que existem diversas formas de se inovar. A classificação entre os tipos de inovação possui relevância estratégica para a gestão da inovação em si. Além disso, as distinções entre os termos são importantes para cada empresa saber que caminho traçar ou seguir. Além das inovações sustentadas e disruptivas, existem as inovações em serviços, processos, modelos de negócio, entre outras (ZAPFL, 2019).

As inovações em serviço são geralmente caracterizadas por um novo ou significativamente melhorado conceito de serviço que foi levado em prática. Uma inovação de serviço sempre inclui elementos replicáveis, que podem ser identificados e sistematicamente reproduzidos em diferentes casos e ambientes (TEKES, 2010).

O processo de inovação em serviço é basicamente o processo de fazer serviços continuamente melhores, ou com novas formas de realizar. Possibilita que as empresas fiquem à frente de seus competidores e ultrapassem as expectativas dos consumidores. Não é necessário, porém, estar no centro das tecnologias emergentes para se construir produtos e serviços bem-sucedidos. Em vários casos, as tecnologias já estabelecidas poderão melhorar os serviços, com pequenas mudanças em seu processo.

Um dos casos de inovação em serviço mais bem-sucedidos e comentados da atualidade é o caso da Empresa Uber, já citado anteriormente. A Uber tem uma história de sucesso que vale a pena ser analisada mais de perto e que vai ser de grande importância para os carros autônomos. Sua história começou há dez anos atrás, quando Garrett Kamp e Travis Kallanick enxergaram uma solução que

ajudaria o problema do transporte público individual. Mas o problema que eles estão ajudando a solucionar começou muito antes.

A grande depressão nos Estados Unidos (1930) trouxe muitas sequelas, dentre elas uma alta taxa de desemprego (um em cada quatro americanos estava desempregado). O desespero para se conseguir um emprego era maior principalmente nos trabalhos que requeriam baixa habilidade e fácil entrada. Um desses trabalhos era, e continua sendo atualmente, o de motorista de táxi. Dessa forma, a oferta de taxistas aumentou, mas a demanda por taxistas caiu, devido à própria crise e aos preços que oscilavam entre as várias empresas de táxi, legais e ilegais. Assim o governo da cidade de Nova York escreveu o *Haas act*, um sistema que determinava um número limitado de medalhões, ou seja, permissões para taxistas. O sistema de medalhões servia como uma barreira de entrada, valorizando seu preço e o trabalho dos taxistas. Começou com a quantidade de mais ou menos 17.000 medalhões em 1937 e em 2009, com a população com mais de um milhão de pessoas a mais, o número de medalhões era 13 mil, sendo o mesmo até hoje. Ou seja, é um ato mais político do que prático (VAN GELDER, 1996). Trata-se de uma regulação político-administrativa e não de mercado, econômica.

Assim, a competição extrema que existia fazia com que os preços se mantivessem baixos, o que era bom para os passageiros, mas insustentável para os motoristas. Com o *Haas act*, a pouca competição fez com que os taxis ficassem caros, o que era bom para os motoristas, mas ruim para os passageiros. Um medalhão chegou a custar 1.4 milhões de dólares em 2014 (o preço inicial dos medalhões em 1937 era de 10 dólares, o que seria mais ou menos 160 dólares atualmente). Hoje em dia o preço se encontra por volta de 200 mil dólares (CILLIZZA, 2018; FLEISHMAN, 2018).

No Brasil, os táxis também trabalham com alvarás e licenças emitidas pelo Poder Público. Em São Paulo, até o final de 2015, um alvará custava cerca de 170 mil reais. Em Salvador era considerado um artigo de luxo, chegando a custar 125 mil. A compra e venda de alvarás era considerada como um negócio mais rentável

que a venda de imóveis, em certas cidades. Mas essa realidade mudou (BERGAMIM JR., 2016; LIMA, 2019).

A Uber foi criada para enfrentar este estrangulamento de mercado. O que antes parecia ser uma rota garantida para segurança financeira, motivo de orgulho e visto como fundo de aposentadoria (as licenças e alvarás), atualmente se encontra em crise por causa de aplicativos como o Uber. A Uber conseguiu nesses 10 anos de existência ultrapassar o número de corridas por dia dos taxistas na cidade de Nova York (289.000 versus 277.000 dos táxis em julho de 2018). No Brasil, o preço dos alvarás despencou desde a chegada da Uber e de outros aplicativos de mobilidade. Em Salvador a queda chegou a 90% e em São Paulo variou entre 30 e 50%. E tudo isso por causa de uma inovação no serviço. Para a empresa Uber, os motoristas são contratantes independentes, parceiros. A empresa toma o cuidado de não os chamar de empregados, porque empregados têm o direito a um salário mínimo, reembolso de gasolina, férias pagas, hora extra, etc. O que custaria a empresa cerca de 4 bilhões de dólares por ano. A empresa também não se considera uma companhia de transporte, mas sim uma plataforma (BERGAMIM JR., 2016; LIMA, 2019; POLYMATTER, 2018).

Muitos acreditam que foi a inovação digital da tecnologia recente que permitiu a disrupção da indústria do taxi pelo Uber, quando na verdade a empresa utiliza de recursos como a localização por GPS, pagamento automático por cartão de crédito, plataforma online, entre outros, que são tecnologias consideradas padrão há alguns anos. Para muitos, a real inovação no caso Uber foi o trabalho em conjunto com governos pelo mundo. Cada cidade é diferente, cada caso é um caso, e nisso a Uber se mostrou excelente, um modelo a ser seguido para as novas empresas por sua flexibilidade (VETTER, 2018).

Tecnologia por si só poucas vezes traz uma disrupção sozinha em uma indústria. Uma indústria sofre disrupção, quando uma tecnologia é combinada com um modelo de negócio trivial, porém efetivo. É mais provável que seja uma pessoa ou startup de fora, ou uma organização de uma indústria diferente, que não está restringida pela lógica da indústria atual, que traga a disrupção para todo o

setor. E nesse ponto, a teoria da inovação disruptiva e a inovação em serviços concordam.

Tecnologias Disruptivas

Em adição ao tema de inovação e grau de inovação, existem ainda outras duas classificações. Elas são os gatilhos para a inovação, as responsáveis por acionar o processo de inovação e trazer a disrupção para o mercado e afins. Ao se questionar o que desencadeou a inovação, elas seriam a resposta no topo da lista. São elas, a inovação na força de mercado, que são iniciadas por pedidos específicos de consumidores, e as inovações de impulso tecnológico, resultado de novas tecnologias para as quais se buscam possibilidades de aplicações (ZAPFL, 2019).

As tecnologias disruptivas se encaixam como inovações de impulso tecnológico, e são o gatilho para vários outros tipos de inovações. A Inovação tecnológica em si pode ou não ser disruptiva. Tudo depende da sua natureza e da forma como ela é implementada. Ao contrário das inovações sustentadas, que satisfazem as necessidades atuais do consumidor, as tecnologias disruptivas evoluem para atender as necessidades futuras do consumidor.

Um claro exemplo que demonstra a evolução de uma tecnologia disruptiva é o dos automóveis. O motor a combustão, assim como o motor elétrico, permitiu a criação dos primeiros automóveis e é considerado uma tecnologia disruptiva. Porém, o automóvel sozinho não é uma inovação disruptiva, pois os primeiros automóveis eram considerados itens de luxo, que não perturbavam o mercado dos veículos puxados por cavalos. O mercado de transportes praticamente permaneceu intacto até 1908, quando houve a estreia do Ford Modelo T, de preço mais acessível. A inovação disruptiva ocorreu quando o automóvel foi produzido em massa, porque isso mudou totalmente o mercado de transportes e a vida das pessoas (CHRISTENSEN, 2013).

As tecnologias disruptivas têm o potencial de desestabilizar o *status quo*, alterar o jeito que as pessoas vivem e trabalham e rearranjar lucros, levando a produtos e serviços totalmente diferentes (MGI, 2013). Novas tecnologias, ou tecnologias emergentes, surgem a todo momento, mas a diferença não se encontra

na quantidade de tecnologias que surgirá nos próximos anos, mas sim se elas trarão mudanças significativas na vida das pessoas ou não.

Várias tecnologias já foram anunciadas como disruptivas, mas nem sempre é possível prever se uma tecnologia terá um impacto disruptivo ou não. Um exemplo de tecnologia que não teve impacto ou disrupção foram os *Google Glass*. Os óculos desenvolvidos pela Google tinham o potencial de ser uma realização tecnológica impressionante, mas foram um fracasso. Seria possível levar a experiência de vida para um novo patamar, com um computador que mostrasse tudo bem na frente dos olhos. Dentre as várias razões do porque a tecnologia não foi um sucesso, a que chama mais atenção, é a de que a empresa desenvolveu uma solução antes de identificar o problema. O fracasso do *google glass* não pode ser atribuído a tecnologia em si, que ainda tem chance de ser disruptiva em um futuro próximo, mas na própria empresa, que teve erros desde a publicidade do produto até reconhecer seu público alvo. Ou seja, a tecnologia nesse caso poderia ser considerada disruptiva, mas a empresa não soube fazê-la ser uma inovação de fato disruptiva (ALTMAN, 2015; NIETO-RODRIGUES, 2017).

Acompanhar as inovações que surgem e se desenvolvem a cada ano tornou-se uma tarefa difícil e complexa. Tecnologias importantes podem vir de qualquer campo, ou se desenvolver em qualquer disciplina científica, mas existem quatro características que elas compartilham que mostram seu potencial disruptivo. Elas são:

1. **Rápido avanço da tecnologia:** as tecnologias disruptivas geralmente demonstram uma rápida taxa de mudança em termos de preço e performance, comparadas às tecnologias existentes.
2. **O escopo potencial do impacto é amplo:** para ser economicamente disruptiva, a tecnologia deve ter um alcance amplo, afetando desde empresas e indústrias até uma gama de máquinas, produtos e serviços e o setor dos consumidores e da sociedade, incluindo estilo de vida.
3. **Valor econômico significativo pode ser afetado:** uma tecnologia economicamente disruptiva deve ter o potencial de criar um grande impacto econômico. O valor em jogo deve ser alto em termos de

agrupamentos de lucros, que podem ser interrompidos, e adições ao PIB, que podem resultar dessa tecnologia.

4. **O impacto econômico é potencialmente disruptivo:** tecnologias que importam tem o potencial de mudar drasticamente o *status quo*, e levar uma nação ou região ao crescimento e dessa forma, a uma vantagem comparativa (MGI, 2013).

Um relatório feito pelo Instituto Global McKinsey em 2013, apontou 12 tecnologias com potencial econômico disruptivo até o ano de 2025. As tecnologias são apresentadas no quadro a seguir:

Figura 3- Doze tecnologias com potencial econômico disruptivo

Twelve potentially economically disruptive technologies

	Mobile Internet	Increasingly inexpensive and capable mobile computing devices and Internet connectivity
	Automation of knowledge work	Intelligent software systems that can perform knowledge work tasks involving unstructured commands and subtle judgments
	The Internet of Things	Networks of low-cost sensors and actuators for data collection, monitoring, decision making, and process optimization
	Cloud technology	Use of computer hardware and software resources delivered over a network or the Internet, often as a service
	Advanced robotics	Increasingly capable robots with enhanced senses, dexterity, and intelligence used to automate tasks or augment humans
	Autonomous and near-autonomous vehicles	Vehicles that can navigate and operate with reduced or no human intervention
	Next-generation genomics	Fast, low-cost gene sequencing, advanced big data analytics, and synthetic biology ("writing" DNA)
	Energy storage	Devices or systems that store energy for later use, including batteries
	3D printing	Additive manufacturing techniques to create objects by printing layers of material based on digital models
	Advanced materials	Materials designed to have superior characteristics (e.g., strength, weight, conductivity) or functionality
	Advanced oil and gas exploration and recovery	Exploration and recovery techniques that make extraction of unconventional oil and gas economical
	Renewable energy	Generation of electricity from renewable sources with reduced harmful climate impact

(Fonte: MGI, 2013)

Como pode-se observar na imagem, várias dessas 12 tecnologias já existem, só não foram implementadas em larga escala ou ainda não se tornaram economicamente viáveis, ou seja, ainda não chegaram no patamar de inovações disruptivas. Dentre essas 12 tecnologias, é importante frisar os veículos autônomos, que são o objeto deste trabalho, as tecnologias de armazenamento de

energia, e as energias renováveis, também importantes para os veículos autônomos elétricos.

A inteligência artificial, que não está especificada no quadro, mas é a responsável por grande parte das tecnologias presentes nele, também tem um potencial disruptivo enorme. Um sucesso médio dessa tecnologia já afetaria a vida diária de quase todas as pessoas, da mesma forma que a internet, celulares e comunicação computadorizada afetam atualmente. E mesmo com todo o alarde a respeito da inteligência artificial e seu potencial destrutivo (menos empregos, sociedade “inútil”, suposto “vilão”) a IA parece se encaixar com outras teorias revolucionárias (viagens aéreas, internet, telefone) em que as repercussões negativas são superadas por seus aspectos positivos (RUSSEL; NORVIG, 2004).

Capítulo 3: A história dos automóveis

Introdução

A disputa entre tecnologias de mobilidade urbana

O império do petróleo e da poluição urbana

A revolução na indústria automotiva

“Meu primeiro cliente era um lunático.

Meu segundo tinha um desejo de morte. ”

Karl Benz

Introdução

Em muito se diverge sobre quem de fato foi o inventor do primeiro carro, como ocorre com o avião e outros inventos de envergadura. É possível encontrar referências que defendem que o primeiro veículo foi criado por Leonardo da Vinci (1487) enquanto outras fontes levam a Ferdinand Verbiest, um missionário jesuíta que viveu na China e construiu um tipo de veículo para o imperador Kangxi em 1672. Há ainda historiadores que acreditam que o primeiro carro de fato foi construído por Karl Benz, em 1886. Em meio a tanta dubiedade, há uma única certeza, a criação do automóvel não foi um trabalho de apenas uma pessoa, mas de várias mentes brilhantes no curso dos últimos séculos (FLINK 1990, URBAN 2015).

Dentre essa invenção que moldou a sociedade, o modo de vida contemporâneo, o design das cidades e o próprio meio ambiente, é possível levar alguns paradigmas como verdades inabaláveis e acreditar que o modelo que é vigente há anos sempre foi assim. Mas, a história surpreende e mostra que no final,

são escolhas que determinam os caminhos em que o mundo se encontra. Escolhas feitas pelos humanos, que na época acreditaram serem as melhores.

A disputa entre tecnologias de mobilidade urbana

Muito antes de o motor a combustão existir, os primeiros veículos a serem aperfeiçoados foram os movidos por motores a vapor e elétricos. O motor a vapor¹ parecia ser o mais promissor, graças à sua tecnologia que era a mais antiga e conhecida na época. Em 1781 o matemático e engenheiro britânico James Watt já tinha conseguido aperfeiçoar o motor para uso diário e em 1769 o inventor francês Nicolas-Joseph Cugnot conseguiu melhorar os veículos pré-existentes com o primeiro motor a vapor num veículo que conseguia transportar uma pessoa.

