



CENTRO DE INFORMÁTICA

GABRIEL GONDIM ROMÃO BATISTA

O IMPACTO DA INTERNET DAS COISAS NO DESENVOLVIMENTO DOS CARROS AUTÔNOMOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Recife
14 de dezembro de 2016

GABRIEL GONDIM ROMÃO BATISTA

**O IMPACTO DA INTERNET DAS COISAS NO DESENVOLVIMENTO
DOS CARROS AUTÔNOMOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Hermano Perelli de Moura

Recife
14 de dezembro de 2016

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família por terem me apoiado bastante nesse período difícil, porém de grande aprendizado e grande enriquecimento do conhecimento. A minha mãe Remonde por todo amor, carinho e educação que me foi fornecido durante toda minha vida. A minha namorada Gabriella por ter me apoiado e sempre me motivando para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu orientador Hermano Perelli de Moura por ter me disponibilizado alguns momentos para me orientar da melhor forma no desenvolvimento deste trabalho, me fornecendo seu conhecimento e pelo aprendizado conquistado durante o período acadêmico.

*“Ir além do que os olhos podem enxergar, já
que limites são fronteiras, decidi atravessar.”*
Síntese

Resumo

Os carros autônomos e a Internet das Coisas vem evoluindo constantemente, e quase que em conjunto. Muitos benefícios podem ser gerados através dessa união para o ambiente em que o mesmo está inserido, como redução de acidentes, perda de tempo em congestionamentos e economia por parte de quem utilizar o serviço. Sinais de trânsito, estradas, e veículos poderão se comunicar com sensores de outro veículo. Porém surgem alguns questionamentos relacionados a segurança desses veículos. Com o objetivo de detalhar como será realizada essa comunicação, esse trabalho mostra cenários futuros de como pode ser o mundo com os carros autônomos, analisando as tecnologias necessárias para um veículo se tornar autônomo, e mostrando como são realizadas as conexões entre o veículo e o ambiente que o cerca.

Palavras-chave: Carros autônomos, Internet das coisas, Carros conectados

Abstract

The autonomous cars and the Internet of Things have been constantly evolving, and almost together. Many benefits can be generated through this union to the environment in which it will be inserted, such as reduction of accidents, loss of time in congestion and savings by those who use the service. Road signs, roads, and vehicles may communicate with sensors from another vehicle. However, there are some questions related to the safety of these vehicles. With the purpose of detailing how this communication will be made, this work shows future scenarios of how the world can be with autonomous cars, analyzing the technologies necessary for a vehicle to become autonomous, and showing how the connections between the vehicle and the environment that surrounds it.

Keywords: Autonomous cars, Internet of things, Connected cars

Lista de ilustrações

Figura 1 – Carro autônomo da Uber em parceria com a Volvo	11
Figura 2 – Níveis de Autonomia definidos pela SAE	13
Figura 3 – Evolução das vendas de carros autônomos por nível de automação	14
Figura 4 – Previsão realizada em 1956 de como seria um carro autônomo . . .	16
Figura 5 – Assistências que cada sensor pode oferecer ao carro autônomo . .	17
Figura 6 – Valores de mercado dos sensores para carros autônomos	18
Figura 7 – Assistências que um radar pode oferecer para um veículo	19
Figura 8 – Visão de uma câmera que possua visão de máquina e visão compu- tacional	20
Figura 9 – Quando cada montadora deseja lançar um carro autônomo no mercado	23
Figura 10 – Ranking dos 10 tipos mais populares de aplicações IoT	24
Figura 11 – Sensores automotivos que podem se conectar via IoT	25
Figura 12 – Visão semântica de um carro autônomo	27
Figura 13 – Detecção de Objeto de um carro autônomo	28
Figura 14 – Previsão das vendas anuais de veículos comerciais com capacidade de comunicação V2V	30
Figura 15 – Comparativo entre 5G, 4G e o que um carro autônomo precisa . . .	34

Lista de tabelas

Tabela 1 – Principais características dos sensores	21
Tabela 2 – Características de cada tipo de comunicação	32
Tabela 3 – Aplicações do DSRC nas comunicações V2V e V2I	32

Lista de abreviaturas e siglas

5G	Quinta geração de internet móvel
ALV	Autonomous Land Vehicle
CNN	Convolutional Neural Network
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DSRC	Dedicated Short Range Communications
EUA	Estados Unidos da América
GPS	Global Positioning System
IoT	Internet das Coisas
LiDAR	Light Detection And Ranging
OMS	Organização Mundial de Saúde
RADAR	Radio Detection And Ranging

Sumário

1	Introdução	10
1.1	Contexto e Motivação	10
2	Referencial Teórico	13
2.1	Carros Autônomos	13
2.1.1	Breve história	14
2.1.2	Como pensa um carro autônomo?	16
2.1.3	Radar	18
2.1.4	Câmeras	19
2.1.5	LiDAR	20
2.1.6	Forecasts das principais montadoras	21
2.2	Internet das Coisas	24
3	IoT x Carros Autônomos	26
3.1	Visão Computacional	27
3.2	Comunicação	28
3.2.1	VXV, VXi e VXX	29
3.2.1.1	V2V	30
3.2.1.2	V2I	31
3.2.1.3	V2X	31
3.2.2	Conexão DSRC	32
3.2.3	O 5G no futuro	33
4	Cenários Futuros	35
4.1	Cenário Otimista: A união perfeita entre “IoT” e carros autônomos	35
4.2	Cenário Realista: O caminho do meio	36
4.3	Cenário Pessimista: O futuro que não deu certo para os carros autônomos	37
5	Conclusão e Trabalhos Futuros	39
	Referências	40

1 Introdução

1.1 Contexto e Motivação

A entrada dos carros autônomos no mercado tem sido especulada como a próxima transformação radical do mercado da indústria automobilística. A previsão é que vamos passar de um modelo onde um veículo deixa de ser um produto, e passa a ser um serviço baseado no seu uso, e essa mudança irá acontecer nos próximos 10 anos (BOWEN, 2016). Simultaneamente com o desenvolvimento dos carros autônomos, a “Internet das Coisas” continua a evoluir constantemente e está chegando com grande força por ser considerada a primeira evolução real da internet, e também a partir do momento em que os dispositivos conectados, superaram o número de pessoas no mundo, se tornou uma realidade, estimando-se que cerca de 50 bilhões de objetos estejam conectados até 2020 (EVANS, 2011).

Com o avanço das tecnologias já alcançadas e a chegada da Internet das Coisas, a indústria automotiva não poderia ficar de fora e já vem se fortalecendo bastante nesse quesito. Inúmeros são os benefícios que esses avanços podem trazer para o consumidor de serviços automotivos, porém ainda existem alguns obstáculos para que tudo ocorra da melhor forma possível. Desde a diminuição da emissão de poluentes até a diminuição de acidentes e mortes ocasionadas por veículos automotivos, podemos listar vários motivos que trarão benefícios. Por outro lado a necessidade de tornar esse sistema 100% seguro, onde traga total confiança ao motorista em utilizá-lo é um grande obstáculo enfrentado pelas montadoras, além de leis estaduais que proíbem a utilização de sistemas de controles autônomos de veículos.

São inúmeras as tecnologias ligadas aos carros autônomos. Sensores, câmeras e radares de última tecnologia são desenvolvidos e aprimorados a cada momento para trabalhar de forma unificada e garantindo o funcionamento corretamente dos serviços, além da conexão com dispositivos externos como semáforos e rodovias. São diversos os sensores fundamentais para conseguir desenvolver um carro seguro e ao mesmo tempo que possua certa autonomia, além de ser de imensa complexidade por ser preciso um elevado nível de tecnologia envolvida. Já existem alguns carros autônomos, que não possuem 100% de autonomia, em alguns lugares do mundo, porém os avanços desejam ser maiores para se conseguir obter um carro que consiga rodar sem auxílio nenhum do motorista, e a Internet das Coisas se mostra de fundamental importância nesse passo a ser dado, pois é capaz de realizar conexões entre os dispositivos envolvidos. Grandes empresas como a Google¹ já entraram nesse meio,

¹ <https://www.google.com.br/>

desenvolvendo carros que dirigem sozinhos e buscando encontrar parceiros para tornar o projeto uma realidade(GANNES, 2014).