Em seguida, no final do século XVIII, o motor elétrico começou a surgir, com inventores pensando em como vagões poderiam se locomover sem o uso de animais. Em 1832, na Escócia, Robert Anderson inventou a primeira carruagem elétrica, movida por células de energia não recarregáveis. Em 1834, Moritz Hermann von Jacobi construiu o primeiro motor elétrico. Ele usou a eletricidade para gerar um campo magnético, em que um eixo girava sem nenhum contato físico. O mecanismo requeria poucas partes e era de certa forma eficiente, porque não perdia energia com a fricção das peças. Apesar do motor não precisar de combustível, ele precisava de baterias, e as baterias recarregáveis foram inventadas apenas em 1859.

Assim como o automóvel, o motor a combustão interna² não teve apenas um inventor. Em 1844 e 1846 o inventor Nova Iorqueense Stuart Perry patenteou a versão de dois ciclos do motor, seguido por Etienne Lenoir, que patenteou sua versão na França, em 1860. O crédito de “primeiro” nesse caso geralmente é dado para Lenoir, porque seu motor era comercialmente viável e tinha a inovação de usar uma fagulha elétrica para acender a mistura do combustível. O alemão

¹ Motores a vapor são motores que funcionam com calor e possuem combustão externa. Eles são grandes e precisam de boilers bem isolados para gerar o vapor – o que é difícil para carros pequenos.

² A energia é produzida dentro do motor e garante uma transferência de movimento igual. O cilindro comprime a mistura de gás e a mistura é acesa, empurrando o cilindro para cima e para baixo. É eficiente, porém muito mais complexo que o motor a vapor.

Nicolaus Otto foi o mais bem-sucedido no motor de quatro ciclos, introduzido em 1876. Seu motor foi o primeiro a comprimir a mistura ar-combustível dentro do cilindro de trabalho, e o primeiro a incorporar o princípio dos quatro ciclos consecutivos de admissão, compressão, potência e escapamento (FLINK, 1990).

Nessa época (1860 a 1900) se vivia o auge da revolução da eletricidade, com inventores como Thomas Edison, Nikola Tesla e Alexander Graham Bell revolucionando o mundo. Era de se esperar, então, que o veículo vitorioso seria o elétrico, pois nele se concentrava a maior parte dos investimentos e crença das pessoas. Para o uso na cidade, ele trazia várias vantagens comparado ao motor a combustão, vapor e até aos cavalos. Os veículos elétricos eram silenciosos, inodoros, e fáceis de controlar. As mulheres da época os preferiam também, porque eles eram mais confortáveis de dirigir e também mais limpos.

Figura 4 - Mulher utiliza carregador de bateria com manivela para carregar seu automóvel elétrico



(Fonte: Arbuckle, 2015)

Assim, em 1900 os motores elétricos eram os mais avançados em tecnologia, eram mais presentes nas ruas do que os motores a gasolina e ainda recebiam esforços de pesquisa de inventores como Thomas Edison, Ferdinand Porsche e Nikola Tesla (URBAN, 2015). O futuro parecia pertencer aos carros elétricos. Em um artigo do *The New York times*, de janeiro de 1911, os carros elétricos eram descritos como os mais populares tanto entre mulheres quanto entre os homens, com avanços significativos sendo feitos até o começo da década. O autor do artigo ainda relatou que os próprios fabricantes de carros com motor a gasolina usavam os elétricos para se locomover entre suas casas e escritórios, devido à sua praticidade de uso na cidade.

Essas vantagens, entretanto, foram ultrapassadas por seus custos e esforços. A produção do motor elétrico era muito mais cara do que a do motor a gasolina e sua operação era em média três vezes mais cara. Em 1910 a extensão de uma carga de bateria era aproximadamente de 80 a 120 km, os locais de recarga eram praticamente inexistentes fora das cidades grandes, a armazenagem da carga na época se deteriorava rapidamente e a capacidade de subir ladeiras era debilitada, devido ao peso excessivo das baterias para a geração de cavalos de potência.

Assim, apesar de não ser nada óbvio na virada do século 20, o motor a combustão se tornou superior em relação a todas as outras alternativas da época. Não obstante o seu mecanismo grosseiro, sujo e complicado, ele não estragava facilmente, subia qualquer tipo de colina, funcionava em condições adversas como areia, lama, neve e tinha uma velocidade satisfatória em longas distâncias.

Além disso, o petróleo e seus derivados eram muito baratos na época, sendo convenientes e disponíveis em qualquer armazém e com capacidade de reposição em qualquer parte do país, na maioria dos países. Os carros elétricos eram os “ideais”, mas, graças a inventores como Carl Benz e Henry Ford, os carros a gasolina se tornaram a opção mais escalável, mais popular e mais comercializável.

Em 1900, a adoção em massa não era possível nem para os carros elétricos nem para os a gasolina. Os dois necessitavam de um avanço decisivo e o avanço

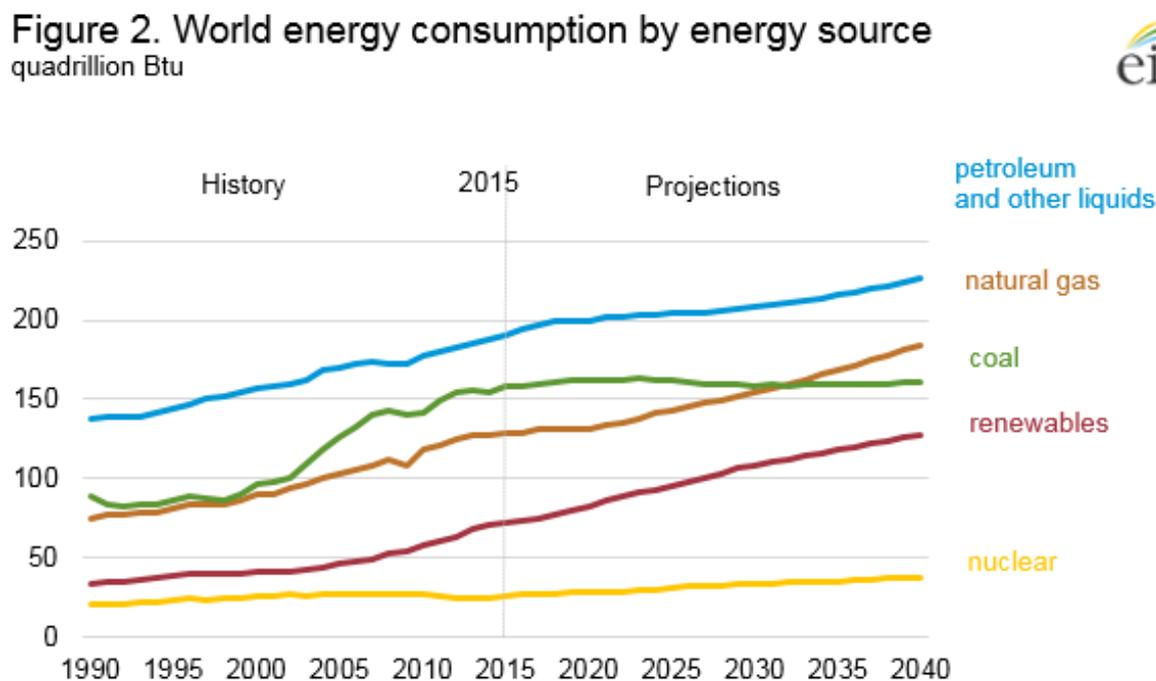
acabou acontecendo para os carros movidos a gasolina. E, assim, o carro elétrico que parecia ser o mais proeminente e alcançável da época foi deixando as ruas e sendo substituído por carros a gasolina. Os automóveis com motores a combustão começaram sua produção em massa e em 1914, 99% dos novos carros americanos eram movidos a gasolina. Em 1920, os carros elétricos deixaram de ser produzidos (URBAN, 2015).

A inovação e o progresso em algo tão significativo simplesmente pararam. E os motores elétricos não tiveram incentivos necessários para continuar por mais de um século.

O império do petróleo e da poluição urbana

Com a vitória do carro a explosão, utilizando gasolina, o consumo do petróleo e seus derivados foi aumentando a cada ano, como mostra o gráfico a seguir da EIA (*Energy Information Administration*) mostra.

Figura 5- Consumo mundial de energia por fonte de energia



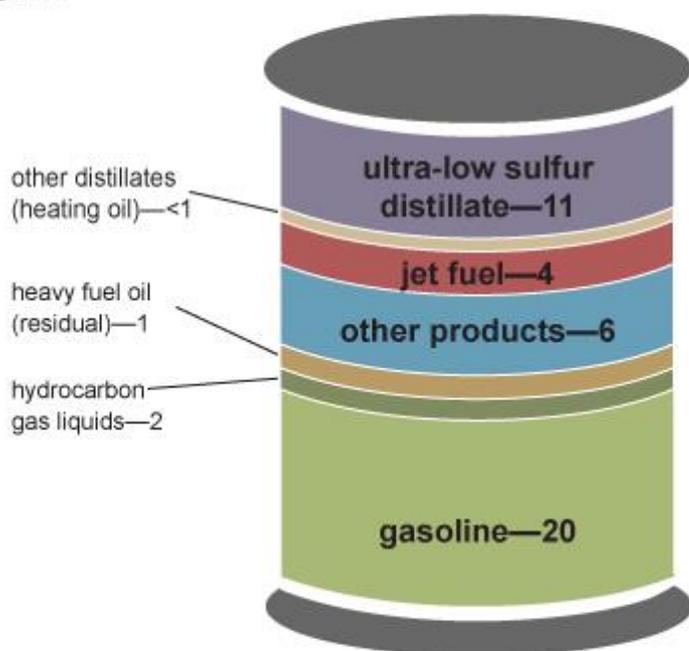
(Fonte: EIA, 2018)

O gráfico mostra que o consumo de derivados de petróleo aumentou consideravelmente desde 1990, e a projeção até o ano 2040 é de que o seu uso cresça ainda mais. É importante destacar que o petróleo não é utilizado somente no setor de transporte, mas também para aquecer prédios, produzir energia, assim como no setor industrial para produzir produtos como plástico, solventes, poliuretano entre outros. A imagem a seguir mostra os produtos feitos de um barril típico de petróleo bruto nos Estados Unidos em 2017.

Figura 6 -Produtos petrolíferos feitos de barril de petróleo bruto, 2017

Petroleum products made from a barrel of crude oil, 2017

gallons



Note: A 42-gallon (U.S.) barrel of crude oil yields about 45 gallons of petroleum products because of refinery processing gain. The sum of the product amounts in the image may not equal 45 because of independent rounding.

Source: U.S. Energy Information Administration, *Petroleum Supply Monthly*, May 2018, preliminary data

(EIA, 2018).

Em um barril típico de 42 galões de petróleo bruto, como o da imagem, há um rendimento de 45 galões de petróleo refinado, por causa de ganhos no

processo. Desses 45 galões, 20 viram gasolina. Ao se separar por setor, o consumo de petróleo nos Estados Unidos em 2017 foi o seguinte:

Transporte – 14,04 milhões de barris por dia – 71%

Indústria – 4,76 milhões b/d – 24%

Residências – 0,52 milhões b/d – 3%

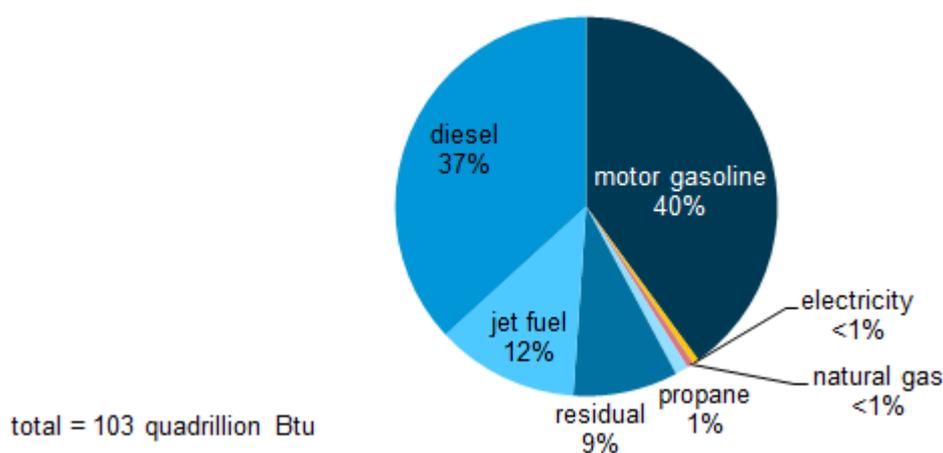
Comercial – 0.47 milhões b/d – 2%

Energia Elétrica – 0,10 milhões b/d – 1%

Dessa forma, o petróleo é a fonte principal de energia para o transporte não só nos Estados Unidos, mas em todo o mundo. Em 2017, os produtos derivados do petróleo contabilizaram 92% do total do uso de energia no setor de transportes americano. E a eletricidade foi responsável por apenas 1% do uso de energia no mesmo setor, sendo quase todo o uso em sistemas de transportes públicos. O gráfico a seguir mostra detalhadamente as fontes de energia no transporte mundial.

Figura 7 - Consumo do transporte mundial por combustível, 2012

World transportation consumption by fuel, 2012
percent of world total (energy equivalent basis)



(Fonte: EIA, 2015)

O consumo de gasolina para transporte nos Estados Unidos tem aumentado mesmo após a definição dos padrões de economia de combustíveis estabelecidos pelo governo federal americano por meio da CAFE- (Economia média de combustível corporativo) e do programa nacional da EPA de economia de combustível. A CAFE determina a milhagem mínima que os veículos devem percorrer com um galão de combustível, enquanto a EPA estabelece métodos e procedimentos de teste para medir a economia de combustível e fornecer as informações ao público. O aumento no consumo nos últimos anos se deve a maior frota de veículos em uso, assim como, o aumento da quilometragem percorrida por cada veículo.

A alta no consumo de petróleo não foi restrita apenas aos Estados Unidos. Em outubro de 2018, pela primeira vez na história, o consumo mundial de petróleo ultrapassou 100 milhões de barris por dia. A demanda por petróleo quase dobrou em países na Ásia, América Central e do Sul e África. De cada 100 milhões de barris, mais de 60 milhões são destinados ao transporte. O petróleo é tão enraizado no mundo moderno que a demanda ainda está subindo cerca de 1,5% ao ano (INDEPENDENT, 2018).

Esse consumo de combustíveis fósseis provenientes do setor de transportes gera, aproximadamente, um quarto da emissão global do dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases do efeito estufa, responsável pelas mudanças climáticas (UNEP, 2011). E não se limita apenas às emissões veiculares, tendo em vista que a produção e distribuição do petróleo, produz quantidades significativas de gases do efeito estufa por si só (CHAPMAN, 2007).

Ao olhar em retrospectiva, uma inovação que era tecnologicamente superior, melhor aceita e sem externalidades negativas perdeu para uma inovação que era tecnologicamente inferior, porém mais adaptável e mais barata. E o mundo se moldou a isso, mas as más consequências dessa escolha não eram previsíveis àquela época e estão sendo colhidas hoje. Assim como a opção que foi feita no Brasil nos anos 1950 pela rodovia em desfavor da ferrovia.

A revolução na indústria automotiva

Existem poucas indústrias que afetam a maior parte das pessoas ao redor do mundo todos os dias, e poucas indústrias que empregam direta e indiretamente um número considerável de pessoas, sendo um guarda-chuva para várias outros serviços e empresas. A indústria automotiva é uma dessas, que possui forte influência sobre governos e modos de vida, e desempenha um papel vital para a economia global, desenvolvendo o meio de transporte mais utilizado atualmente no mundo.