Figura 1 – Carro autônomo da Uber em parceria com a Volvo



Fonte: Divulgação/Volvo

Diversos testes estão sendo realizados pelas montadoras para conhecer melhor essa tecnologia e identificar as principais mudanças necessárias para uma maior inclusão no mercado nos próximos anos(BMW. . . , 2016). É o que esperam as principais montadoras de veículos, que de 2020 até 2025 desejam lançar modelos completamente autônomos no mercado. Em 2025 é esperado uma grande crescente no número de vendas dos veículos autônomos, que podem alcançar a marca de 600 mil pelas ruas, e até 2035 os números podem chegar até 76 milhões de veículos nas ruas com algum nível de autonomia. É o que indicam os forecasts da IHS Automotive², que oferecem aos clientes uma visão mais abrangente e um maior conhecimento sobre a indústria automotiva atual(SOUTHFIELD, 2016). De acordo com infográficos realizados pela inside4tech.com³, empresa que realiza pesquisas de tendências futuras relacionadas a tecnologia, juntamente com a easycharge.me⁴, empresa que fornece soluções de carregamentos rápidos e acessíveis para consumidores de carros elétricos, os carros autônomos podem nos ajudar diminuindo cerca de 90% dos acidentes que acontecem na maioria das vezes por falhas humanas, diminuição de 80% na redução dos custos de viagens e 90% de redução de tempo de viagem e de energia desperdiçadas pelos

² <https://www.ihs.com/industry/automotive.html>

³ <http://www.inside4tech.com/>

⁴ <http://easycharge.me/>

condutores(WEEKLY... , 2015). No mundo os acidentes de trânsito foram considerados em 2012 a 9ª maior causa de mortes pela OMS⁵. Foram registradas cerca de 1,3 Milhões de mortes por dia. Nos próximos anos é esperado que ocorra uma maior familiarização das pessoas com as tecnologias que os carros possam ter, trazendo assim uma maior confiança na utilização desse meio.

Os EUA devem ser o primeiro local a implantar os carros autônomos nas ruas, vendendo algumas unidades até 2020 e chegando a marca de 4,5 milhões veículos vendidos em 2035 de acordo com previsões da IHS Automotive. A China deve chegar em seguida, atingindo a marca de 5,7 milhões de veículos autônomos em 2035. Apesar de iniciarem a implantação após os EUA, o mercado será de maior abrangência. Na Europa é esperado que os números cheguem a 4,2 milhões de veículos autônomos vendidos em 2035. Ainda é previsto pela IHS, que cerca de 1 milhão de veículos com algum nível de autonomia sejam comercializados na África e Oriente Médio. No Japão e na Coreia do Sul é estimado que 1,2 milhões de veículos estejam nas ruas, possuindo algum nível de autonomia(SOUTHFIELD, 2016).

Com isso, esse trabalho tem o interesse em mostrar os sensores que um veículo precisa ter para ser considerado autônomo, além de buscar entender como o desenvolvimento dos carros autônomos será impactado pela Internet das Coisas e analisar o desenvolvimento do mesmo no decorrer dos anos, desenvolvendo cenários referentes ao impacto dessa comunicação.

Como metodologia para o desenvolvimento da formulação dos cenários futuros, foram utilizadas as referências bibliográficas encontradas através das pesquisas bibliográficas.

⁵ <http://www.who.int/en/>

2 Referencial Teórico

2.1 Carros Autônomos

Para compreender o funcionamento dos carros autônomos é preciso entender que existem diferentes níveis de autonomia que um carro pode ter. Desde apenas um sistema que informe ao motorista quando é preciso frear, até um sistema que controle por completo o veículo. A SAE (Society of Automotive Engineers) classificou em 6 níveis diferentes de autonomia, que vão do nível 0 até o 5, em razão das tecnologias que os mesmos possuem, e a capacidade que tem de realizar manobras de forma autônoma. Um documento foi feito pela SAE, descrevendo os aspectos de cada nível da tecnologia, esclarecendo as dúvidas em relação a autonomia.

Figura 2 – Níveis de Autonomia definidos pela SAE

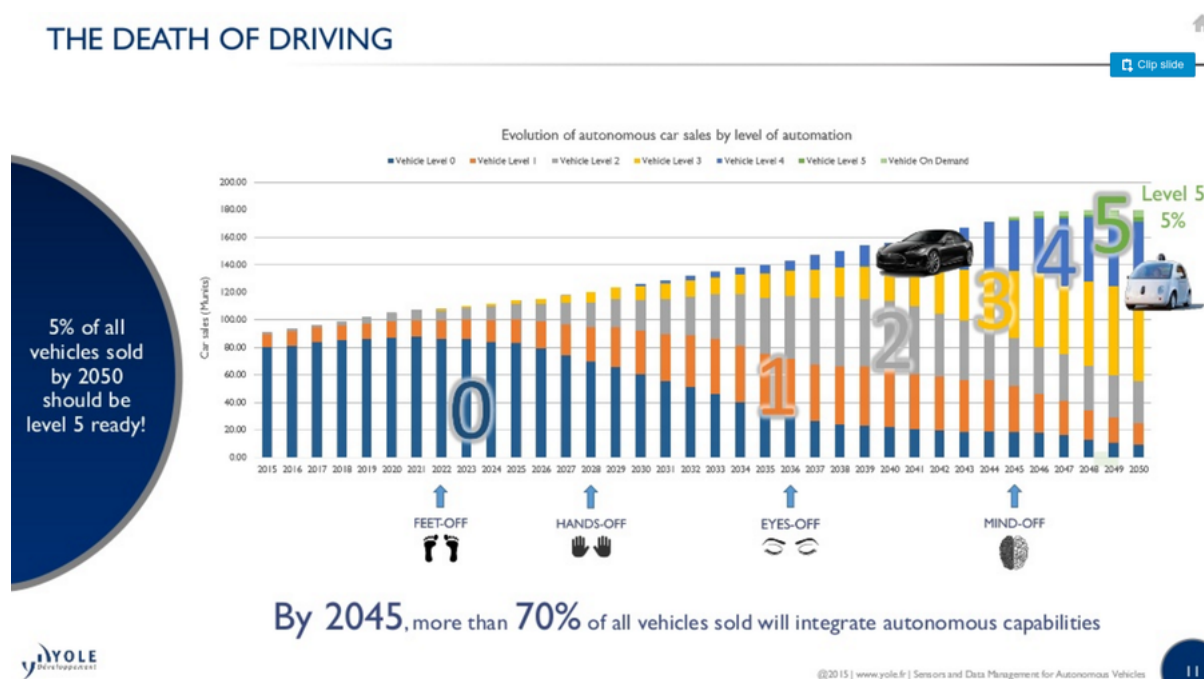
SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Fonte: SAE Internacional e J3016

Do nível 0 ao 2 é necessário que o motorista auxilie na condução do veículo. No nível 0 o carro não possui nenhuma característica autônoma. O nível 1 o carro já possui capacidades como frear e acelerar sozinho de acordo com informações do ambiente de condução. O veículo já tem capacidade de estacionar sozinho no nível 2, e já pode ser considerado parcialmente autônomo, porém deve ser supervisionado a

todo momento pelo condutor. A partir do nível 3, os próprios veículos monitoram o ambiente no qual estão sendo conduzidos e já podem circular de forma autônoma, porém necessitando de auxílio do motorista, caso necessite. No nível 4 os carros já possuem condições de realizarem a condução do veículo em lugares que possuam suporte para a tecnologia. Já no nível 5 o veículo tem condições de circular em qualquer via de forma autônoma, desde que seja permitida sua circulação.

Figura 3 – Evolução das vendas de carros autônomos por nível de automação



Fonte: Yolé Development

Gráficos como o da Figura 3, mostram que a longo prazo os números de vendas dos veículos autônomos, que variem do nível 1 ao 5 de autonomia, ultrapassarão os números de veículos sem autonomia. Essa mudança deve começar a partir de 2030 onde os números estimados são semelhantes.

2.1.1 Breve história

A história dos carros autônomos começa desde o momento em que a GM¹ (General Motors) expõe na feira mundial chamada de ‘Futurama’, em 1939 a idéia de que os carros autônomos sejam utilizados no meio urbano. Anteriormente a isso apenas se tinha a ideia de utilizá-los no meio industrial. Ainda foi projetada a ideia de um sensor de rádio frequência para que os carros mantenham distância uns dos outros. Após essa exposição, apenas na década de 50 se iniciam as primeiras pesquisas para resolver problemas comuns do tráfego urbano, como batidas, acidentes e mobilidade.