É possível compreender sua importância ao se notar que uma característica em comum da liderança econômica global é a fabricação de automóveis. Entre os países que compõem as maiores economias globais, o G20, todos os países, com exceção da Arábia Saudita, fabricam carros. A indústria automotiva abre margens para impactos significantes nos empregos e na inovação de um país. Em números, se a indústria automotiva fosse seu próprio país, seria simplesmente a 6ª maior economia do planeta (AUTO ALLIANCE 2019; OICA, 2019).

O crescimento dessa indústria, ainda hoje, é inquestionável e incansável, e para que isso aconteça, é necessária uma força de trabalho substancial ao redor do mundo. Em 2018, as vendas globais de veículos particulares ultrapassaram a marca de 86 milhões e a frota de veículos mundial extrapolou a marca de 1.322.272 bilhão (WICKHAM, 2017). De acordo com a Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores, o número de empregos diretos na indústria é de mais de 8 milhões, com a China liderando e empregando cerca de 1.605.000 indivíduos e os Estados Unidos na cifra de 954.210.

Ao se acrescentar os empregos indiretos (setores associados, manutenção, vendas, comércio e prestação de serviços) a indústria automotiva gera 5 empregos para cada trabalhador que ela mantém. Estima-se que 50 milhões de pessoas ganham seu sustento a partir de veículos automotivos no mundo (carros, caminhões e ônibus urbano e rodoviário) (OICA, 2019).

Apesar de seu longo *status quo* e soberania no mundo, uma revolução global no transporte está acontecendo. E a indústria vêm se preparando ou tentando correr atrás. Em 2018 as montadoras investiram 125 bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento. Como comparativo, a indústria aeroespacial e a indústria de defesa juntas investiram no mesmo ano 21.9 bilhões de dólares. Além disso, a indústria automotiva direciona 16% do financiamento mundial total em pesquisa e desenvolvimento. Cerca de 60 mil pessoas, apenas nos Estados Unidos, são empregadas na área de pesquisa automotiva e desenvolvimento (AUTO ALLIANCE, 2019).

Essa corrida pela inovação e revisão de seus modelos de negócio tem uma motivação forte – as novas tecnologias e tendências globais. E essas tendências estão redefinindo o que será o carro no século 21.

Há uma expectativa generalizada de que o século 21 vai passar por disrupções como nenhum outro século. Indústrias antigas terão que entrar na corrida da inovação pela sobrevivência do mais apto, como na teoria de Schumpeter, e aqueles que não se adaptarem ou perderem o momento chave, ficarão para trás. Mas onde há ameaças, há também oportunidades e as empresas já estão se preparando para o que desponta como uma provável revolução global no transporte.

O conceito de liberdade e independência relacionados a posse de um carro mudou muito e vai mudar mais ainda nos próximos anos. No passado, ter um carro era considerado um luxo, disponível apenas para a parte rica da população. Com o tempo e avanços nas linhas de produção, os carros foram tendo preços mais acessíveis e fazendo parte da sociedade, e assim “ritos de passagem” foram sendo criados em torno da posse de um veículo. Tirar a carteira aos 18 anos significa a passagem da adolescência para a vida adulta, uma mostra de que o indivíduo está apto a conduzir sozinho e assumir responsabilidades, além da própria independência para ir e vir. Ter um carro significava ter liberdade. A posse do veículo em si continua sendo um marco de status e poder em vários segmentos da sociedade, além de objeto de desejo de muitas pessoas.

Contudo, com a chegada dos aplicativos de mobilidade, esse paradigma vem mudando nos últimos anos. O crescimento meteórico de aplicativos como Uber, Lyft, 99 POP, entre outros, não é ao acaso. Como explica David Plouffe, um dos membros do conselho da Uber, o crescimento se deu de forma rápida justamente por causa da necessidade, pois existia claramente um buraco no ecossistema de transportes e serviços. E os aplicativos estão ajudando nessa mudança porque eles funcionam em todo lugar (TECH CRUNCH, 2016).

A Uber, líder do mercado, e startup mais valiosa do mundo, possui atualmente 91 milhões de usuários mensais, e mais de 3 milhões de motoristas parceiros. No Brasil, segundo maior mercado da Uber, os usuários ultrapassam a marca dos 22 milhões (EQUIPE UBER, 2019). As magnitudes das empresas de mobilidade demonstram a quebra do paradigma de liberdade. A liberdade de direção virou liberdade de locomoção e o que os passageiros querem hoje em dia é ir do ponto A ao ponto B com um preço acessível, de forma agradável e sem o trabalho que ter um carro demanda: comprar, pagar imposto, pagar seguro, colocar gasolina, procurar estacionamento, lavar ou mandar lavar, mudar a bateria, mandar consertar, etc.

Essa mudança não é nada mais do que lógica. Em média, carros ficam ociosos 95% do tempo e apenas 5% do tempo de fato funcionando. Junta-se a isso os gastos anuais que um carro demanda, como IPVA e DPVAT, revisões e manutenções, seguro, combustível e a própria depreciação do veículo. Ter um carro, aos poucos, deixa de ser sinônimo de liberdade, e começa a virar uma prisão.

É por isso que muitas pessoas vêm optando por deixar de comprar um carro, ou até mesmo vender aqueles que possuem, substituindo-os pelos aplicativos de mobilidade. Em um estudo da Universidade de Michigan (2016), constatou-se que houve um declínio no número de novos motoristas nos Estados Unidos, nas últimas três décadas, de 92% para 77% na faixa etária de 20 a 24 anos e 20% de queda nas pessoas com 18 anos (SCHOETTLE; SIVAK, 2016). Já no Brasil, nas 5 regiões do país, entre homens e mulheres de todas as faixas etárias, a emissão da carteira de motorista vem caindo desde 2015. Segundo dados do DENATRAN, a emissão da CNH para jovens de 18 a 21 anos caiu 20,61%. Para o

diretor de pesquisa automotiva da Ipsos, Fernando Deotti, essa queda vem acontecendo não só pelos gastos com o carro e, conseqüentemente, com a carteira de motorista, mas também por causa dos aplicativos de mobilidade. O veículo não é mais tão necessário para certa faixa da população - o aspecto prático está preponderando sobre o aspiracional. Em 2018, entretanto, houve uma alta no número de pessoas que tiraram a primeira carteira de habilitação no Estado de São Paulo. Especialistas acreditam que essa alta se deve justamente aos aplicativos de transporte, por causa do desemprego, pois nestas circunstâncias mais pessoas procuram esse tipo de ocupação (MANIR, 2018).

Ao se olhar países grandes e com potencial como a Índia, os aplicativos de mobilidade tem preenchido uma enorme lacuna no transporte do país. Hoje, 2019, na Índia, 10% dos seus habitantes possuem um carro, enquanto 24% dos indianos têm um smartphone (KRISHNAN, 2019; THE ECONOMIST, 2016).

Dessa forma, a mudança de comportamento em relação ao ato de conduzir um veículo está pressionando os fabricantes de automóveis a adotar um futuro que é menos sobre cavalos de potência e mais sobre poder de processamento, de acordo com o diretor de operações estratégicas da Lyft, David Rust. E, aparentemente, muitas montadoras estão se preparando para um futuro em que as vendas não serão mais direcionadas ao último modelo. Empresas como a Ford não querem ser deixadas para trás por causa de inovações disruptivas vindas de startups como a Uber e, provavelmente, Tesla. Por isso, apesar da Ford ter relatado em 2016 seu melhor desempenho de vendas anuais em uma década, a empresa está investindo e repensando o desenvolvimento de seu produto. Apesar de parecer arriscado e contraditório, como se a empresa estivesse virando as costas para uma fórmula vencedora, na verdade o que se quer evitar é justamente cometer o erro da inovação sustentada, deixando aberto o caminho para empresas menores aparecerem com inovações disruptivas. Como aconteceu com a já citada blockbuster, a Kodak, Nokia, Yahoo, Blackberry e até a GM, que falhou ao inovar e ignorou a concorrência (AASLAID, 2018).

As empresas de automóveis, excluindo a Tesla, não têm a tradição de desenvolvimento de software, de acordo com o futurologista Aric Dromi (2017).

Será necessário repensar o modelo de negócios, pois o software é a plataforma que carrega experiências. Na revolução global do transporte, o passo mais adiante será repensar o que de fato é o carro, pois nos próximos anos ele será um computador que se pode sentar dentro.

São três os principais movimentos de mudança que ocorrem atualmente na produção e consumo de veículos de mobilidade individual: a) a substituição do motor a explosão, por motores elétricos ou outros; b) a criação de veículos autônomos, que dispensam em parte ou totalmente o motorista; c) a dispensabilidade da propriedade do veículo em troca do compartilhamento ou do uso de plataformas como a Uber.

Nesta dissertação foi estudado o potencial dessas três mudanças juntas, com enfoque na produção e disseminação dos veículos autônomos.

Capítulo 4: Os Veículos Autônomos

Introdução

O desafio que mudou tudo

As tecnologias essenciais

Benefícios dos veículos autônomos

Desafios Gerados

“Quanto mais rápido o carro, mais fortes os faróis devem ser.”

Gaston Berger

Introdução

Veículos autônomos são todos os veículos que dispensam parcial ou totalmente um condutor para controlá-lo, ou seja, que dirigem sozinhos. Alguns veículos que podem ser considerados autônomos já fazem parte do cotidiano de certas cidades, são eles os metrô e trens que não necessitam de um condutor, ou o condutor está ali apenas para casos extremos. Porém, com os últimos avanços e inovações na tecnologia, a automação está sendo expandida não só para os trens, mas também para os carros, caminhões, ônibus, escavadeiras (entre outros veículos industriais) e até barcos e navios. Com a automação desses meios de transporte, o mundo vivenciará uma disrupção sem precedentes. Este capítulo aborda as questões ligadas à automação dos veículos terrestres, mais precisamente, dos automóveis.

A história da invenção dos veículos autônomos também diverge em certa forma, como a história dos carros. Alguns defendem que sua criação começou com Leonardo da Vinci (1478), que inventou um veículo que andava sem assistência humana, enquanto outros dão crédito ao míssil autopropulsado de Robert Whitehead em 1860, que venceu certas barreiras tecnológicas na época. A história em si pode variar, mas o que de fato foi importante nesse caso são as tecnologias

que possibilitaram a criação de um carro autônomo. E elas foram desenvolvidas principalmente por causa do desafio DARPA.

O desafio que mudou tudo

O *DARPA grand challenge* foi um desafio criado pela Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (*Defense Advance Research Projects Agency* em inglês) em 2004. O congresso americano incumbiu o pentágono de desenvolver um carro sem motorista para a proteção dos soldados, porém a DARPA não quis chamar seus contratantes usuais. A agência decidiu criar uma corrida no deserto de Mojave com o prêmio no valor de 1 milhão de dólares para quem conseguisse desenvolver um carro autônomo que percorresse 142 milhas no deserto.

Na sua primeira edição ficou óbvio que o desafio não seria fácil. Nenhuma equipe conseguiu ultrapassar a linha de chegada. Vários carros sofreram acidentes, bateram em rochas e até pegaram fogo. Para um observador de fora, a corrida tinha sido um grande fracasso, e os próprios jornais da época confirmaram o seu desastre. Mas, para a comunidade envolvida, o desafio foi um sucesso. Para eles ficou claro que essa era uma missão possível. Um dia após a competição, a DARPA lançou mais um desafio, dessa vez valendo 2 milhões de dólares, que ocorreria já no próximo ano, em 2005 (WIRED, 2016; GERRISH, 2018).

A segunda corrida teve seu primeiro vencedor, o carro Stanley da Universidade de Stanford, e mais quatro outros times que conseguiram cruzar a linha de chegada. Pela primeira vez, o time vencedor usou o aprendizado computacional para que o carro conseguisse reconhecer o que é estrada e o que é obstáculo. Mas, os carros ainda não estavam prontos para andar nas ruas das cidades, tendo que lidar com pedestres, leis de trânsito, engarrafamentos e acontecimentos inesperados. Dessa forma, o terceiro e último desafio DARPA (2007) foi em um ambiente urbano, com outros motoristas circulando também. Seis veículos fizeram história ao navegar de acordo com as leis de trânsito da Califórnia, e 5 deles usavam um novo tipo de sensor chamado Lidar, que mudou a história dos carros autônomos. Os problemas que os engenheiros tiveram que enfrentar em 2007 continuam sendo um dos maiores obstáculos atualmente - as

situações inesperadas e raras que podem acontecer no trânsito de uma cidade (GERRISH, 2018).

As tecnologias essenciais

Com o estímulo propiciado pelos desafios da DARPA, a atenção nos carros autônomos ganhou força, e as tecnologias necessárias para o seu funcionamento começaram a ser desenvolvidas ou aperfeiçoadas. São elas: os sensores, a conectividade e o software/algoritmo de controle. A maioria dos sensores necessários para a direção autônoma estão disponíveis atualmente, mas ainda precisam de aperfeiçoamento. Os mais conhecidos e utilizados são o *Lidar (Light Detection and Ranging)* e as câmeras.

Os sensores *Lidar* são lasers infravermelhos, estreitos e invisíveis com centímetros de precisão, tão precisos que conseguem visualizar o botão da camisa de um pedestre do outro lado da rua. Eles funcionam disparando milhões de feixes de laser por segundo e medindo o tempo de retorno, o que permite uma resolução de profundidade e cria um mapa 3D ao redor do carro. Seu custo ainda é muito alto. Sendo a parte mais cara de alguns carros autônomos, é difícil sua fabricação em larga escala e não responde bem a temperaturas extremas. Além disso, só conseguem navegar por zonas que foram mapeadas e processadas previamente e requerem uma quantidade enorme de software para fazer os carros dirigirem de forma a não confundir os outros motoristas e pedestres. Tem sido a principal escolha da Google e de todas as empresas investindo nos carros autônomos, exceto a Tesla (SAINI, 2019).

No caso dos sensores por câmera, o carro processa as imagens e utiliza dados de direção de motoristas para tomar decisões. Funciona basicamente como um olho melhorado e é ótima para detectar objetos e formas, como as linhas na pista, sinais de velocidade e semáforos. Requer um poder de computação muito alto, e enfrenta problemas de reconhecimento de imagem (o computador ainda não sabe identificar um cachorro de um gato e de uma bicicleta, por exemplo). Porém, Elon Musk, o principal adepto dessa tecnologia, acredita que as câmeras são a melhor opção para os carros autônomos, tendo em vista que sua abordagem não requer um conhecimento detalhado das estradas, e que ela será projetada

para ler e entender sinais ao invés de precisar de todas as rotas pré-calculadas. Musk enfatiza que o *Lidar* é caro e desnecessário, e será difícil sua aplicação em outras cidades ainda não mapeadas (BURNS, 2019).

A conectividade é necessária para que os carros tenham acesso às últimas informações sobre tráfego, tempo, construções, carros adjacentes e infraestrutura da pista. São configurados em forma de mapas para serem documentos de referência, e é uma chave para cada veículo saber sua localização em precisão de centímetros, algo que o GPS não pode oferecer.