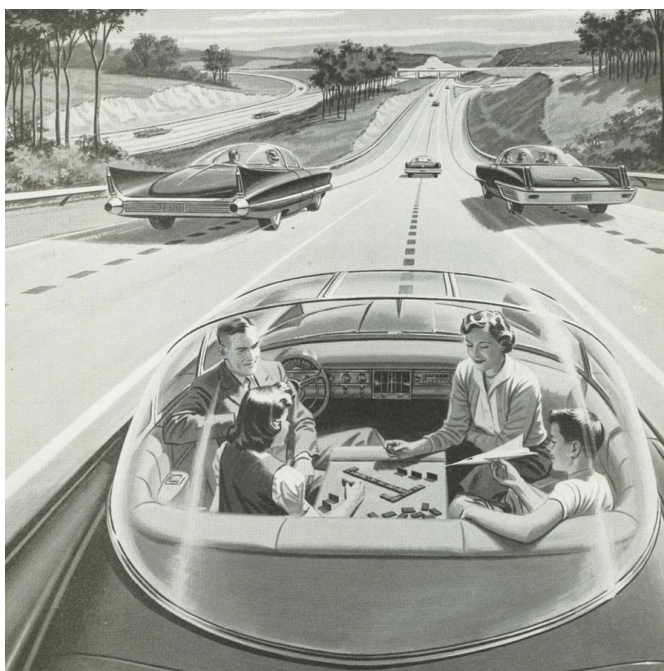
¹ www.gm.com/

O primeiro veículo auto-condutor foi projetado em 1977 no Japão, desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Mecânica. O automóvel, chamado de “Intelligent Vehicle”, foi equipado com câmeras para que pudesse identificar o percurso no qual estaria realizando(VANDERBILT, 2012). Entre a década de 80 e 90 foram iniciados projetos nos Estados Unidos, Europa e Japão buscando soluções para o desenvolvimento dos veículos, como por exemplo o projeto Prometheus² realizado entre 1987 e 1995 onde foram investidos no total mais de 1 bilhão de dólares. Nessa época, foram evoluídos alguns pontos como a comunicação entre os carros, e os métodos de navegação desse sistema, além de iniciar a realização de testes em vias públicas para alcançar melhores desempenho. O projeto ALV(Autonomous Land Vehicle), fundado pela DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency), realizou a primeira demonstração que utilizou a visão computacional, LiDAR(Light Detection and Ranging)³ e o controle autônomo para direcionar um veículo, e chegou a atingir a velocidade de 31km/h(BIMBRAW, 2014). Na década de 90 os avanços em hardwares foi de fundamental importância para tornar os projetos realidade, através de sensores como o GPS e LiDAR. Em 1995 o projeto Navlab⁴ alcançou 98,2% de condução autônoma, numa viagem de aproximadamente 5.000km, que ficou conhecida como “No Hands Across America” ou NHOA. Apenas os freios eram controlados por um humano(BIMBRAW, 2014). Competições realizadas pela DARPA contribuíram de uma forma importante para o desenvolvimento, pois era um grande desafio para as equipes participantes encontrar uma forma mais eficaz para o funcionamento dos carros autônomos.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Eureka_Prometheus_Project

³ Detector de luz e distância.

⁴ <https://en.wikipedia.org/wiki/Navlab>

Figura 4 – Previsão realizada em 1956 de como seria um carro autônomo

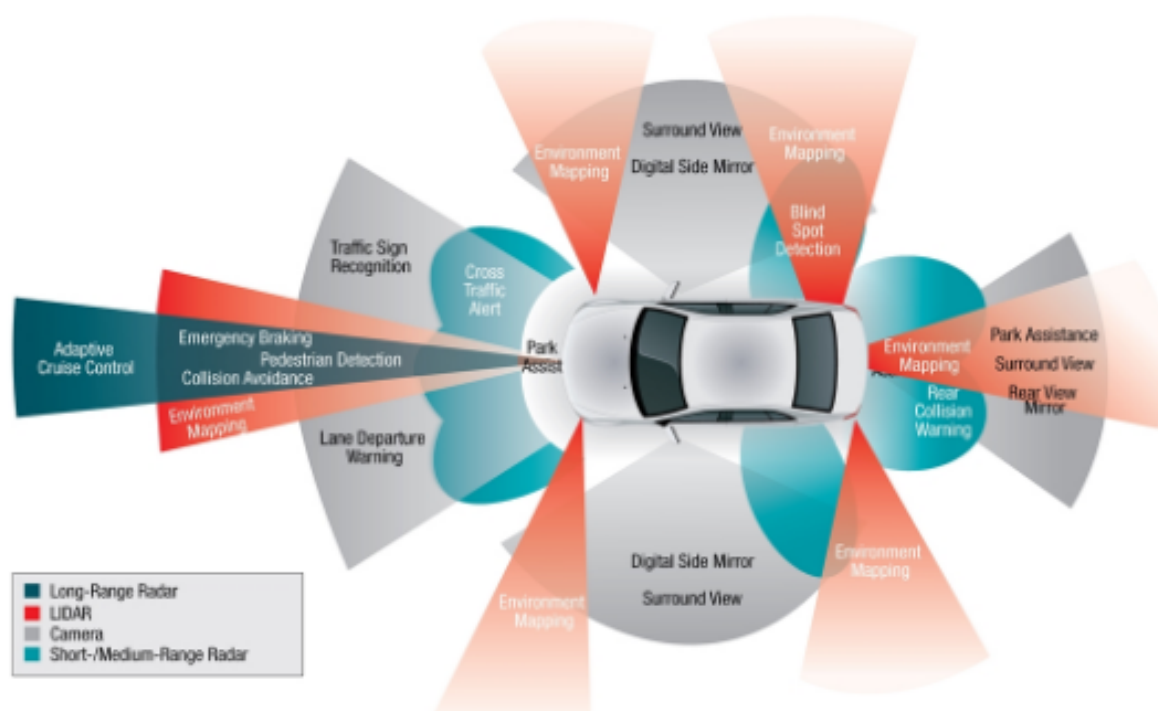
Fonte: Computer History

2.1.2 Como pensa um carro autônomo?

O desenvolvimento dos carros autônomos está sendo conquistado devido ao avanço dos sensores que estão conectados e sempre fornecendo informação para o automóvel. São várias tecnologias envolvidas, devido a necessidade de um grande grau de confiabilidade no seu funcionamento. É necessário que o carro saiba se comunicar com o ambiente no qual está inserido, através de um sistema de comunicação veicular e diversos sensores que estão sendo aprimorados para melhorar a experiência do condutor (SANTO, 2016). Os sensores podem ser divididos em RADAR⁵, LiDAR e Câmeras. São sistemas indispensáveis para o funcionamento de um carro autônomo e devido a necessidade de estarem sempre conectados para que o carro receba informações a todo momento, podem ser considerados como parte da “IoT” para carros autônomos (NINAN et al., 2015). Com essa relação, fica ainda mais relevante a importância da Internet das Coisas no desenvolvimento dos carros autônomos, e para que ocorra de forma mais rápida e segura.

⁵ Sistema sensorial que utiliza ondas sonoras.

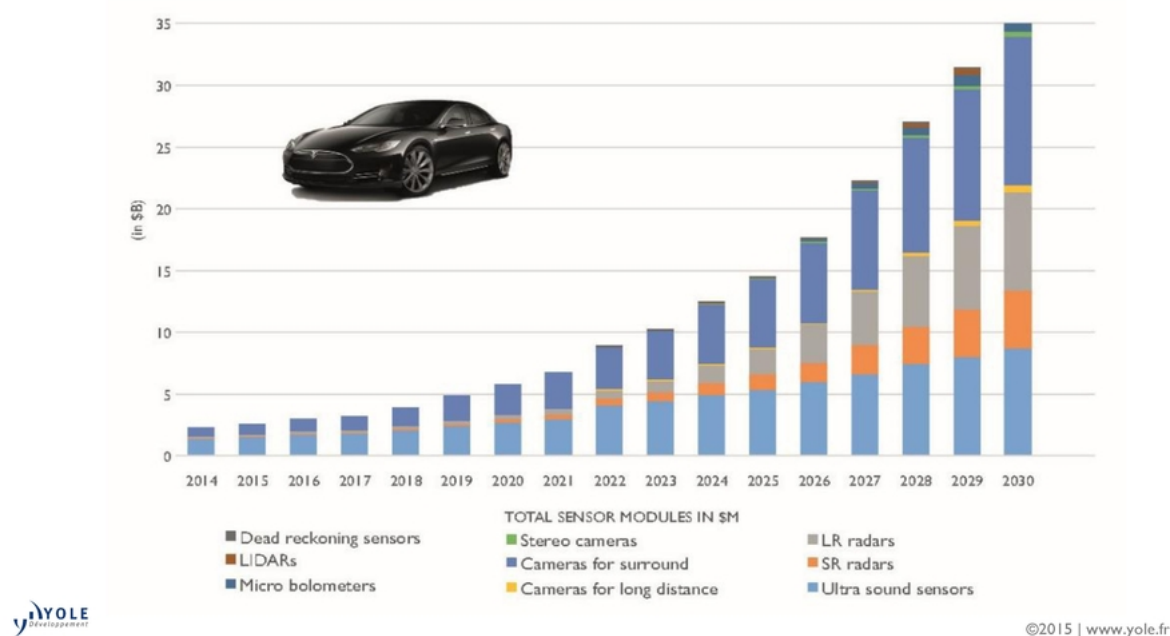
Figura 5 – Assistências que cada sensor pode oferecer ao carro autônomo



Fonte: Texas Instruments

É esperado pela Yole Développement⁶ que os sensores para carros autônomos possam valer U\$ 36 bilhões de dólares e também que a quantidade de sensores utilizados num veículo autônomo cheguem a 29 até 2030, tendo em vista que atualmente chegam a cerca de 17 sensores nos carros com características autônomas (SENSORS... , 2015). Abaixo serão detalhados os principais sensores que precisam trabalhar em conjunto com um carro autônomo.

⁶ <http://www.yole.fr/>

Figura 6 – Valores de mercado dos sensores para carros autônomos**SENSOR MODULES MARKET VALUE FOR AUTONOMOUS CARS FROM 2015 TO 2030 – IN US\$B***(Source: Sensors & Data Management for Autonomous Vehicles report, Oct. 2015, Yole Développement)*

Fonte: Sensor & Data Management for Autonomous Vehicles report, Oct. 2015, Yole Développement

2.1.3 Radar

Os radares surgiram primeiramente nos carros luxuosos, visando ser uma alternativa às câmeras e contribuindo na diminuição de colisões. Como visto na Figura 5, podem ser divididos em de longo alcance e de curto alcance. O radar funciona emitindo pulsos eletromagnéticos e realiza cálculos do pulso de retorno, verificando assim se tal objeto possui algum risco de colisão, informando ao condutor. Podem ser de grande importância em locais de baixa visibilidade, onde não se possa utilizar câmeras devido a não necessidade da luz para seu funcionamento. Através deles ainda é possível detectar o alcance, velocidade e tamanho de objetos que estão próximos e realizar controles através deles para que o carro diminua sua velocidade caso seja identificado algo (VALLABHANENI, 2014). Os Radares de longo alcance tem como principais funções a detecção de pedestres, anulação da possibilidade de colisão, freios de emergência e o Adaptive Cruise Control, que é um sistema de controle onde é possível calcular a distância para outro veículo em movimento, e sua média de velocidade, verificando se é possível ultrapassá-lo de acordo com a velocidade padrão que foi selecionada para o carro conduzir evitando qualquer tipo de acidente com outro carro (CASSE, 2015). Os Radares de curto alcance são de fundamental importância para evitar colisões traseiras, alertas de pontos onde não possuem visibilidade do

motorista, os “pontos cegos”. O Radar é muito mais leve que as câmeras e que o LiDAR, embora seja menos preciso. Nos próximos anos os valores de mercado dos Radares de carros autônomos vão elevar segundo pesquisas da Yole Developpement e como mostra no gráfico da Figura 6.

Figura 7 – Assistências quem um radar pode oferecer para um veículo



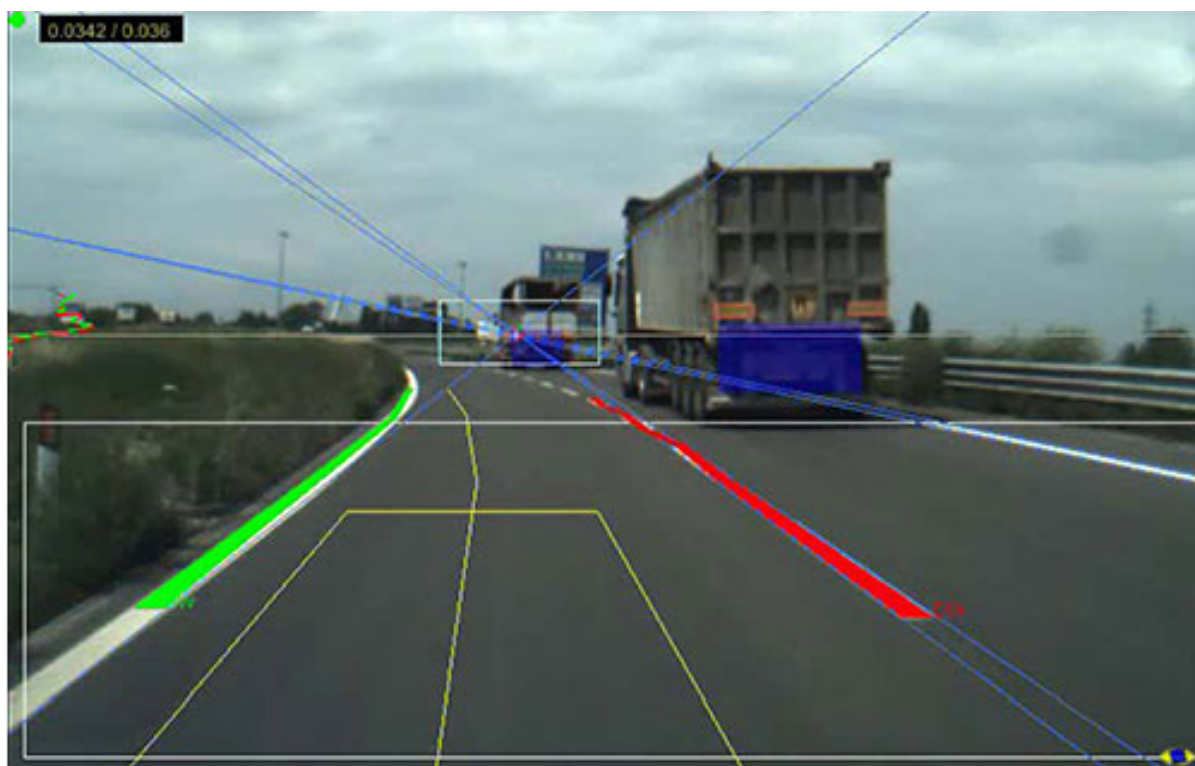
Fonte: Wireless Magazine

2.1.4 Câmeras

As câmeras são os sensores mais precisos, de um carro autônomo, pois podem identificar texturas e cores diferentes devido a capacidade de alta resolução que esse sensor pode oferecer (SANTO, 2016). São os sensores de menor custos. Possuem um grande nível de processamento devido a utilizarem grande quantidade de dados, pois é captada uma grande quantidade de imagens por segundo. Em comparação aos outros sensores, as câmeras têm a capacidade de ver semáforos e luzes emitidas por outros carros, e por ser o único sensor que tem essas características, é de fundamental importância. Em contrapartida, a variação de iluminação que ocorre pode prejudicar seu funcionamento, devido a sombras que podem se formar sobre alguns objetos e a baixa iluminação durante a noite, as luzes dos faróis podem não ser suficientes para a identificação de objetos. A visão das câmeras pode ser dividida em de máquina e computacional(TEMPLETON, 2013). A visão de máquina se restringe apenas a identificação das imagens como detecção de movimentos ou imagens para

medir distâncias. A visão computacional se refere a identificação de algum objeto ou pessoa. Possui maior semelhança com a visão humana. As previsões são que as câmeras tenham grande crescimento nos valores do mercado de acordo com o gráfico da Figura 6, e que em 2030 as câmeras surrounds, câmeras que identificam objetos e emitem alguma alerta para avisar sobre sua presença, sejam o sensor de maior valor dentre os sensores para carros autônomos.

Figura 8 – Visão de uma câmera que possua visão de máquina e visão computacional



Fonte: Point Grey

2.1.5 LiDAR

O LiDAR possui semelhança com o Radar, porém ao invés de emitirem ondas de rádio, eles emitem ondas de luz, permitindo assim um mapeamento do ambiente, e que seja realizado de forma mais precisa (NAPOL, 2016). Pode ser considerado o sensor mais importante da geração dos carros autônomos, pois vai permitir diminuição nos custos dos veículos e assim tornando mais acessível essa tecnologia (SANTO, 2016). É o que afirma a empresa Velodyne⁷, voltada para o desenvolvimento desses sensores, que está desenvolvendo uma versão menor e mais potente, com capacidade de visualizar até 200m de distância (HIGGINS, 2016). Os sensores são colocados no topo do carro para que possam gerar uma visão 360 graus do que está ao redor do veículo e gerar uma imagem 3D. Explicando de uma forma mais técnica, ele

⁷ <http://www.velodynelidar.com/>

emite uma luz infravermelha através de um laser, detecta o sinal refletido da célula fotoelétrica e captura as entradas e saídas para calcular a diferença de tempo entre os dois sinais. São gerados cerca de 2,8 milhões de pulsos de laser por segundo para analisar por completo o ambiente. Através de emissão de milhares de sinais é possível mapear a área ao redor do carro(WITTMANN, 2016). Uma grande vantagem do LiDAR é permitir que os carros funcionem da mesma forma no dia ou noite, não necessitando da luz para auxiliar no seu funcionamento. O mercado do LiDAR deverá evoluir constantemente nos próximos anos como é mostrado na Figura 6 onde se tem previsões até 2030 dos valores de mercado. Empresas como a Velodyne, citada anteriormente e a Quanergy⁸ tem recebido grandes investimentos de montadoras como a Ford⁹, Samsung¹⁰, Delphi Automotive¹¹ e Baidu¹² que chegam a ultrapassar a casa dos 100 milhões de dólares(VINCENT, 2016).