A terceira tecnologia essencial são os softwares e algoritmos de controle. A tecnologia mais conhecida e mencionada nesse caso é o aprendizado de máquina - ferramenta da inteligência artificial que treina computadores a aprenderem com os próprios erros. Um dos pioneiros do aprendizado de máquina foi Arthur Samuel (1952), que enquanto trabalhava na IBM desenvolveu um programa que jogava damas. Tendo em vista que seria muito difícil criar algoritmos para todas as jogadas possíveis, Samuel colocou a máquina para jogar contra si mesma, aprendendo a cada novo erro. Eventualmente, a máquina passou a jogar melhor que ele e até ganhou dos campeões mundiais de damas.

Jeremy Howard (2014), estudioso do aprendizado profundo (ramo emergente do aprendizado de máquinas) explica o potencial desse algoritmo singular inspirado no cérebro humano. Ele não possui limitações teóricas e usa as redes neurais para aperfeiçoamento, como reconhecimento de fala, processamento de linguagem e visão computacional. Howard argumenta que 80% do emprego no mundo desenvolvido consiste em tarefas que os computadores já aprenderam a fazer. Ele explica que o desempenho humano cresce em ritmo gradual, enquanto o aprendizado profundo cresce em ritmo exponencial.

Devido à complexidade do mundo, é muito difícil escrever uma regra para cada situação ou cenário. Assim, a experiência de erros e acertos da máquina é essencial para que ela possa navegar por conta própria. Além disso, é possível que um único computador tenha milhões de exemplos de experiências adquiridas, porque ele se conecta e aprende com a experiência de outras máquinas. O time de

Stanford, vencedor do desafio Darpa, decidiu apostar completamente no aprendizado de máquina. E esta foi uma das razões de sua vitória.

Outro algoritmo desenvolvido e consolidado pelos times ganhadores do desafio foi o esquema de programação de 3 camadas (controladora, sequenciadora e deliberadora). Consiste em delegar um trabalho para cada camada controladora, fazendo com que cada uma tenha o seu nível de raciocínio independente. O princípio fundamental desse sistema é a falha cognitiva, que pode ser detectada de alguma forma. Ao invés de projetar algoritmos que nunca falham, os engenheiros usam algoritmos que (quase) nunca falham em detectar uma falha (GERRISH, 2018).

Com essas tecnologias possibilitando a criação de carros autônomos, foi necessário classificá-los de alguma forma. A Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE) dividiu os carros autônomos em seis níveis de funcionalidade, que vão desde nenhum recurso de automação (nível 0) até automação completa sem a necessidade de um condutor humano (nível 5). Os níveis 1 e 2 incluem alguns recursos, enquanto o nível 3 alcança automação limitada, em que o motorista pode ceder o controle para o veículo, desde que esteja disponível para eventuais intervenções. A Tabela a seguir apresenta de forma resumida essas definições:

Tabela 2 – Definições dos níveis de automação

Nível de Automação	Descrição
Nível 0	Sem automação.
Nível 1	Autonomia de uma função de controle primária.
Nível 2	Autonomia de duas ou mais funções de controle primárias.

Nível 3	Direção autônoma limitada: espera-se que o condutor auxilie em ocasiões necessárias.
Nível 4	Direção autônoma completa, não se espera que o condutor esteja disponível. O veículo ainda possui opção de direção humana.
Nível 5	Automação completa sem o controle humano. O veículo não dispõe de opções para controle humano, como volante e pedais.

(Fonte: Adaptado de Greenblat e Shaheen, 2015)

Além das variações mostradas na Tabela 2, a automação também pode ser classificada como ADAS - sistema de assistência avançada ao motorista, ou MaaS - condução automática, mobilidade como serviço. No caso do sistema de assistência, o motorista ainda precisa estar atento e preparado caso seja necessária alguma atitude na direção. De acordo com Chris Urmson (2015), engenheiro que lidera o programa de carros autônomos da Google, esse tipo de sistema seria apenas um remendo no problema em si. Na medida em que a tecnologia vai se tornando melhor, os motoristas se tornam menos confiáveis. Para Urmson, a ideia de apenas melhorar os sistemas de assistência fazendo-os mais inteligentes não é suficiente. Os motoristas humanos vão se sentir cada vez mais confiantes com a tecnologia e esquecer de prestar atenção e fazer sua parte, o que pode levar a acidentes. Além disso, as máquinas tomam em média dez decisões por segundo, podendo tomar decisão e implementá-la antes que um acidente aconteça. Urmson enfatiza que comparar esse poder de decisões das máquinas com os humanos é como comparar quão rápido um humano corre com a velocidade da luz.

No momento, as empresas investindo em ADAS são a Tesla, em que seu sistema de piloto automático é classificado como nível 2, e a Audi. O sistema de mobilidade como serviço - MaaS, que seria classificado como nível 5, é onde a

maior parte dos investimentos está sendo feita. São elas, Alphabet (empresa da Google), Waymo, Uber, GM, Volkswagen, Zoox, entre outras (COLLINS, 2019).

Os principais nomes na fabricação de carros estão trabalhando intensamente nessa tecnologia disruptiva que está sendo considerada o maior avanço automobilístico desde o modelo T de Henry Ford. Por causa dos vários testes sendo feitos, uma fila de espera de 6 meses para adquirir os sensores necessários aconteceu em 2017 (AUTOWEEK, 2017; CNBC, 2018).

Benefícios dos Veículos Autônomos

Os veículos autônomos têm um potencial transformativo enorme e com a sua disseminação, vários benefícios são esperados. Talvez o mais significativo seja a redução de acidentes no trânsito. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2018), acidentes rodoviários estão em oitavo lugar nas causas de morte globais. No relatório da *Global Health Metrics* (2018), a maioria das mortes por lesão são de acidentes de trânsito, totalizando 1.24 milhão de mortes em 2017. A média anual é de geralmente 1.35 milhão. De 2007 a 2017, 15.1 milhões de pessoas morreram em acidentes de trânsito. Os países de baixa e média renda são os que têm a mortalidade mais alta devido a acidentes de trânsito, tendo em média 29,4 mortes a cada 100 mil habitantes. Apesar de possuírem 60% dos veículos no mundo, 93% das fatalidades desse gênero ocorrem nesses países, segundo a OMS. Além disso, os acidentes de trânsito são a principal causa de morte entre crianças e jovens de 5 a 29 anos (OMS, 2018; ROTH ET AL., 2018).

No Brasil, a situação é alarmante. Cinco pessoas morrem a cada uma hora no país, e mais de 1,6 milhão de pessoas ficaram feridas em acidentes de trânsito nos últimos 10 anos, custando quase R\$ 3 bilhões para o Sistema único de saúde (SUS). As mortes totalizaram 386.821 pessoas entre 2008 e 2016. A OMS estima que até 2020, 1,9 milhão de pessoas devem morrer em acidentes de trânsito, e até 2030, 2,4 milhões, se nada for feito a respeito (G1, 2019; SENADO, 2012).

Uma redução dramática nos acidentes de trânsito é prevista ao se remover da equação da direção o erro humano. De acordo com um relatório feito pela McKinsey & Company (2015), os acidentes de trânsito podem ser reduzidos em

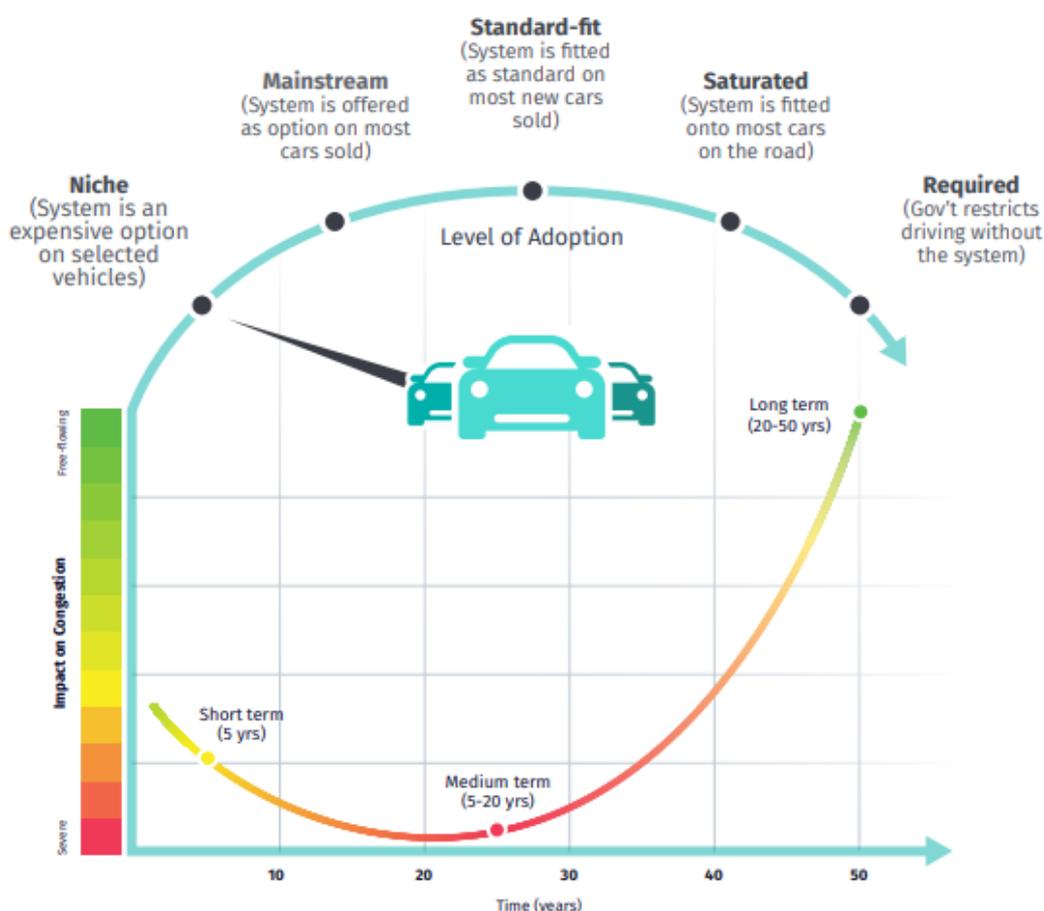
mais de 90% até 2050, com a implantação da tecnologia dos veículos autônomos. Ao se diminuir o número de vítimas de trânsito, um impacto relevante nas contas públicas também é esperado, possibilitando o direcionamento desses recursos para outras áreas prioritárias (BERTONCELLO; WEE, 2015).

Outro problema crescente em que os veículos autônomos têm a capacidade de trazer grandes mudanças é a rapidez na mobilidade urbana, reduzindo os engarrafamentos nas cidades. De acordo com o estudo da INRIX (2018) sobre o tráfego global, a cidade em que os motoristas mais perderam horas no trânsito foi Bogotá, com a média de 272 horas por ano. No Brasil, Belo Horizonte ficou em primeiro lugar, com 202 horas perdidas no trânsito e Rio de Janeiro logo atrás, com 199 horas. São Paulo totalizou 154 horas perdidas no trânsito, mas fica em quinto lugar no ranking mundial quando se contabiliza as horas perdidas e a velocidade interna da cidade por milhas.

Essas horas perdidas no trânsito são um prejuízo tanto econômico, quanto ambiental e de qualidade de vida. Os residentes da cidade de Boston, foram os que mais perderam dinheiro por causa do trânsito, cerca de 2.291 dólares por pessoa. Nos Estados Unidos, a perda foi de 87 bilhões de dólares em produtividade no ano de 2018. Ao se levar em conta o mundo inteiro, a média é de 1.4 trilhões de dólares perdidos anualmente (INRIX, 2018).

A introdução dos carros autônomos terá um grande impacto no pequeno, médio e longo prazo, de acordo com o estudo da HERE (2017). O impacto vai variar de acordo com o nível de autonomia (tabela 2) dos carros. Na medida em que a tecnologia for se tornando convencional, os benefícios serão maiores, mas até lá, certas mudanças poderão ser observadas, como ilustra a Figura 8:

Figura 8 - Impacto dos níveis de autonomia no congestionamento ao longo do tempo



(Fonte: Here, 2017).

Segundo os pesquisadores, níveis iniciais de autonomia, como o 2 e 3, podem ter um pequeno impacto benéfico no alívio do congestionamento. Já altos níveis de autonomia teriam um impacto prejudicial se a sua implementação for baixa (o que será abordado posteriormente nessa dissertação). E no longo prazo, com a implementação em massa dos veículos autônomos, a real diminuição ou até extinção dos congestionamentos aconteceria (HERE, 2017).

Ao se levar em conta que existem mais de um bilhão de carros no mundo, mas a maioria fica ocioso por volta de 95% do tempo, é possível ter a noção da importância que os automóveis têm na sociedade. Eles moldaram as cidades no século 20, e atualmente a maioria delas são comandadas por suas rodovias e estradas, que gastam dinheiro público e necessitam de manutenção, reformas e

ampliação constantes. A maior obra pública da história foi o sistema rodoviário Americano, que custou 459 milhões de dólares e foi um grande responsável pelo crescimento da economia americana (FLINK, 1990).

Várias cidades devotam até 60% de seu precioso terreno central para os veículos. Em São Paulo, 25% da área construída da capital é dedicada a estacionamentos (LEITE JÚNIOR ET AL., 2011). É um espaço valioso, imenso, que é desperdiçado. Se fosse possível recuperar ao menos uma fração disso, a qualidade de vida das cidades poderia melhorar muito. Com a utilização dos veículos autônomos essa é mais uma das coisas que se espera que ocorra.

Outra tendência, com a revolução no transporte que já está acontecendo, é que se busque uma economia compartilhada na posse dos veículos. Com os custos de mobilidade baixando cada vez mais, não será necessário ser dono de um carro. Dessa forma, o número de carros nas cidades pode diminuir, assim como os espaços que são dedicados a eles, pois o compartilhamento levaria a um uso mais eficiente.

A introdução de veículos autônomos também pode resultar em melhorias no consumo de energia por fontes de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, na redução das emissões de gases de efeito estufa, pois em sua concepção, eles já estão sendo feitos movidos a eletricidade ou hidrogênio. Pequenos VAs elétricos em combinação com uma futura rede elétrica de baixo carbono poderiam reduzir as emissões de GEE por quilômetro em aproximadamente 90%, em comparação com os veículos atuais, de acordo com Greenblatt e Saxena (2015). Além disso, os VAs podem exigir motores menos potentes, pois as variações de velocidade e aceleração não serão necessárias para uma grande parte da frota. Isso poderia melhorar ainda mais a eficiência de combustível e limitar as emissões.

Ainda que os veículos autônomos sejam movidos a gasolina, se eles forem devidamente programados terão a capacidade de levar vantagem total dos

princípios da condução ecológica³, reduzindo o consumo de combustível em até 20% e as emissões de GEE similarmente (IGLIŃSKI; BABIAK, 2017). Atualmente, apenas a Ford, Waymo e Uber estão investindo em VAs híbridos. Os maiores investimentos estão sendo nos VAs elétricos (HAWKINS, 2017).

Não é apenas a poluição do ar que os veículos autônomos têm o potencial de reduzir. Se eles forem elétricos, o barulho também diminuirá, tendo em vista que o motor elétrico é muito silencioso. Porém, o silêncio também pode virar um problema para os pedestres, porque pode colocá-los em risco ao não ouvir o veículo se aproximando. Medidas estão sendo tomadas a respeito disso, e em julho de 2019, uma nova regulamentação da União Europeia determinou que novos veículos elétricos terão de apresentar um dispositivo de emissão de ruído (BBC, 2019).