Tabela 1 – Principais características dos sensores

	Preci- são	Alcance	Custo	Prós	Contras
Radar	Média	Curto/Longo	Baixo	São os únicos sensores que podem identificar semáforos. Identificam os diferentes tipos de objetos que podem entrar em colisão com os veículos.	Só detecta objetos que possuam alto grau de reflexividade.
Câmera	Alta	Curto	Baixo		Necessidade de iluminação para que identifiquem os objetos.
LiDAR	Alta	Curto/Longo	Alto	Funcionam bem durante o dia e noite.	Custo elevado no momento, porém podem diminuir com o aumento no seu investimento.

2.1.6 Forecasts das principais montadoras

A crescente no mercado dos carros autônomos vai se tornando mais real com as informações geradas pelas empresas que pretendem seguir esse caminho. Quase todos os dias são informadas novidades referentes às evoluções nesse segmento pelas montadoras que pretendem ter carros completamente autônomos até 2020.

⁸ <http://quanergy.com/>

⁹ <http://www.ford.com/>

¹⁰ <http://www.samsung.com/br/home/>

¹¹ <http://www.delphi.com/>

¹² <http://www.baidu.com/>

Abaixo serão listadas as principais montadoras que desejam desenvolver carros com características autônomas até os próximos 5 anos, e as funcionalidades de cada nível de autonomia pretendido.

Delphi Automotive: Entrou em parceria com a Mobileye¹³ e juntos pretendem desenvolver carros autônomos com nível 4 de autonomia até 2019(HAWKINS, 2016).

Ford: Triplicou os investimentos em sistemas semi-autônomos e pretende desenvolver um carro totalmente autônomo(nível 5) até 2021(SAGE; LIENERT, 2016).

Volkswagen¹⁴: Pretende em 2018 lançar seu primeiro carro autônomo com nível 2 de autonomia(WARDLAW, 2016).

BMW¹⁵: Em parceria com a Mobileye, pretende até 2021 lançar um carro totalmente autônomo(nível 5 de autonomia)(KENNEDY, 2016).

Toyota¹⁶: Em parceria com a Microsoft¹⁷, pretende lançar carros semi-autônomos, que não possam ser substituídos por um motorista, mas que auxiliem na diminuição de acidentes. Carro com nível 3 de autonomia(HALL, 2016).

Audi¹⁸: Com objetivo de melhorar a experiência do motorista, e não substituí-lo, pretende em 2018 lançar um carro com nível 3 de autonomia(WORRAL, 2016).

Tesla¹⁹: Já possui veículos semi-autônomos no mercado. Ficou conhecida negativamente pela fatalidade ocorrida com um motorista que estava utilizando um dos seus carros semi autônomos e sofreu um acidente e faleceu(SINGHVI; RUSSELL, 2016). Apesar do ocorrido a empresa continua investindo no segmento de carros autônomos e pretende em 2018 possuir carros completamente autônomos(nível 5)(LAMBERT, 2016). O MIT listou o veículo entre as 10 tecnologias mais inovadoras do ano de 2016²⁰.

Nissan²¹ e Renault²²: Fizeram uma aliança para desenvolver veículos autônomos que ficou conhecida como Renault-Nissan Alliance. Pretendem em 2020 lançar pelo menos 10 veículos semi-autônomos, e até 2022 lançar um veículo completamente autônomo(NISSAN. . . , 2016).

Volvo²³: Já possuem modelos semi autônomos nas ruas e pretende em 2017 lançar 100 veículos completamente autônomos. Entrou em parceria com a Uber²⁴ para

¹³ <http://www.mobileye.com/>

¹⁴ <http://en.volkswagen.com/en.html>

¹⁵ <http://www.bmw.com/com/en/>

¹⁶ <http://www.toyota.com/>

¹⁷ <https://www.microsoft.com/>

¹⁸ <http://www.audi.com/en.html>

¹⁹ <https://www.tesla.com/>

²⁰ <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2016/>

²¹ <http://www.nissan.com/>

²² <https://group.renault.com/>

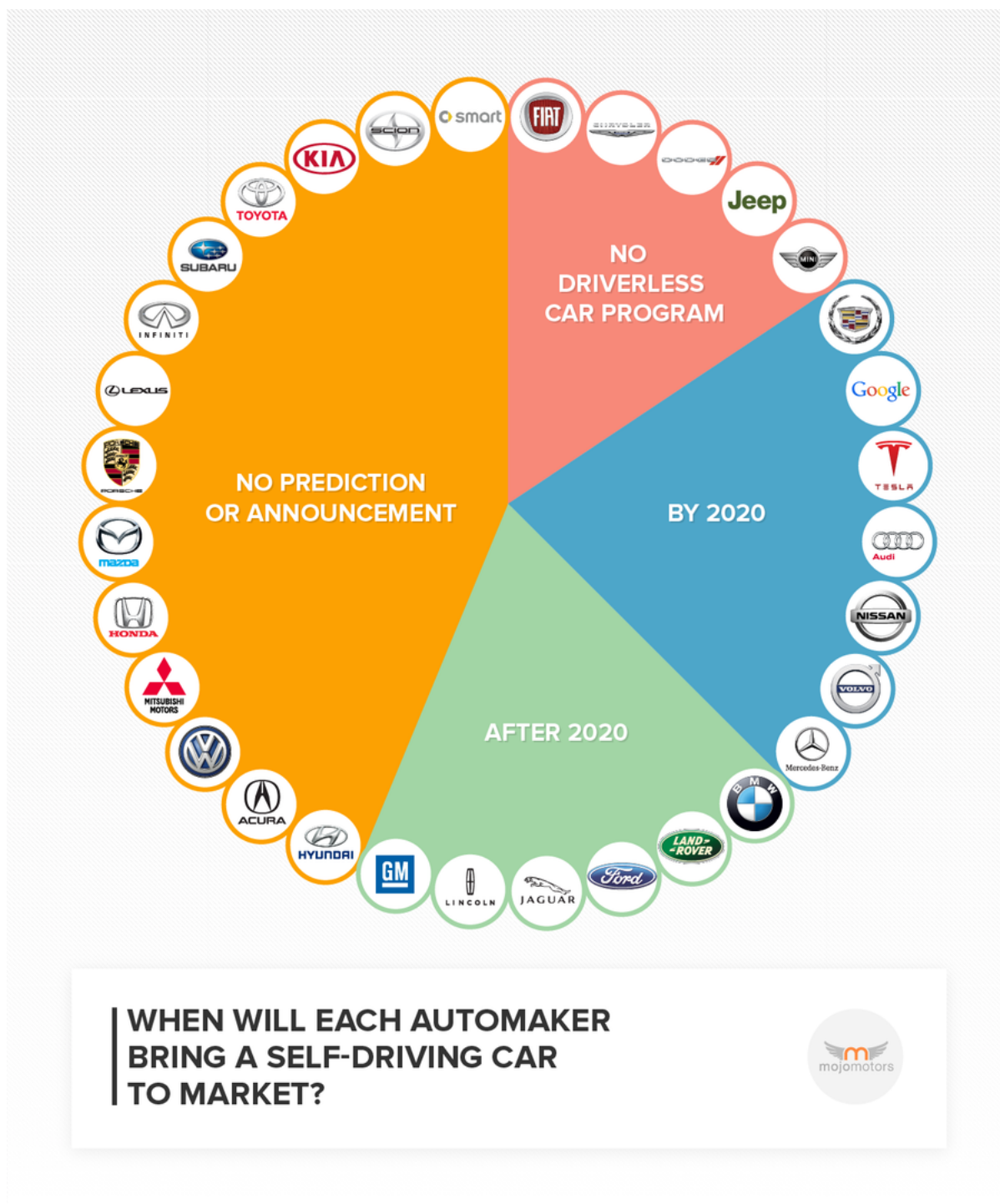
²³ <http://www.volvo.com/home.html>

²⁴ www.uber.com/

o desenvolvimento dos veículos(CHAFFIN, 2016).