Outro benefício que será crucial para o sucesso dos carros autônomos é a economia em gastos com transporte. Um relatório feito pela *think tank* independente, Rethinkx (2017), mostrou que à medida em que os VAs se tornarem cada vez mais comuns, a maioria das pessoas deixará de possuir carros, optando pelos serviços de transporte sob demanda (Uber, lyft, etc). De acordo com o relatório, isso poderia economizar 5.600 dólares à família média americana, adicionando um total de 1 trilhão ao ano no bolso dos americanos, o que potencialmente será a maior infusão de gastos do consumidor⁴ na história. O relatório ainda estima que até 2030, 95% das milhas percorridas serão dentro de um veículo autônomo elétrico compartilhado. Como embasamento de que isso já está ocorrendo, o relatório cita os altos investimentos sendo feitos pela Tesla, GM, BMW e Volkswagen em serviços de mobilidade urbana.

³ A condução ecológica ou *Eco-driving* envolve as práticas de condução do veículo que levam ao consumo reduzido de combustível e, conseqüentemente, uma redução da emissão de GEE (ZARKADOULA ET AL.,2007).

⁴ Os gastos do consumidor são outro termo para o consumo voluntário de famílias privadas ou a troca de dinheiro por bens e serviços em uma economia. Medidas contemporâneas de gastos do consumidor incluem todas as compras privadas de bens duráveis, não-duráveis e serviços (KENTON, 2018).

Desafios Gerados

Da mesma forma que é possível esperar vários benefícios dos veículos autônomos, alguns desafios também podem acontecer com a sua implementação. Alguns deles já estão sendo identificados desde agora, para justamente serem evitados ou amenizados quando a implementação em larga escala acontecer. Mas ainda assim, é possível que certos desafios sejam um “cisne negro”, de forma que só se tomará ciência deles quando de fato ocorrerem.

Dentre os possíveis desafios que os veículos autônomos podem gerar, foram identificados e selecionados 4 devido a sua importância e peso. São eles:

- Empregos perdidos no setor
- Poluição dos VAs movidos a gasolina
- Ética
- Expansão urbana

Empregos

Quando o pico de saturação de veículos autônomos chegar, vários motoristas correm o risco de perder seus empregos. De acordo com um relatório feito pela Goldman Sachs (2019) os motoristas norte-americanos podem ver perdas de empregos a uma taxa de 25.000 por mês, ou 300.000 por ano quando os VAs forem implementados em escala. No Canadá, mais de um milhão de empregos podem ser perdidos para “boom” de veículos automatizados, com perdas que vão além das profissões mais prováveis. No documento sobre Veículos Autônomos e o Futuro do Emprego no Canadá (2017), além dos 500.000 motoristas em risco, aponta-se que mais de 600.000 empregos também podem sofrer com a chegada dos VAS. Esses empregos incluem carteiros, mecânicos e até mesmo policiais e trabalhadores de emergência (CUTEAN, 2017).

Um grupo em especial sofrerá ainda mais com o desemprego – os caminhoneiros. Segundo o relatório da Goldman Sachs, dentre os 4 milhões de americanos que trabalham como motoristas, 3,1 milhões são caminhoneiros. A Associação Americana de Caminhões (2018) apresenta um número ainda maior:

3,5 milhões de caminhoneiros e 7,8 milhões de empregos relacionados à atividade de caminhões. No Brasil, os caminhoneiros totalizam 1.930.664, de acordo com a PNAD (2015).

Uma das preocupações para o futuro é justamente a “reciclagem” desses trabalhadores, que em sua maioria não possui escolaridade até o ensino médio (CNT, 2019). Os trabalhadores deslocados pelas tecnologias emergentes podem não fazer a transição natural para empregos recém-criados, devido as diferentes habilidades necessárias que esses empregos vão exigir.

Poluição

O novo futuro da mobilidade com os VAs tem o potencial de aumentar ou diminuir as emissões de GEE (e o consumo de energia), dependendo de sua implantação. Um dos obstáculos para a implantação dos Veículos autônomos totalmente elétricos é a capacidade de armazenamento das baterias, tecnologia que ainda se encontra em fase de aperfeiçoamento. Empresas como a Ford estão investindo em VAs híbridos para o futuro próximo, acreditando no melhoramento das baterias para o futuro distante.

De acordo com o vice-presidente executivo da Ford, James Farley, os carros híbridos fazem sentido nesse primeiro momento, porque permitem que o carro tenha mais autonomia, ao invés de depender de uma tecnologia que ainda não amadureceu totalmente ou um combustível que tenha provado desvantagens para carros autônomos e para o meio ambiente. Além da Ford, a Uber e Waymo também estão investindo em VAs híbridos. Tendo em vista que o número e a distância das viagens nos VAs têm a tendência de expandir cada vez mais, se eles forem híbridos a poluição também vai acompanhar essa tendência.

Além disso, por um de seus benefícios ser o tempo produtivo dentro do carro, os quilômetros e viagens por pessoa podem aumentar, trazendo mais poluição no caso dos híbridos.

Ética

Os veículos autônomos têm a potencialidade de diminuir drasticamente os acidentes de trânsito, mas, acidentes ainda podem e ainda vão acontecer, e no caso dos VAs, seus desdobramentos provavelmente serão determinados com meses ou até anos de antecedência, em uma sala de programação.

Os dilemas que os veículos vão encontrar no momento de um acidente já devem ser pré-orientados com algoritmos e programação. Por isso a ética dos VAs e da tecnologia no geral é um assunto tão delicado e complexo. A decisão que for tomada na hora pelo computador, na verdade já terá sido tomada muito antes.

Então qual será a melhor decisão a se tomar quando o veículo se deparar com um dilema do bonde⁵ na vida real? Há duas maneiras de programação que estão sendo debatidas atualmente. O veículo pode ser programado para ser utilitarista, na filosofia de Bentham, tomando a ação que vá minimizar o dano total. Esse tipo de ética se aplicaria mesmo no caso em que o veículo tenha que matar um pedestre ou o próprio passageiro.

A segunda possibilidade seria seguir os princípios dos deveres morais de Kant, como o princípio de “não matarás”. Isso implicaria em decisões onde a máquina não tomaria uma ação de causar dano a um ser humano explicitamente, deixando o veículo seguir seu curso original, mesmo que isso cause danos a mais pessoas. Ela não desviaria do seu trajeto original para poupar mais vidas, escolhendo conscientemente quem matar ou não.

O dilema social dessas duas opções, de acordo com Jean-François Bonnefon et al. (2016), é como a tragédia dos comuns de William Forster Lloyd. As pessoas querem carros utilitários rodando pelas ruas, mas não querem estar dentro de um veículo que não vá priorizar a vida do passageiro. A escolha racional individual prioriza a própria segurança em detrimento da diminuição do dano total.

As escolhas e *trade-offs* de cada caso devem ser consideradas e decididas. Ao se optar em não utilizar os VAs até que o seu nível máximo de segurança esteja

⁵ Experimento de pensamento em ética, criado por Philippa Foot (1978).

pronto, uma escolha com consequências também está sendo feita. As pessoas podem não optar pela tecnologia mais segura mesmo se ela for mais segura que os próprios humanos. O erro de uma máquina pesa muito mais do que o de um humano. Mas seus benefícios não devem ser colhidos apenas quando se chegar a “perfeição” - 100% de segurança. Ao se programar um veículo puramente para segurança, sua opção mais segura será simplesmente não dirigir. A quantidade de cenários que podem acontecer é quase infinita, mas a quantidade de acidentes que se pode eliminar mesmo sem a tecnologia estar perfeita ultrapassa os possíveis danos que possam acontecer. Nas palavras de Larry Niven (1984), “a ética muda com a tecnologia”.

Expansão urbana

Da mesma forma que o automóvel moldou as cidades no século XX, é bem provável que os veículos autônomos voltem a remodelar as cidades no século XXI. Com a promessa de que o tempo dentro do veículo será útil para os passageiros, as possibilidades do que se pode fazer dentro de um automóvel aumentam muito. Dentre elas, a jornada de trabalho pode começar já no trajeto, ou as horas não dormidas para chegar a alguns locais poderão ser recuperadas no caminho também.

Além disso, os VAs se estacionarão sozinhos, ou se forem compartilhados, continuarão suas jornadas, além de sempre escolherem as melhores rotas e terem uma logística de trânsito melhorada e compartilhada em rede. Isso faz com que o tempo dentro dos carros seja mais produtivo e agradável e os incentivos para se viver fora da cidade serão cada vez maiores.

O fator limitante da expansão urbana sempre foi o tempo de viagem, e os VAs alteram justamente essa parte da equação, fazendo com que o tempo seja proveitoso. Viver longe das grandes cidades será cada vez mais compatível e essa possibilidade será interessante para muitos. Porém, o crescimento horizontal e a expansão das cidades podem gerar conurbações, megalópoles, extensão da malha rodoviária, perda de biodiversidade por causa da fragmentação de habitats, alteração do albedo, entre outros (PLUMER, 2016).

Capítulo 5: Os Veículos Autônomos no Futuro,

Quatro cenários para 2035

Definição do sistema e periodicidade

Dimensões

Atores

Variáveis do sistema

Análise Morfológica

Matriz ator-cenário

“Os idosos começaram a atravessar o continente em seus próprios carros. Os jovens acharam o carro sem motorista admirável como estimação. Os cegos pela primeira vez estavam a salvo. Os pais descobriram que poderiam enviar seus filhos para a escola com mais segurança no carro novo do que nos carros antigos com motorista”.

David H. Keller (1935).

Definição do sistema e periodicidade

O primeiro passo em um processo de cenarização é o de definir o sistema a ser cenarizado e o período, que varia segundo a natureza daquele. O sistema é o dos Veículos Autônomos no mundo ocidental desenvolvido de 2020 a 2035. Entende-se por veículo autônomo (VA), todo e qualquer veículo automotivo terrestre (carro, caminhonete, caminhão, ônibus, etc.) que dispensa, de forma parcial ou totalmente, de maneira direta a intervenção do condutor humano (nível 3 a 5). O período escolhido foi de 15 anos, devido à natureza tecnológica do sistema. Um cenário muito longo nesse caso não seria favorável, pois quanto maior

for a escala de tempo, mais incerta é a cenarização. Afinal, a tecnologia está praticamente “pronta” e já em operação em diversas empresas, pequenos circuitos e de forma experimental e aprendizagem. Um período curto nesse caso também não revelaria a disseminação das mudanças marcantes em curso, pois estas mudanças tecnológicas geralmente levam de 15 a 20 anos para sua disseminação e disrupção, sobretudo em face das resistências, de natureza múltipla, existentes.

A escolha do mundo ocidental foi devido aos países e sociedades ocidentais viverem momentos similares, divididos em dois tipos, o que auxilia em um cenário mais razoável e facilita na definição dos atores e das variáveis. No âmbito do mundo ocidental, os países estão divididos entre subdesenvolvidos (países da América Latina) e desenvolvidos (EUA, Canadá e países europeus). Nesses últimos a disseminação é mais provável, pelo ambiente de infraestrutura existente, em determinadas condições, por exemplo, estradas ligando grandes cidades, sinalização, qualidade das estradas etc. No caso dos países subdesenvolvidos a disseminação deve se realizar com maior lentidão pela precariedade de infraestrutura em vigor, tendo sua disseminação com maior probabilidade nas cidades mais desenvolvidas e nos países menores, com boa qualidade de estradas.

Dimensões

As dimensões trabalhadas no sistema a ser cenarizado, com suas características atuais mais marcantes são as seguintes:

1. **Tecnológica:** revolução na tecnologia molda a sociedade em quase todos os aspectos. Crescimento da automação por meio de robotização e inteligência artificial; mudança na estrutura de produção e serviços. O mundo hoje se caracteriza, entre outros, pela constituição de redes internacionais e nacionais de inovação, com um montante considerável de investimentos (SCHWAB, 2018). A inovação tecnológica ocupa atualmente uma dimensão sem igual no processo produtivo e no estilo de vida dos humanos. Há, no entanto, uma resistência identificável para

sua expansão em determinados setores mais intelectualizados, que veem as inovações tecnológicas como um perigo de consequências imprevisíveis e nefastas (perda de privacidade, perda de autonomia e liberdade, efeitos negativos sobre a qualidades das relações sociais, criação de epidemia).

2. **Geopolítica** (tendências e tensões mundiais): mundo multipolar (EUA, EU, CHINA, RÚSSIA,). Ordem mundial mais frágil e imprevisível. Divisão entre uma ampla esfera de influência americana na América Latina, Europa, Oriente Médio e sul da Ásia, e a esfera de influência chinesa no Leste da Ásia e África, ao que se pode acrescentar a influência russa na Europa Oriental e Médio Oriente. Graves ameaças pairam sobre o mundo provenientes do turbilhão de instabilidade do Oriente Médio, África e Ásia. No futuro próximo os países com maior preponderância serão os EUA, China, Rússia, Alemanha, Índia e Japão. (THE GUARDIAN, 2011; WEF, 2016; ESPAS, 2015).
3. **Política**: crise de confiança na democracia nos países ocidentais (Europa e América Latina). Ascensão das forças políticas de direita e extrema direita, com sérias restrições ao jogo democrático. Poder político se deslocando para Ásia. Aumento da influência de regimes híbridos (Coreia do Sul, Singapura, Vietnam) e autoritários (China). Interdependência entre os países não parece caminhar para o fortalecimento da governança global.
4. **Econômica**: desigualdade global maior, desaceleração do crescimento, mudanças no mundo do trabalho e guerra comercial. O 1% mais rico do mundo, em breve, será dono de cerca de 2/3 da riqueza mundial (SAVAGE, 2018). Desde a queda do Muro de Berlim a desigualdade cresce entre países e no âmbito dos países. O crescimento econômico há dez anos perde seu ritmo, praticamente em todo o mundo (THE ECONOMIST, 2019). Crescimento da classe média global. Aumento do

desemprego urbano e mudanças na natureza do trabalho. Trabalhos rotineiros e repetitivos sendo automatizados.

5. **Social:** Indivíduos mais empoderados e conectados, cientes de seus direitos. Pressão para maior responsabilidade e transparência dos governos. Aumento da consciência e importância atribuída ao meio ambiente. Ampliação do consumismo. Articulação internacional dos atores sociais. Perda de vigor dos sindicatos de trabalhadores. Empoderamento da cultura religiosa e conservadora nos países Ocidentais.
6. **Ambiental:** mudanças climáticas, aumento dos eventos críticos. Ampliação da perda de biodiversidade, com extinção de espécies. Aumento dos pontos mortos no oceano – nitrogênio. Derretimento crescente das geleiras. Crescimento do desflorestamento e perda de solo agriculturável. O manejo dos escassos recursos ambientais se torna um desafio cada vez maior (KOLBERT, 2015).
7. **Cultural:** culturas permissiva e conservadora em embate, com aumento da intolerância política e social. Compartilhamento de bens e serviços ganha novos espaços. Novas formas de relações afetivas e de família. Aceitação social das tecnologias vem crescendo a cada ano, mas ainda com certos medos associados à sua disseminação.
8. **Demográfica:** crescimento mais lento, porém persistente da população e seu envelhecimento. Taxa de natalidade menor, mas população ainda cresce. População mundial de 7,6 bilhões em 2019, tendendo a perto de 9 bilhões em 2035 (8,6 segundo a ONU).