Fiat Chrysler²⁵ - Não estipularam um ano de lançamento do seu modelo com características autônomas, porém será nos próximos 5 anos(PRESSE, 2016).

Figura 9 – Quando cada montadora deseja lançar um carro autônomo no mercado



Fonte: Mojo Motors

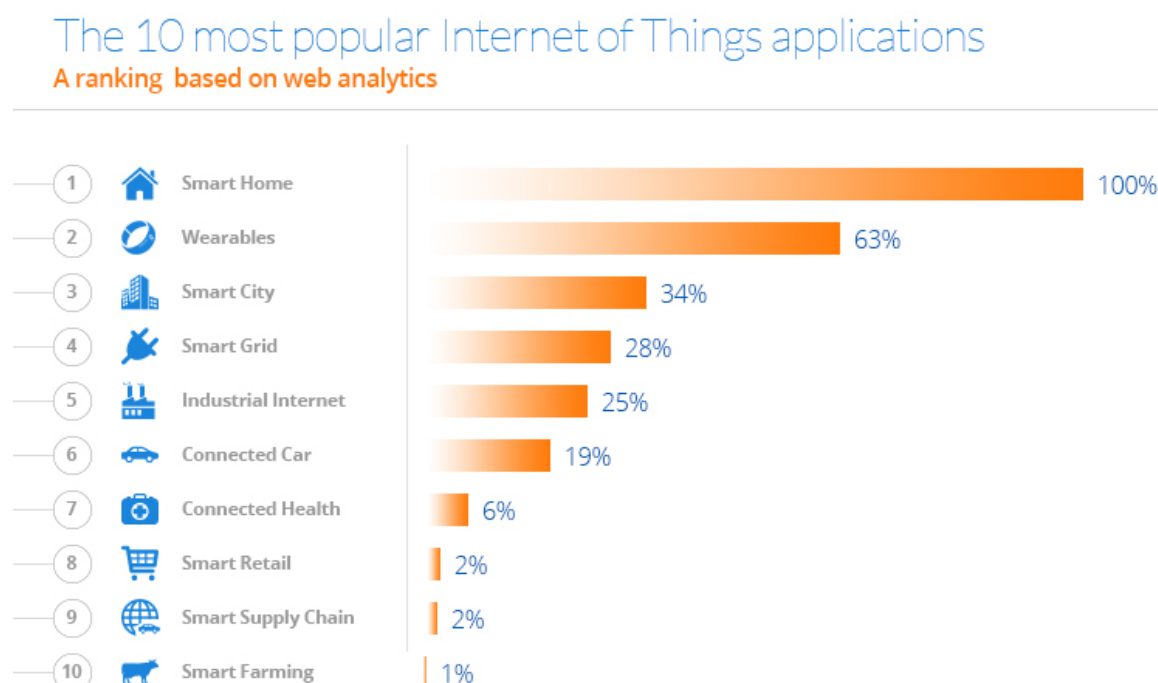
²⁵ <https://www.fcagroup.com/>

Os anúncios das montadoras Toyota, Fiat e Volkswagen foram realizados após as previsões da Figura 9. Além dessas previsões, é possível dizer que maioria dos veículos em 2035 serão completamente autônomos. O futuro dos carros autônomos não está distante (GARZA, 2011).

2.2 Internet das Coisas

O crescimento da “IoT” pelo mundo, vem transformando os modos convencionais de certas atividades, por trazer um conceito novo e tecnológico para o usuário. No mundo dos veículos não poderia ser diferente e eles acabam sendo afetados pelos benefícios da Internet das Coisas. Uma previsão realizada em 2013 pela GSMA²⁶, uma associação de operadoras de telecomunicação, previu que todos os carros fabricados em 2025 terão pelo menos um tipo de conexão. Empresas como a Intel, Ford, GM, e AT&T²⁷ formaram uma aliança chamada ADA (Application Developers Alliance) e já estão em busca de incentivar desenvolvedores, fornecendo estrutura para que os mesmos entendam a arquitetura e interface para o desenvolvimento de aplicativos que se comuniquem com o veículo (SCHMIDT, 2014). A seguir um ranking mostrando os 10 tipos de aplicações IoT mais populares:

Figura 10 – Ranking dos 10 tipos mais populares de aplicações IoT



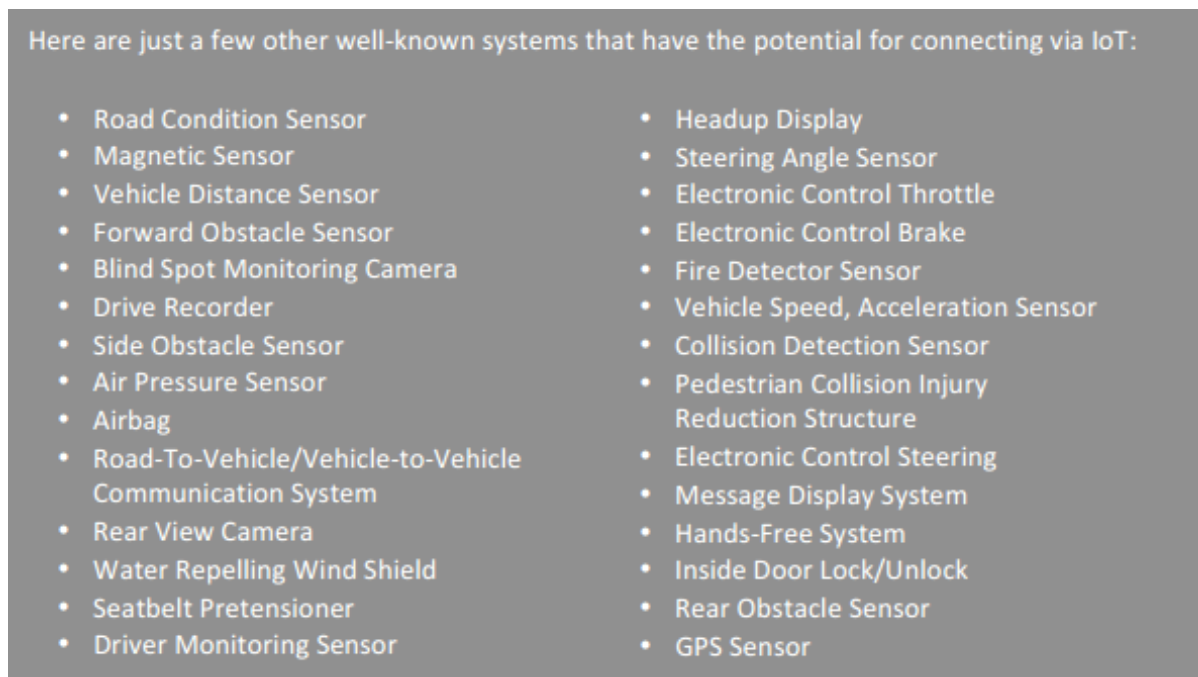
Fonte: IoT Online Store

²⁶ <http://www.gsma.com/>

²⁷ <https://www.att.com/>

As aplicações para carros conectados e cidades inteligentes, por possuírem certa relação se mostram com bons números relacionados a “IoT”. Pode se dizer que os carros conectados tenham certa ligação com as cidades inteligentes. A ADA listou 28 sensores de veículos que podem ser conectados via “IoT”:

Figura 11 – Sensores automotivos que podem se conectar via IoT



Fonte: ADA, Internet of Things: Automotive as a Microcosm of IoT

3 IoT x Carros Autônomos

A “IoT” está presente em vários componentes dos carros autônomos. Essa relação pode ser vista em alguns exemplos, como nos sensores conectados no carro, nos sistemas operacionais que suportam a tecnologia autônoma, no processamento de dados dos veículos para compreender quais as preferências de cada usuário e no reconhecimento da fala do usuário(IOT. . . , 2015). Pode também ser observada no meio externo dos veículos, como na comunicação com semáforos inteligentes e outros carros que possuam suporte em relação a essa tecnologia. Essas comunicações também são conhecidas como V2X(Veículo para todas as coisas), V2V(Veículo para veículo) e V2I(Veículo para infraestrutura) e serão muito comuns em um futuro com carros autônomos. É o que mostra a Intel¹, uma das maiores fabricantes de circuitos integrados, através de um infográfico sobre a possível arquitetura de funcionamento do sistema(IOT. . . , 2015). A Intel vem investindo milhões nas oportunidades que a “IoT” está oferecendo através dos carros autônomos. Através desses investimentos ela realizou a compra das empresas Yogitech², empresa Italiana especializada em realizar a segurança de chips implantadas em robôs e carros autônomos, e a Itseez³, empresa especializada em visão computacional na implantação de sistemas embarcados(INTEL’S. . . , 2016). É possível imaginar que as ambições relacionadas a esse mercado não se restrinjam apenas a essa empresa, o que mostra a necessidade do desenvolvimento dos carros autônomos e da “IoT”, ser realizado de forma conjunta.