Atores

Atores ou agentes sociais são indivíduos, grupos ou organizações que detém interesses e identidades próprias e reconhecidas, tendo capacidade de

interferir e influenciar o contexto em que se encontram. Os atores sociais podem ser divididos em atores primários (empresas, sindicatos, movimentos sociais, etc.) e atores secundários (governos, partidos e mídia). Os primeiros geram interesses que são veiculados pelos segundos que, por sua vez, também têm seus interesses próprios.

Os principais atores identificados para cenarização dos VAs em 2035 são os seguintes:

Atores primários:

1. Grandes empresas internacionais (multinacionais):

- Empresas automotivas desenvolvendo veículos autônomos: Ford, Volkswagen, Volvo, Toyota, Mercedes-Benz, BMW, GM, Fiat, Audi, Honda, Hyundai, Daimler.
- Empresas de tecnologia desenvolvendo veículos autônomos: Waymo, Tesla, Nvidia, Continental, Samsung, Intel, Apple, Uber, Huawei.

2. Universidades e Centros de Pesquisa:

- Centro de Pesquisa de Veículos Autônomos: MIT, Universidade de Stanford, Oxford, Universidade de Michigan, Carnegie Mellon, no Brasil, USP, UFSCar, UFES, UnB e UFSCatarina.
- Setores de Ciências Sociais, particularmente das Universidades Federais, normalmente críticos a processos disruptivos de inovação pelas consequências que podem produzir, inclusive, e sobretudo, o desemprego.

3. Investidores em Veículos Autônomos: Sequoia Capital, Amazon, Bain Capital Ventures, Millenium New Horizons, Cyrus Capital Partners, SoftBank Vision Fund, Greylock Partners, Sina Corp., Gaorong Capital (DEMAITRE, 2019).

4. **Associações empresariais:** Industriais, financeiros, comerciais, agrícolas, de turismo, de transporte.
5. **Sindicatos de trabalhadores:** dos setores econômicos afetados, imediatamente empresas de transporte de mercadorias. No caso, principalmente humanos exercendo a função profissional de **Motoristas** (de táxi, de aplicativos, de ônibus, de entregas, caminhoneiros) e outras profissões direta ou indiretamente atingidas, tais como entregadores, frentistas, profissionais de emergência (bombeiros e ambulâncias), entre outros. Caminhoneiros nos Estados Unidos: 3,5 milhões; Brasil: cerca de 2 milhões.
6. **Consumidores:** pessoas, organizações e empresas que consomem serviços automotivos, desde passageiros de ônibus até proprietários de automotivos, passando passageiros de taxis e veículos acessíveis por aplicativos (Uber e similares), e empresas que consomem mercadorias transportadas por veículos automotivos. Número de usuários da Uber no mundo: 110 milhões (STATISTA, 2019).
7. **Transportadoras e plataformas:** Uber, UPS, Amazon, Lyft, e empresas de transporte de mercadorias em geral.

Atores secundários:

8. **Governos:** sempre distintos, por suas múltiplas ideologias (liberal, democrata, social democrata, conservadora, fascista etc.), e complexos, por suas composições políticas e contradições internas, assim como, seus arcos de aliança. Deve sempre serem tomados como um ator plural, embora haja no mais das vezes uma linha de tomada de decisões predominante.
9. **Mídia:** normalmente diversa, reunindo segmentos conservadores e progressistas, de situação e de oposição aos governos e às questões cadentes do momento; reativas, positiva ou negativamente, às mudanças tecnológicas; em geral favorável às inovações, mas com fortes segmentos reativos pelo provável desemprego causado (mídia próxima ao trabalhismo).

10. **Partidos:** das diversas gamas e tendências, que os colocam favoráveis ou desfavoráveis às mudanças tecnológicas dependendo de suas escolhas ideológicas, mas também e por vezes sobretudo, dos ventos da atual conjuntura.
11. **Movimentos sociais,** culturais e ambientais: tendentes a ficar divididos pela ideia do desemprego causado, de um lado, e pelos bens que trazem para as pessoas (maior tempo livre; menor tempo perdido no trânsito; menos impacto ambiental).

Variáveis do sistema

A seguir estão as variáveis encontradas que influenciam a evolução dos veículos autônomos, ou seja, em grande parte a disseminação dos VAs são função da forma como elas progridem.

- a. **Legislações:** quando favoráveis contribuem para a disseminação dos VAs, em contrário constituem sérios obstáculos.
- b. **Tecnologia:** o grau de sua segurança, confiança que inspira, e custo, comparativamente a outras formas de locomoção, jogam um papel decisivo na disseminação dos VAs.
- c. **Infraestrutura:** segundo seja plenamente apropriada, parcialmente apropriada e inapropriada permite ou não o uso dos VAs.
- d. **Grau de aceitação ou rejeição** sociais criarão ambientes favoráveis ou desfavoráveis
- e. **Demografia:** a percepção das consequências deste fator deve jogar um papel importante nos cenários (população mundial em 2035 será de quase 9 bilhões)
- f. **Demanda por transporte seguro:** tendo em vista a alta incidência de mortes nas estradas e trânsito urbano, e sua percepção e valorização pelas pessoas, poderá vir a jogar um papel relevante nos cenários.
- g. **Intensificação da urbanização:** deverá ampliar as dificuldades de mobilidade urbana, afinal a urbanização nos países considerados chegará a mais de 80%, com muitas cidades crescendo horizontalmente (pela construção de casas populares em um caso, ou casas de luxo, em outros)

- h. Volume de investimento:** não há disseminação de mudanças tecnológicas sem investimento, e este é resultado da expectativa de lucro que têm os investidores.
- i. Pressões para aumentar a produtividade econômica:** o baixo econômico que o mundo conhece desde a crise de 2008/2009, tornou a competitividade, e assim a produtividade ainda mais relevantes, pois retomar o crescimento é uma febre no mundo, particularmente no Ocidente e nos países desenvolvidos; dessa forma a redução de custo que os VAs representam pode ser um fator muito positivo para a sua expansão.
- j. Novas formas de organizar a economia:** economia compartilhada e colaborativa. Mudança comportamental do consumo aliada à tecnologia, podem aumentar a demanda pelos VAs.
- k. Pressões por mudanças na matriz energética:** as exigências de descarbonização da economia contribuem para o maior uso de fontes renováveis; supre aumento da demanda de energia elétrica, principalmente nos países desenvolvidos
- l. Mobilidade urbana:** com o simultâneo crescimento dos espaços urbanos e da ascensão de classe médio o consumo de automotivos tendem a aumentar e as dificuldades de mobilidade urbana também.

Entre essas variáveis, as incertezas críticas se classificam por sua baixa previsibilidade, sendo as variáveis de maior impacto e maior incerteza. O mapeamento dessas incertezas é fundamental para a construção dos cenários. Com base nessa definição, foram classificadas sete incertezas críticas, que estão destacadas na Tabela 3 da análise morfológica a seguir.

Foram também considerados 4 pontos de partida, separados em hipóteses, que resultaram em 4 cenários.

Tabela 3 - Análise Morfológica

INCERTEZAS CRÍTICAS	HIPÓTESES
------------------------	-----------

Cenários	<u>Ninguém quer ficar para trás</u>	<u>Devagar e sempre</u>	<u>Começo tardio</u>	<u>Sonho distante</u>
1.Tecnologia	 <p>Segura e viável para produção em larga escala, a tecnologia já consegue se adaptar a quase todos os ambientes. Nível 5, com disseminação ampla</p>	 <p>Segura, porém, ainda muito cara. Apenas os mais ricos conseguem comprar. Muitos veículos na rua nível 3 e 4. Disseminação parcial</p>	 <p>Tecnologia enfrenta barreiras de decisão, os componentes do VA ainda são muito caros. Disseminação restrita</p>	
2.Legislação	 <p>Muito favorável. Os países adotam legislações adaptadas com muita rapidez. Leis sobre os VAs.</p>	 <p>Muito favorável em vários países, que aprovam o uso dos VAs.</p>	 <p>Legislação frágil e imprecisa redonda em conflitos e insegurança jurídica desfavorável a disseminação dos VAs. Alguns países aprovaram, mas têm problemas. A maioria ainda está receosa.</p>	 <p>Legislação não saiu do papel. Poucos locais permitem os VAs.</p>
3.Infraestrutura	 <p>Muitos investimentos em Infraestrutura. Cidades fazem</p>	 <p>Cidades mudam gradativamente, mas com lentidão;</p>	 <p>Infraestrutura urbana e malha rodoviária</p>	 <p>Infraestrutura nas cidades ainda é</p>

	alterações; estacionamentos são substituídos por praças e moradias.	investimentos são feitos nas cidades mais desenvolvidas.	precária nos países subdesenvolvidos.	precária, mesmo nos países desenvolvidos
4.Grau de aceitação ou rejeição cultural	A sociedade ocidental aceita e confia nos VAs. Os benefícios que eles trazem já estão “na boca do povo”. Vários fatores contribuem.	Boa parte da sociedade já aceita, principalmente os setores mais bem informados.	A sociedade ocidental está dividida entre os benefícios e o temor pela perda de empregos e a falta do humano na direção.	Muita resistência e desconfiança. A maior parte rejeita a tecnologia.
5.Volume de investimento	ALTO.	MÉDIO	BAIXO	
6.Pressões para aumento da produtividade	Retomada geral da produtividade e do crescimento econômico	Conflitos comerciais e tendência de fechamento atrasam a retomada da produtividade e do crescimento econômico.	Em mundo hostil poucos países conseguem aumento da produtividade depois de tempo de estagnação.	Fatores múltiplos e adversos proliferam e o mundo mantém-se em recessão
7.Mobilidade urbana	Com VAs a mobilidade urbana melhora nas grandes cidades. Compartilhamento de carros é habitual. Os	A mistura entre VAs e outros veículos não evita congestionamentos. Transporte público	Com poucos VAs as cidades perdem mobilidade.	Congestionamento intenso. Perdas significantes de capital humano

	acidentes de trânsito diminuem.	ainda muito utilizado.		com acidentes de trânsito.
--	---------------------------------	------------------------	--	----------------------------

Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
O Grand Chellem dos Veículos Autônomos	Países ocidentais desenvolvidos na Pole Position	Veículos Autônomos queimam a largada	Curva Cega

Cenários

Os nomes dados aos cenários foram escolhidos baseados no glossário de corridas automobilísticas, e tem a seguinte definição:

Grand Chellem: quando um piloto faz uma corrida perfeita, com a volta mais rápida, e lidera em primeiro lugar todas as voltas.

Pole position: quem larga na primeira colocação.

Queimar a largada: quando um carro avança antes de ser dada a largada.

Curva cega: curva em que o piloto enxerga o começo, mas não consegue ver o final.

É importante frisar que a técnica de cenários implica em escrever coisas que hoje parecem muito pouco prováveis, por isso são cenários. As características de cada um desses cenários estão descritas a seguir.

Cenário 1:

O GRAND CHELEM DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Com a Revolução tecnológica em curso e modificando praticamente todas as áreas da vida humana, os veículos autônomos já são uma realidade palpável e rotineira. A tecnologia evoluiu muito e passou do status de inovação para inovação disruptiva, modificando o transporte nas cidades e no mundo. A inteligência artificial dos VAs já consegue lidar tanto com situações inesperadas quanto com os motoristas humanos nas cidades. Sua adaptação aos diferentes ambientes e climas é notória, e com o aprendizado de máquina e a conectividade entre os carros, o veículo consegue contornar problemas na pista e acidentes com tranquilidade.

Os níveis de automação mais presentes na rua são o 3 e 4, mas o 5 passa a ser cada vez mais comum, principalmente nos ônibus e caminhões das estradas interurbanas. A produção dos níveis 3 e 4 já é alta e do 5 vem aumentando consideravelmente.

Várias cidades nos Estados Unidos e Europa (principalmente Alemanha e Holanda) aprovaram a legislação rapidamente como forma de competição e atrativo. As demais cidades e países seguem o padrão quando percebem a tecnologia dando certo.

Nas cidades inteligentes a infraestrutura já está sendo modificada por causa das mudanças que os veículos autônomos e a mobilidade compartilhada estão trazendo. Estacionamentos em desuso passam a ter outras funções, tanto de lazer como moradia, e o centro das cidades que antes sofria poucas modificações começa a atrair investimentos de empresas e imobiliárias.

Com o envelhecimento demográfico da população, os veículos autônomos são uma dádiva na locomoção dessa faixa etária, que tem a mobilidade melhorada consideravelmente. Outros grupos antes não favorecidos (deficientes, crianças) também desfrutam da oportunidade gerada. Novos modelos de mobilidade começam a surgir. Com esses e outros benefícios sendo percebidos e vivenciados,

grande parte da sociedade ocidental dos países desenvolvidos aceita os veículos autônomos pela conveniência e vantagens que eles trazem.

O volume de investimento cresce cada vez mais, e empresas que não são conectadas com o mundo da mobilidade passam a investir nos VAs por enxergar oportunidades de negócios e novos serviços.

A quarta revolução industrial trouxe mais produtividade aos países desenvolvidos e a corrida entre os Estados Unidos e China impede uma recessão mundial grave. Apesar dos empregos que têm sido perdidos na área automobilística, outras oportunidades têm sido geradas, conseguindo manter a faixa de desemprego não muito alta. O governo de certos países também preparou a gama de motoristas e trabalhadores da área para o desemprego, capacitando-os e oferecendo novas oportunidades. Novos empregos na indústria de recicláveis, agricultura urbana e assistência social e trabalhos como mecânicos de VAs, otimizador de tráfego de drones, entre outros, abrem um leque de oportunidades para os que perderam o emprego devido aos VAs. Os seguros mudam o foco de cobertura para abranger as falhas técnicas e acidentes causados por VAs e robôs.

O trânsito melhorou significativamente nas grandes cidades que tiveram alta adoção dos VAs e, com isso, os acidentes e mortes diminuíram consideravelmente. Os gastos públicos economizados foram desviados para a readaptação dos trabalhadores, capacitação e novos estímulos ao empreendedorismo. Certa parte da população ainda prefere ter o seu próprio veículo, mas a maioria optou pelo compartilhamento, que é eficiente e econômico. As viagens compartilhadas nos VAs pelos aplicativos de mobilidade passam a ser mais baratas, não só pela ausência ou pouca necessidade do motorista, mas também porque empresas começam a anunciar e fazer propaganda dentro do próprio veículo, diminuindo o custo da viagem para o passageiro.

Com a população mundial de quase 9 bilhões de habitantes, a grande maioria vive nos centros urbanos. As periferias começaram a ser mais valorizadas, tanto pelo conforto que os arredores das cidades trazem, quanto pelo tempo útil que agora se tem no trânsito com o uso dos VAs. As cidades crescem cada vez mais horizontalmente culminando em conturbações nas grandes metrópoles.

Especialistas se preocupam com o desafio ambiental que cidades desse porte trazem, e existe mais conscientização sobre os recursos. A população passou a optar por veículos elétricos, por já sentir efeitos das mudanças climáticas e pelo custo benefício. A poluição nas cidades com mais veículos elétricos vem diminuindo, melhorando em parte a qualidade de vida nas cidades.

Cenário 2:

PAÍSES OCIDENTAIS DESENVOLVIDOS NA POLE POSITION

Numa fase de tecnologia a pico com novas invenções permeando a vida humana a cada dia, os veículos autônomos ainda não chegaram ao patamar de inovação disruptiva apenas porque ainda não foram adotados em larga escala, devido ao seu alto custo de produção. Os níveis de automação 3 e 4 são mais comuns, principalmente nos carros de luxo, e poucos são os veículos com nível 5 rodando nas ruas. O nível 5 é majoritariamente encontrado em frotas industriais e de empresas.

Percebendo a necessidade de legislação, muitos países já possuem leis que aprovam os VAs, principalmente os países desenvolvidos da Europa e Canadá. A maioria dos estados nos EUA também aprova. Alemanha, Holanda e Estados Unidos são os países ocidentais com mais VAs nas ruas em 2035.

As cidades que atingiram o padrão de cidade inteligente também possuem muitos VAs nas ruas, tanto como atrativo e marketing, quanto por causa do sistema de transporte inteligente implementado. Os maiores investimentos em infraestrutura são feitos justamente nessas cidades, como forma de competitividade. Os países subdesenvolvidos da América Latina investem em estradas interurbanas, aonde os VAs conseguem andar facilmente e o retorno do investimento é mais imediato.

Os aplicativos de mobilidade são usados largamente, assim como o transporte público, que ainda é muito presente no Brasil e Europa. Predomina a questão do preço na escolha do transporte. O uso de veículos elétricos é

incentivado pelo governo de vários países, o que aumenta consideravelmente a frota de carros elétricos e conseqüentemente melhora a poluição sonora e do ar nas cidades.

A parte da sociedade ocidental que já convive com os VAs os aceita, e sua popularidade vem crescendo ao longo dos anos conforme o aumento de sua adoção nos países desenvolvidos. Porém, países com muito desemprego temem sua adoção em larga escala.

Os investimentos em tecnologia são altos, tanto para baratear o custo quanto para adoção em massa em diversos setores. Empresas distintas passaram a investir por enxergar oportunidade de negócios e novos serviços.

A crise econômica mundial é evitada devido à alta produtividade do setor tecnológico. Os países ocidentais desenvolvidos não querem ficar para trás na corrida da quarta revolução industrial, e investem cada vez mais em inovações tecnológicas.

O baixo/médio uso dos VAs gera certos problemas de trânsito, devido aos motoristas, que tentam “driblar” os autônomos e também a certos VAs que ficam “rodando” por muito tempo, procurando estacionamento ou sua próxima corrida.

Os arredores das cidades começam a ser mais valorizados devido a mudança que já se sabe que os VAs vão trazer. O crescimento da urbanização leva tanto ao crescimento horizontal quanto ao vertical das cidades. Garagens de prédios e estabelecimentos são reduzidas gradativamente, não só pelos VAs, mas principalmente pela mudança comportamental de várias pessoas, que passaram a não ter mais carros.

Cenário 3:

VEÍCULOS AUTÔNOMOS QUEIMAM A LARGADA

Apesar dos muitos avanços, a tecnologia ainda não consegue tomar decisões éticas da forma mais segura, precisando estar acompanhada de um

humano para possíveis momentos críticos. A imprevisibilidade humana não combina com a precisão e o respeito às regras que os VAs têm, tornando difícil sua adaptação. Acidentes aconteceram envolvendo tanto os níveis 3 e 4, em que o humano confiou demais na tecnologia e se distraiu em um momento crítico, quanto nível 5, que teve problemas com situações inesperadas. Esses episódios comprometeram a popularidade dos VAs entre a sociedade ocidental.

Além disso, os sensores têm um custo alto de produção, sendo a parte que demanda mais dinheiro dos VAs. Os níveis 3 e 4 estão presentes apenas em carros de luxo e a pequena fração rodando nas cidades exige um humano sempre disponível para tomar controle quando necessário.

Alguns países já aprovaram a legislação, se preparando para os VAs, porém, devido aos episódios de erros e falhas da tecnologia os demais países ficaram receosos na aprovação da legislação. Isso aliado ao forte lobby dos caminhoneiros e motoristas e conhecimentos pulverizados das instituições, a legislação não chegou a um consenso na maioria das cidades.

Os investimentos na infraestrutura para receber os VAs são quase nulos, tirando as cidades inteligentes que já possuem infraestrutura adequada e maior enfoque nisso. Os países subdesenvolvidos investem na malha rodoviária, que traz lucros mais imediatos e poderá receber os VAs mais facilmente.

Parte da sociedade ocidental confia nos VAs, apesar dos episódios de erros, e sabe que a máquina comete menos acidentes do que a direção humana. Porém, segmentos da sociedade ocidental, principalmente nos países subdesenvolvidos, tem desconfiança e teme a perda dos empregos, não estando convencida sobre a adoção dos VAs em sua rotina e ainda preferindo que seu uso seja feito com um humano supervisionando. Taxistas, caminhoneiros e até motoristas de aplicativos se uniram para lutar contra a implementação dos VAs em vários países, pressionando o governo e a sociedade para barrar a tecnologia. O movimento é acompanhado de outros ludistas, que temem a influência da tecnologia no geral.

Devido a repercussão negativa que os VAs vêm causando e as próprias limitações que a tecnologia ainda não superou, certas empresas deixaram de

investir. A estagnação da economia mundial também fez com que os investimentos diminuíssem. O foco do governo é em investimento no transporte público, para tentar contornar o forte tráfego que a maioria das cidades grandes tem.

O transporte público é a aposta dos governos para maior mobilidade nas cidades. Pelo grande número de carros, o trânsito ainda é carregado nos centros urbanos, e piorou em cidades como São Paulo e Nova York.

Os centros urbanos ainda têm o metro quadrado mais caro da maioria das cidades. Várias cidades passam a crescer verticalmente devido a isso, e o crescimento horizontal que acontece é da população marginalizada, que não consegue arcar com os custos de moradia nos centros.

Cenário 4:

CURVA CEGA

Em um mundo multipolar, cada vez mais fechado, a dinâmica econômica global diminui consideravelmente, trazendo um degrading da globalização. A tecnologia necessária para os VAs tem dificuldade para se adaptar aos diversos ambientes, principalmente no ambiente caótico das cidades. Só os mais ricos conseguem comprar carros com nível de automação 3 e o nível 5 é utilizado em forma de teste apenas em ambientes controlados de algumas empresas e indústrias.

A legislação na maioria dos países ocidentais não saiu do papel. Problemas de interesses distintos, falta de consenso e lobbys contrários não permitem que a legislação vá pra frente. As cidades que aprovaram o uso dos VAs são as que já tinham aprovado há anos e as que permitem para testes.

O mínimo de infraestrutura para os VAs não é alcançada em diversas cidades. O investimento é mais baixo ainda, dificultando a adaptação da tecnologia. Os governos têm outras prioridades.

A sociedade desconfia da tecnologia, e tem medo das consequências que ela pode gerar, como o desemprego, valorização e conseqüentemente desvalorização de certos imóveis, deficiências na infraestrutura técnica e uso incorreto dos dados, além de seus altos custos. Em cidades que possuem VAs de teste rodando houve rejeição social e certos grupos considerados “novos ludistas” quebraram os VAs que estavam nas ruas, como forma de protesto.

Os movimentos antiintellectualistas temem os VAs e alguns radicais até os consideram o “carro do demônio”, por não precisar de motoristas. Para muitos é estranho ver um carro dirigindo “sozinho”. Parte crescente da população ocidental se sente insegura e ameaçada com a velocidade das mudanças e tenta ao máximo retardar ou evitá-las.

Pela alta taxa de desemprego nos países subdesenvolvidos, como o Brasil, Colombia e Equador, os governos não querem aprovar o uso dos VAs, pois não podem ameaçar os empregos já existentes. Em países com alto número de caminhoneiros, como os EUA, as forças sociais atuam nas ruas e no congresso para bloquear o uso dos VAs.

Devido a conflitos comerciais, o mundo entrou em uma recessão que tem previsão de ser longa. A produtividade é baixa mas os empregos dos motoristas, caminhoneiros e industria automobilística são mantidos.

O trânsito nas cidades é agravado com cerca de 70% da população vivendo em cidades. Os congestionamentos são intensos, os acidentes ainda uma triste realidade e a poluição dos veículos piora em muito a qualidade de vida nas grandes cidades. Os veículos autônômicos têm seu caminho natural bloqueado e se juntam ao hall das tecnologias que ainda não foram pra frente, como o Google Glass e o carro elétrico.

Dado o detalhamento dos quatro cenários, a matriz ator-cenário, a seguir, mostra de forma simplificada os cenários que terão mais incentivos e conseqüentemente mais forças contrárias para sua realização, de acordo com as atitudes dos atores envolvidos.

Quadro 4 - Matriz ator-cenário

Atores/Cenários	Peso	Cenário 1 -		Cenário 2-		Cenário 3 -		Cenário 4 -	
Grandes empresas internacionais (multinacionais)	9	2	18	2	18	-1	-9	-2	-18
Universidades e Centros de pesquisa	9	2	18	2	18	-2	-18	-2	-18
Investidores em Veículos Autônomos	8	2	16	1	8	-2	-16	-2	-16
Associações empresariais	8	2	16	1	8	-1	-8	-2	-16
Motoristas	6	-2	-12	-1	-6	2	12	2	12
Consumidores (pessoas e empresas)	7	2	14	1	7	-1	-7	-2	-14
Sindicatos de trabalhadores	7	-2	-14	-1	-7	2	14	2	14
Governos	6	1	6	0	0	-1	-6	-2	-12
Mídia	3	2	6	1	3	-1	-3	-2	-6
Partidos	4	1	4	0	0	-1	-4	-1	-4
Movimentos sociais e culturais	4	-1	-4	0	0	1	4	1	4

Movimentos ambientalistas	3	2	6	1	3	-1	-3	-2	-6
Total	-	-	74	-	52	-	-44	-	-80

Legenda:

■ Peso do ator (de 1 a 10)

■ Atitude do ator (promove o cenário: nota 2; apenas o apoia: nota 1; ou lhe é indiferente: nota 0; ou então é contra: nota -1; é radicalmente contra: nota -2).

■ Nota final do ator (Peso do ator x Atitude do Ator)

Os valores dados aos atores foram determinados pela autora com base no nível de importância para o sistema cenarizado. O valor negativo dos cenários 3 e 4 não significa que eles possuem pouca chance de ocorrer, apenas indica os cenários em que os VAs não prosperarão até 2035.

Os quatro cenários gerados nessa dissertação possuem semelhanças e diferenças dos cenários pessimista e otimista criados por Roehrleef et al. (2015). No cenário A de Roehrleef et al. os veículos autônomos prosperam na sociedade, mas o uso individual dos veículos é muito incentivado, principalmente pela indústria automotiva. As cidades crescem horizontalmente, com estruturas totalmente voltadas aos carros e a liberação de espaços públicos não é possível aliado com um tráfego de pedestres quase inexistente. Esse cenário se assemelha na questão do crescimento horizontal descrito no cenário 1 e 2, porém se diferencia dos demais cenários e pontos aqui descritos. No cenário B de Roehrleef et al. o transporte público é a “espinha dorsal” do transporte nas cidades, sendo alguns realizados por VAs. As áreas rurais passam a ter mobilidade e participação social aumentadas com o uso de VAs e a maioria dos habitantes consegue viver sem ter um carro próprio, porque as alternativas são mais atrativas. Esse cenário

se assemelha aos cenários 3 e 4 no quesito do transporte público predominante, mas distingue-se nos outros quesitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O caminho a seguir

Os resultados encontrados mostraram quatro cenários distintos para os Veículos Autônomos no mundo ocidental em 2035. Não se tem a pretensão de acreditar que o futuro vai ocorrer como o aqui mostrado. Fatores como a forte influência do mundo oriental, ou cisnes negros – eventos não esperados, que não foram abordados nessa tese, podem ter um peso considerável nesses 15 anos.

Ainda assim, mesmo com um cenário feito de forma concisa, pode-se perceber as tendências e barreiras mais fortes que os VAs devem encontrar no seu futuro próximo. Olhando os cenários que mais se distanciam entre si (1 e 4), é possível preparar-se para o leque de fatores que acontece entre eles. E a janela de oportunidade para se fazer isso é agora.

Os automóveis já mudaram o mundo uma vez, e podem mudar de novo com a implementação dos VAs elétricos. Essa inovação tecnológica que tem tudo para ser disruptiva poderá trazer rupturas como as descritas nessa tese e outras que ainda não são concebíveis. Mas, como a história dos carros mostra, tudo são escolhas. Escolhas que são feitas por pessoas que acreditam estar fazendo o melhor, escolhas que moldam a vida e o mundo.

O primeiro cenário gerado, o Grand Chellem dos VAs, mostra um mundo ocidental em 2035 em que os veículos autônomos já estão sendo usados em larga escala, principalmente os níveis 3 e 4. O mundo se beneficia pelas mudanças geradas por eles e o transporte nas cidades sofre uma revolução. No cenário 2, os VAs ainda não foram adotados em larga escala devido ao seu alto custo de produção, mas níveis 3 e 4 já são comuns nas ruas dos países ocidentais desenvolvidos. O terceiro cenário mostra uma tecnologia que ainda tem barreiras e dificuldades para lidar com o trânsito nas cidades. Segmentos da população desconfiam dos VAs, o que retarda a sua disseminação. No último cenário (curva cega), os veículos autônomos não conseguiram se disseminar e continuam sendo uma promessa por acontecer. Devido à forte resistência popular, os VAs sofrem um bloqueio por grande parte da sociedade ocidental.

Da mesma forma em que governos eficazes serão fundamentais para impulsionar a inovação, o papel dos governos também será indispensável para lidar com os impactos que os VAs podem ter nos transportes públicos e no trânsito das cidades. As vantagens da adoção dos VAs não serão óbvias em todo lugar durante o período de transição, por isso o apoio político e de empresas, associações e autoridades competentes serão importantes.

O futuro sempre será mais complexo do que o esperado, e a trajetória real dos Veículos Autônomos nos próximos anos será mais surpreendente e intensa do que as possibilidades aqui mapeadas. Contudo, o exercício natural e constante de tentar “prever” e estudar o futuro prepara caminhos, identifica tendências e antecipa decisões que irão incidir e mudar as sociedades, ou seja, a forma de trabalhar e o estilo de vida. Afinal, o propósito de se olhar para o futuro é justamente modificá-lo.

REFERÊNCIAS

AASLAID, Katrina. 50 Examples of corporations that failed to innovate. Valuer, 2018. Disponível em: <https://valuer.ai/blog/50-examples-of-corporations-that-failed-to-innovate-and-missed-their-chance/>.

ADAMS, Douglas. O salmão da dúvida. Editora Arqueiro, 2014.

ALTMAN, Ian. Why Google Glass failed and why Apple watch could too. Forbes, 2015.

AMERICAN TRUCKING ASSOCIATIONS, ATA. Reports, trends & statistics, Industry data, 2019. Disponível em: https://www.trucking.org/News_and_Information_Reports_Industry_Data.aspx.

ARBIB, J.; SEBA, T. Rethinking transportation 2020–2030: The disruption of transportation and the collapse of the internal combustion vehicle and oil industries. A RethinkX sector disruption Report, May 2017. RethinkZ, 77 pp. 2017.