“The move towards the IoT will promote a safer driving experience because the car is in control of itself and it is directly communicating with the on-going traffic and its environment, which takes away the chance of human error. Consumers who have self-driving vehicles powered by the IoT will enjoy the freedom to receive phone calls, send instant messages or scroll through their social media without worrying about how they are driving. In addition to the rate of auto collisions decreasing, an IoT powered car will transform the traditional driving experience, which requires significant attention, care and time. Road trips with family members will be a time for games and bonding. All passengers can take a nap during the ride. Searching for parking spaces will be the vehicle’s job. All of these benefits open up time for consumers to have more productive or relaxing hours during the day.”(IGBENOBA,)

¹ www.intel.com/

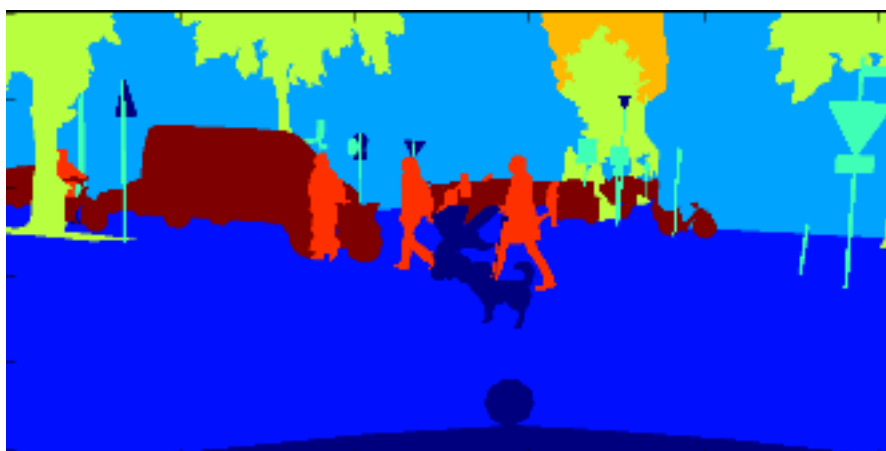
² www.yogitech.com/

³ <http://itseez.com/>

3.1 Visão Computacional

Quando se fala em carros autônomos as principais dúvidas que surgem é como ele identificará placas, sinais de trânsito, outros veículos e pedestres. Nesse contexto é que entra a importância da “IoT” como uma solução para esse problema. Através do sistema de visão computacional que permite ao carro, reconhecer a diferença entre cada objeto. A Nvidia⁴ desenvolve sistemas de computação que são capazes de prestar suporte para a visão computacional e separou em duas categorias de reconhecimento. Empresas grandes do mercado como a Audi, BMW, e Ford desejam utilizar o drive PX2⁵, principal drive para carros autônomos desenvolvido pela Nvidia. A Volvo já utiliza o sistema. Ele permite unificar os dados das câmeras, radar e LiDAR, permitindo que o carro autônomo tenha melhor compreensão do seu ambiente ao redor, identificando objetos estáveis e dinâmicos (SHAPIRO, 2016a). Os métodos de ensinamento utilizados pelos seus sistemas são considerados inovadores para que o carro possa compreender o que está ao seu redor. A segmentação semântica identifica cada tipo de objeto, e classifica cada um de uma forma diferente, por exemplo através de cores (SHAPIRO, 2016b).

Figura 12 – Visão semântica de um carro autônomo

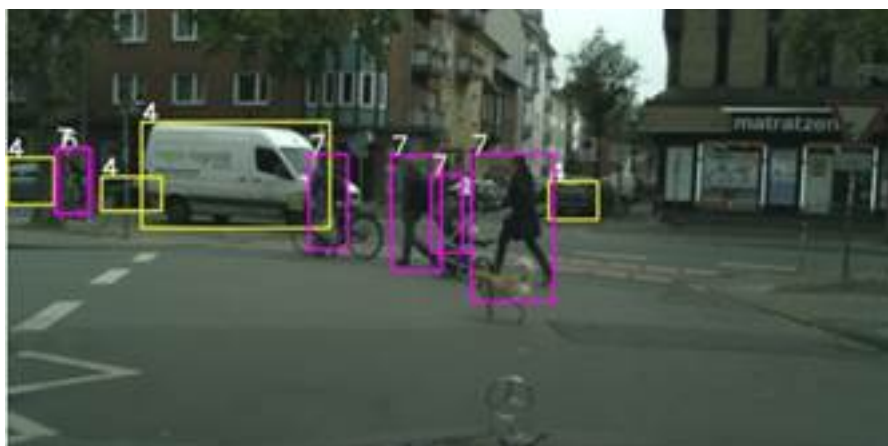


Fonte: Divulgação/Nvidia

E a detecção de objetos, que é uma forma de identificar o tamanho de cada objeto, como outros carros, semáforos, ciclistas, faixas de pedestre, pessoas e uma infinidade de outras “coisas” que possam aparecer ao redor do veículo.

⁴ <https://nvidia.com/>

⁵ <http://www.nvidia.com/object/drive-px.html>

Figura 13 – Detecção de Objeto de um carro autônomo

Fonte: Divulgação/Nvidia

Para chegar nesses resultados, a Nvidia precisou implantar uma rede neural, chamada de CNN(convolutional neural network), no drive PX 2 para implantar em um carro autônomo. Através dessa implantação foram realizados testes repetitivas vezes para que a rede pudesse aprender como se deve comportar em determinadas situações. O método utilizado para esse aprendizado é chamado de *deep learning*, um método onde o computador aprende através da observação de dados, e poderá pensar e saber como agir corretamente. O drive PX 2 da Nvidia, tem a capacidade de realizar 24 trilhões de operações em *deep learning* por segundo. A CNN foi capaz de aprender como o carro deve se comportar na estrada, detectando as marcas na pista e o percurso a se fazer mesmo em pistas com baixa sinalização, a detecção da segmentação semântica, controle de direção, além de realizar o planejamento do percurso. Ainda foi aprendido como se comportar em estradas em condições climáticas diferentes, como chuvosas, ensolarada e nebulosas. Muito se avançou nesse processo com os avanços matemáticos e das máquinas, porém ainda é necessário aprimorar os métodos de aprendizados da máquina. O drive PX 2 possui conexão com a internet, e a cada aprendizado recebido, ele transfere as informações recebidas para um imenso banco de dados, o que acaba aumentando seu aprendizado e contribuindo para as decisões dos veículos que possuem acesso a essa mesma rede(THÉ. . . , 2016).

3.2 Comunicação

A comunicação realizada pelos veículos autônomos se tornou outro fator de bastante questionamento para o seu desenvolvimento. Como será possível que ele saiba qual a velocidade dos carros próximos, ou quando for preciso reduzir a velocidade devido a lombadas eletrônicas ou sinais? Neste cenário, dois tipos de comunicações se mostram de grande importância para garantir a segurança: Comunicação de veículo

para veículo(V2V) e comunicação de veículo para a infraestrutura(V2I). Problemas como tráfego intenso em rotas alternativas e falhas suscetíveis na rede de comunicação entre os carros e a infraestrutura, como por exemplo em um cruzamento sem semáforo, qual carro deveria passar primeiro e como eles iriam se comunicar são alguns dos principais questionamentos em relação a comunicação(RIENER, 2014). Outro item de grande importância para a comunicação entre os carros autônomos é a necessidade de um suporte a tecnologia 5G. Algumas empresas como a BMW colocam o 5G como algo de fundamental importância para a inserção de veículos no meio urbano(FINNEGAN, 2014). É necessário possuir uma conexão que possa funcionar em diversos lugares e que seja de ótima qualidade. Ulf Ewaldsson, vice-presidente da Ericsson⁶ afirmou que pode haver uma dependência entre os carros autônomos e a conexão 5G(FINNEGAN, 2014).

O DSRC(Dedicated short-range communications) é uma tecnologia que pode ser utilizada para realizar a comunicação V2V e V2I. De acordo com o Departamento de Transportes dos EUA, o DSRC pode ser definido como “ uma capacidade de comunicações sem fios de curto e médio alcance que permite a transmissão de dados entre veículos e a infraestrutura”(KATTA, 2016).