ARBUCKLE, Alex. The first electric cars. Mashable, 2015. Disponível em: <https://mashable.com/2015/07/20/early-electric-cars/#share-action:eyJzIjoicClImkiOijfdGIza3F2YzNzZjAwaXZzMSJ9>.

AUTO ALLIANCE. America's automobile industry is one of the most powerful engines driving the US economy, 2019. Disponível em: <https://autoalliance.org/economy/>.

AUTOWEEK. Widespread autonomous car testing means a six-month wait to buy key sensors. Automotive news, 2017. Disponível em: <https://autoweek.com/article/car-news/autonomous-car-testing-so-big-right-now-theres-six-month-wait-buy-key-sensors>.

BBC. Electric cars: new vehicles to emit noise to aid safety, 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/business-48815968>.

BERGAMIM JR., Giba. Preço de alvará de táxi despenca, e gestão Haddad libera comércio. Folha de S. Paulo, 2016.

BERGER, Gaston. Sciences humaines et prévision. Revue des Deux Mondes (1829-1971), 1957.

BERTONCELLO, Michele; WEE, Dominik. Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world. McKinsey & Company, v. 6, 2015.

BONNEFON, Jean-François; SHARIFF, Azim; RAHWAN, Iyad. The social dilemma of autonomous vehicles. Science, v. 352, n. 6293, p. 1573-1576, 2016.

BOUDON, Raymond. Efeitos perversos e ordem social. Zahar, 1979.

BRODRICK, Sean. The best-performing metal you've never heard of, 2017.
Disponível em: <https://www.edelsoninstitute.com/commodities/cobalt-best-performing-metal-youve-never-heard-of/>.

BURNS, Matt. 'Anyone relying on lidar is doomed', Elon Musk says. Tech Crunch, 2019. Disponível em: <https://techcrunch.com/2019/04/22/anyone-relying-on-lidar-is-doomed-elon-musk-says/>.

CHALMERS, Alan F. What is this thing called science?. Hackett Publishing, 1999.

CHAPMAN, David S.; DAVIS, Michael G. Global Warming-More than Hot Air. J. Land Resources & Env'tl. L., v. 27, p. 59, 2007.

CHRISTENSEN, Clayton M.; RAYNOR, Michael E.; MCDONALD, Rory. What is disruptive innovation. Harvard Business Review, v. 93, n. 12, p. 44-53, 2015.

CHRISTENSEN, Clayton MO. Dilema da Inovação. São Paulo: Edna Veiga. 2001.

CHRISTENSEN, Clayton; RAYNOR, Michael. The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth. Harvard Business Review Press, 2013.

CILLIZA, Chris. Michael Cohen and the absolutely amazing history of the once-coveted New York City taxi medallion. CNN, 2018.

CNBC, International TV. Volkswagen's self-driving car is a glimpse into future of transport. The Edge, 2018. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=aWmmy966NII&list=PLjYXu2SKnf9qoAcmQiVgTOKasirq9FMI2&index=18&t=0s>.

CNT. Pesquisa CNT perfil dos caminhoneiros 2019. Brasília, 2019.

COLLINS, Jim. The auto industry is nowhere near the on-ramp for self-driving cars. Forbes, 2019. Disponível em:

<https://www.forbes.com/sites/jimcollins/2019/06/17/the-auto-industry-is-nowhere-near-the-on-ramp-for-self-driving-cars/#1d10328e518f>.

COOKSON, G.; PISHUE, B. INRIX Global Traffic Scorecard. INRIX Research (2018).

COSTA, Helena Araújo; DO NASCIMENTO, Elimar Pinheiro. Cenários para o turismo no Brasil 2007-2010: análise da consistência metodológica e plausibilidade. Caderno Virtual de Turismo, v. 7, n. 3, 2008.

CUTEAN, A. Autonomous Vehicles and the Future of Work in Canada. Information and Communications Technology Council (ICTC). Ottawa, Canada, 2017.

DE FREITAS FILHO, Paulo José. Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena. Visual Books, 2001.

DEMAITRE, Eugene. Driverless investment tops \$1.6B so far this month. The Robot Report, 2019. Disponível em:

<https://www.therobotreport.com/driverless-investment-high-valentines/>.

DROMI, Aric. The future of the automotive industry. Gemalto, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Mbvo3DR6WRQ>.

EIA, U.S Energy Information Administration, Internal Transportation Energy Demand Determinants, 2015.

EIA, U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook, 2018.

EQUIPE UBER. Fatos e dados sobre a Uber, 2019. Disponível em:
<https://www.uber.com/pt-BR/newsroom/fatos-e-dados-sobre-uber/>.

EUROPEAN STRATEGY AND POLICY ANALYSIS SYSTEM (ESPAS). Global Trends to 2030: Can the EU Meet the Challenges Ahead? 2015.

FLEISHMAN, Glen. Uber, Lyft and Via offered to make a fund for taxi drivers. The New York city council declined it. Fortune, 2018.

FLINK, James J. The automobile age. MIT Press, 1990.

FORD, Martin. Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future. Basic Books, 2015.

G1. A cada 1 hora, 5 pessoas morrem em acidentes de trânsito no Brasil, diz Conselho Federal de Medicina, 2019. Disponível em:
<https://g1.globo.com/carros/noticia/2019/05/23/a-cada-1-hora-5-pessoas-morrem-em-acidentes-de-transito-no-brasil-diz-conselho-federal-de-medicina.ghtml>.

GERRISH, Sean. How smart machines think. MIT Press, 2018.

GODET, Michel. Creating Futures: Scenario Planning as a strategic management tool. Washington, DC: Economica. Economica Brookings diffusion, 2006.

GODET, Michel. Méthode des scénarios. Futuribles, v. 71, p. 110-20, 1983.

GOLDMAN SACHS. Cars 2025, Technology driving innovation, 2019. Disponível em: <https://www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/cars-2025/>.

GREENBLATT, Jeffery B.; SHAHEEN, Susan. Automated vehicles, on-demand mobility, and environmental impacts. Current sustainable/renewable energy reports, v. 2, n. 3, p. 74-81, 2015.

HARARI, Yuval Noah. Homo Deus: uma breve história do amanhã. Editora Companhia das Letras, 2016.

HAWKINS, Andrew J. Not all of our self-driving cars will be electrically powered – here's why. The Verge, 2017. Disponível em:

<https://www.theverge.com/2017/12/12/16748024/self-driving-electric-hybrid-ev-av-gm-ford>.

HERE. How autonomous vehicles could relieve or worsen traffic congestion. 2017.

HOWARD, Jeremy. As maravilhosas e aterradoras implicações de computadores que conseguem aprender. Ted talk, 2014. Disponível em:

<https://www.ted.com/talks/jeremy-howard-the-wonderful-and-terrifying-implications-of-computers-that-can-learn?language=pt>.

IGLIŃSKI, Hubert; BABIAK, Maciej. Analysis of the potential of autonomous vehicles in reducing the emissions of greenhouse gases in road transport. Procedia engineering, v. 192, p. 353-358, 2017.

INDEPENDENT. Global oil consumption set to hit 100 million barrels per day sooner than expected, 2018. Disponível em:

<https://www.independent.co.uk/news/world/africa/world-oil-use-100-million-barrels-rising-global-warming-a8565281.html>.

KELLER, David H. The living machine. Wonder stories, p. 1465-1511, 1935.

KENTON, Will. Consumer Spending defined. Investopedia, 2018. Disponível em:

<https://www.investopedia.com/terms/c/consumer-spending.asp>.

KOLBERT, Elizabeth. A sexta extinção: uma história não natural. Editora Intrínseca, 2015.

KRISHNAN, Varun B. 24% of Indians have a smartphone, says Pew study. The Hindu, 2019. Disponível em: <https://www.thehindu.com/news/national/24-pc-of-indians-have-a-smartphone/article26212864.ece>.

KURZWEIL, Ray. The singularity is near: When humans transcend biology. Penguin, 2005.

LEITE JÚNIOR, Hamilton de França; ALENCAR, Claudio Tavares de; JOHN, Vanderley Moacyr. Evolução do espaço destinado à automóveis em relação a área total construída dos edifícios de São Paulo. In: São Paulo: 11ª Conferência Internacional da LARES. 2011.

LIMA, Fernanda. Antigo negócio lucrativo, alvarás de táxi desvalorizam quase 90%. Correio, 2019.

MANIR, Monica. Interesse pela carteira de motorista cai até mesmo entre os mais jovens. Folha de São Paulo, 2018. Disponível em:

<https://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2018/06/interesse-pela-carteira-de-motorista-cai-ate-mesmo-entre-os-mais-jovens.shtml>

MARCIAL, Elaine C. et al. Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento. 2017.

MARSHALL, Alfred. Principles of economics. 1920.

MGI, McKinsey Global Institute. Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. Mckinsey & Company, 2013.

MOONEEGAN, Vidia. Palestra proferida no TED talks, Plaines Wilhems (Maurícia), jun. 2016. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=pk9RVBwiFbM>. Acesso em jan. 2019.

NIETO-RODRIGUEZ, Antonio. Notorious Project Failures-Google Glass, 2017.

NIVEN, Larry. Niven's Laws. Owlswick Press, 1984.

OICA, International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. Economic Contributions, 2019. Disponível em: <http://www.oica.net/category/economic-contributions/>.

OMS, Organização Mundial da Saúde. The top 10 causes of death, 2018.

Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>.

PLUMER, Brad. Cars take up way too much space in cities. New technology could change that. The new new economy – Vox, 2016. Disponível em:
<https://www.vox.com/a/new-economy-future/cars-cities-technologies>.

PNAD. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de Indicadores 2015.

POLYMATER. The economics of uber, 2018. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=jzFTwBkIC5o&t=326s>.

PORTO, Claudio; NASCIMENTO, Elimar; BUARQUE, Sérgio C. Cinco cenários para o Brasil, 2001-2003: incluindo os desdobramentos da crise energética brasileira e dos ataques terroristas aos Estados Unidos. Nórdica, 2001.

RAHWAN, Iyad. The Social Dilemma of Driverless Cars. Ted talk. Cambridge, 2016.

REVONSUO, Antti. The reinterpretation of dreams: An evolutionary hypothesis of the function of dreaming. Behavioral and Brain Sciences, v. 23, n. 6, p. 877-901, 2000.

ROEHRLEEF, M.; DEUTSCH, V.; ACKERMANN, T. Scenarios for autonomous vehicles-opportunities and risks for transport companies. Position Paper, November, 2015.

ROTH, Gregory A. et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. The Lancet, v. 392, n. 10159, p. 1736-1788, 2018.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. Inteligência Artificial. 2ª. Edição. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.

SAGAN, Carl. O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro. Editora Companhia das Letras, 2006.

SAINI, Sajan. Como carros autônomos “enxergam”. Ted-ed, 2019. Disponível em: https://www.ted.com/talks/sajan_saini_how_do_self_driving_cars_see?language=pt-br.

SAVAGE, Michael. Richest 1% on target to own two-thirds of all wealth by 2030. The Guardian. The Observer, Society, 2018. Disponível em: <https://www.theguardian.com/business/2018/apr/07/global-inequality-tipping-point-2030>.

SCHUMPETER, Joseph. The theory of economic development. Harvard Economic Studies. Vol. XLVI. 1911.

SCHWAB, Klaus. A quarta revolução industrial. Edipro, 2018.

SCHWARTZ, Peter. A arte da previsão. Scritta, 1995.

SENADO. Estudo da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre mortes por acidentes de trânsito em 178 países é base para década de ações para segurança. Em discussão, Revista de audiências públicas do Senado Federal. Ano 4, n. 13, 2012.

SILVER, Nate. O sinal e o ruído. Editora Intrínseca, 2013.

SIVAK, Michael; SCHOETTLE, Brandon. Recent decreases in the proportion of persons with a driver’s license across all age groups. 2016.

STATISTA. Monthly number of Uber’s active users worldwide from 2016 to 2019. 2019. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/833743/us-users-ride-sharing-services/>.

STOLL, Clifford. Why the Web won’t be Nirvana. News week, 1995.

STROHMEYER, Robert. The 7 worst tech predictions of all time, 2008. Disponível em: https://www.pcworld.com/article/155984/worst_tech_predictions.html.

TALEB, Nassim Nicholas. The black swan: The impact of the highly improbable. Random house, 2007.

TECH CRUNCH. Former Obama Advisor David Plouffe on his uber job, 2016.

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=frfzPdHcxu4&list=PLjYXu2SKnf9qoAcmQiVgTOKasirq9FMI2&index=25&t=4s>.

TEKES, The Finnish funding agency for technology and innovation. The Future of Service Business Innovation, 2010.

THE ECONOMIST. The future of the car industry, 2016. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=e2rBzJXLem8&list=PLjYXu2SKnf9qoAcmQiVgTOKasirq9FMI2&index=12&t=467s>.

THE ECONOMIST. The world economy is slowing down, 2019. Disponível em:

<https://www.economist.com/graphic-detail/2019/04/09/the-world-economy-is-slowing-down>

THE GUARDIAN. 20 predictions for the next 25 years. The Observer, Society,

2011. Disponível em: <https://www.theguardian.com/society/2011/jan/02/25-predictions-25-years>.

THE NEW YORK TIMES. Electric Vehicles Attract Attention; Pleasure cars not forgotten at Garden Motor Truck Show – Record Attendance, 1911.

TROYJO, Marcos. Destruição Criativa como processo de inovação. Instituto

Millenium, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-Tx7-Nw9JjM&list=PLjYXu2SKnf9qoAcmQiVgTOKasirq9FMI2&index=8&t=0s>.

UNEP. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, 2011.

URBAN, Tim. How tesla will change the world. Wait but why, 2015.

URMSON, Chris. How a driverless car sees the road. Ted-talk, 2015. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=tiwVMrTLUWg&list=PLjYXu2SKnf9qoAcmQiVgTOKasirq9FMI2&index=16>.

VAN GELDER, Lawrence. Medallion limits stem from the 30's. The New York Times, 1996.

VETTER, Sebastian. Business model innovation – not another uber story. Innovate Strategy, 2018.

WADHWA, Vivek; SALKEVER, Alex. The Driver in the Driverless Car: How Our Technology Choices Will Create the Future. Berrett-Koehler Publishers, 2017.

WEINBERGER, Matt. The dumbest things Bill Gates ever said, 2016. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/the-dumbest-things-bill-gates-ever-said-2016-4>.

WICKHAM, Ashley. The Automotive industry employs more people than you think. Engineering pro, 2017. Disponível em: <https://www.fircroft.com/blogs/the-automotive-industry-employs-more-people-than-you-think-71462610395>.

WIRED. A brief history of autonomous vehicles technology. The wired brand lab, 2016. Disponível em: <https://www.wired.com/brandlab/2016/03/a-brief-history-of-autonomous-vehicle-technology/>.

WORLD ECONOMIC FORUM, WEF. 8 predictions for the world in 2030. 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/11/8-predictions-for-the-world-in-2030/>.

WRIGHT, James Terence C.; SPERS, Renata Giovinazzo. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. Estudos Avançados, v. 20, n. 56, p. 13-28, 2006.

ZAPFL, Daniel. Why you should rethink your innovation process every 4 years. Lead Innovation Management, 2019. Disponível em: <https://www.lead-innovation.com/english-blog/rethink-innovation-process>.

ZARKADOULA, Maria; ZOIDIS, Grigoris; TRITPOULOU, Efthymia. Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 12, n. 6, p. 449-451, 2007.