3.2.1 VXV, VXi e VXX

A comunicação entre V2V se dá através de melhoria no canal de rede WiFi padrão(IEEE 802.11 para a IEEE 802.11p), e assim possibilita o suporte para sistemas ITS(Intelligent Transportation System), permitindo a troca de dados entre veículos que estejam em movimento e também com a infraestrutura das estradas(FILIPPI et al., 2016). Os carros autônomos devem ter sistemas e sensores integrados internamente e devem se comunicar com estradas, semáforos e outros veículos autônomos(MCBRIDE, 2015). O IEEE 802.11p atende cada exigência da comunicação V2X, e já estão sendo realizados testes em eventos organizados pela ETSI(European Telecommunications Standards Institute) para otimizar o sistema. Outro projeto que busca desenvolver a comunicação entre os carros autônomos é o projeto UK Autodrive⁷, no qual recebeu um financiamento de cerca de 22 Milhões de Euros(APPT; LIVESEY, 2016). Empresas como a Ford, Jaguar⁸ e Land Rover⁹ se uniram para desenvolver as conectividades entre a infraestrutura e os carros autônomos. O projeto está sendo realizado no Reino Unido e terá duração até 2018(O'HARE, 2016).

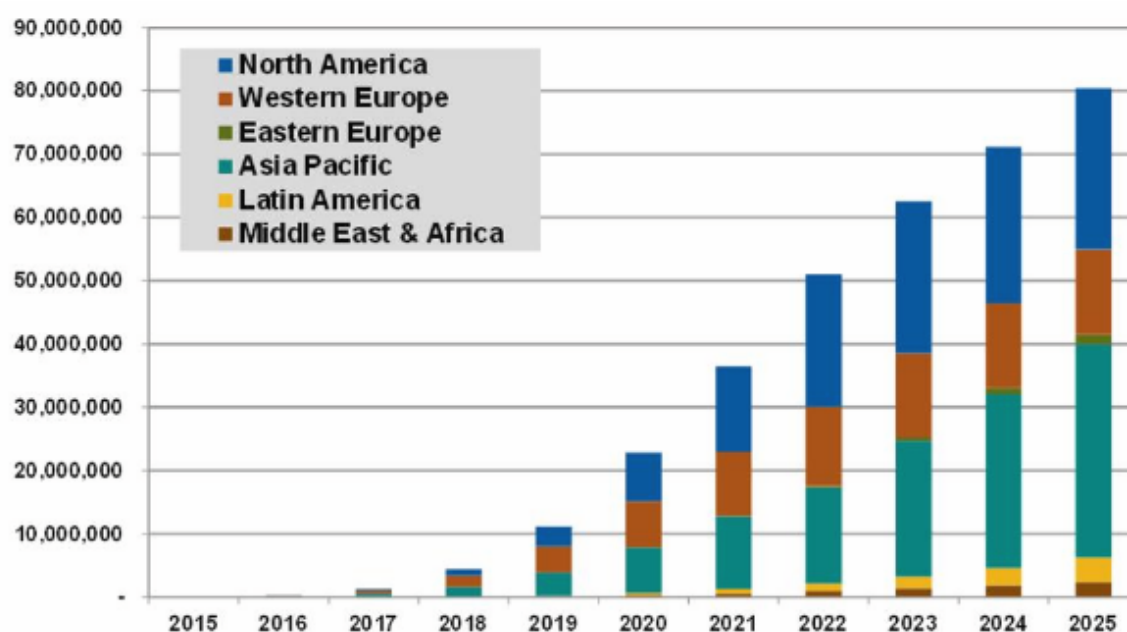
⁶ <https://www.ericsson.com/>

⁷ <http://driveproject.org.uk/>

⁸ <http://www.jaguar.com/index.html>

⁹ www.landrover.com/

Figura 14 – Previsão das vendas anuais de veículos comerciais com capacidade de comunicação V2V



Fonte: Navigant Research

O projeto UK Autodrive ainda tem como tecnologia sendo desenvolvida, a chamada “Green Light Optimal Speed Advisory”, onde é realizada a comunicação wireless entre os veículos e um sistema que contenha o período de tempo em que é necessário para que o sinal fique verde. Através dessas informações, é informada uma velocidade média para que o condutor siga sem ter que parar consecutivas vezes em vários sinais. Os próximos 5 anos serão fundamentais para se ter respostas referentes às barreiras e desconfiças que as comunicações V2V e V2I precisarão superar(MILLER, 2015). Algumas das principais preocupações são a viabilidade técnica, privacidade, as estimativas de benefícios de custo e a segurança.

3.2.1.1 V2V

A comunicação V2V é a de maior importância para evitar acidentes entre veículos autônomos, pois é através da interação entre os veículos que eles poderão receber informações relacionadas a localização e velocidade dos outros veículos, e no caso de ser um veículo autônomo pode até saber o que o carro que está próximo deseja fazer. A Delphi Automotive possui um sistema, chamado de V2Everything, que possui compartilhamento de diversas informações, como alertas de perigos em estradas próximas e fluxo de veículos(CROWE, 2015). O primeiro veículo com esse tipo de comunicação está programado para sair em 2017, pela Cadillac¹⁰(BOOTH,

¹⁰ <http://www.cadillac.com/>

2016). A ideia é implantar o sistema V2V em carros autônomos. Alguns dos requisitos listados pelo diretor de tecnologia da Delphi, Jeff Owens, para alcançar os serviços, seriam os fatos de alcançar um maior nível de segurança dos dados, a fusão dos sensores automotivos, plataformas de conectividade, além de um software bastante avançado(BIGELOW, 2015). A Mercedes-Benz¹¹ também deseja lançar um carro com essa comunicação em 2017. Algo essencial para que a V2V se consolide é que a comunicação seja realizada diretamente entre os carros, ao invés de ser através da “nuvem”. Os sistemas V2V podem alertar os motoristas de perigos, emitindo luzes de advertência e alertas sonoros, além de ser possível fazer com que os carros parem automaticamente em situações de emergência, independente da reação do condutor. O MIT¹² listou essa tecnologia entre as 10 mais inovadoras do ano de 2015¹³.

3.2.1.2 V2I

A comunicação V2I se mostra de maior importância para a melhoria do fluxo de veículos e economia de combustível. Através da troca de informações com a infraestrutura, como semáforos, é possível que o veículo estabeleça uma velocidade média para seguir seu percurso sem ser necessário que pare em sinais de trânsito e que ainda economize combustível, visto que se um carro mantém uma velocidade média o consumo é de menor quantidade, além de diminuir a emissão de poluentes. Ainda é possível através da V2I que os veículos saibam quando for necessário fazer uma curva mais acentuada devido a comunicação com estradas e GPS, ou alguma informação sobre acontecimentos nas rodovias e suas condições(SNAPDRAGON. . . , 2015). Através dessa comunicação o veículo poderia como exemplo, procurar vagas de estacionamento antes mesmo de chegar no local desejado.

3.2.1.3 V2X

A comunicação V2X é vista como a junção da comunicação V2V e V2I. Ela unifica a troca de informações de ambas as comunicações para que os carros autônomos possuam maior qualidade nas suas decisões. Além da V2V e V2I, ainda pode-se incluir nesse tipo de comunicação, as comunicações V2P(Veículo para pedestre) onde os motoristas, pedestres ou ciclistas podem receber advertências através de seus smartphones, referente a colisões que possam ocorrer. E a comunicação V2C(Veículo para a Nuvem) onde são recebidas informações para o veículo, como atualizações do sistema, autenticações de segurança, localizador de vagas em estacionamentos e serviços de veículos conectados. A V2X é considerada a tecnologia chave para permitir a infraestrutura de veículos totalmente autônomos(SNAPDRAGON. . . , 2015).

¹¹ <https://www.mercedes-benz.com/en/>

¹² <https://www.technologyreview.com/>

¹³ <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2015/>

Tabela 2 – Características de cada tipo de comunicação

Características	
V2X	Comunicação do veículo para todas as “coisas” conectadas, como semáforos, veículos, garagens e casas. Engloba os outros tipos de comunicação listados na tabela. Com a integração entre V2V e V2I será possível transformar a condução autônoma uma realidade segundo a Visiongain ^a .
V2V	Comunicação de veículo para veículo, onde um carro pode transmitir informações como localização, velocidade e direção para outros carros, fornecendo avisos e informações para outro veículo. Contribui na tomada de decisão para a diminuição de colisões.
V2I	Comunicação do veículo com a Infraestrutura, onde o carro recebe informações como condições de trânsito e condições das estradas, ajudando o carro a economizar gasolina, reduzir a emissão de poluentes e diminuir o tráfego de veículos.

^a <https://www.visiongain.com/>

3.2.2 Conexão DSRC

O DSRC se mostra de grande importância para realizar a comunicação V2X, pois através dele é possível que um veículo se comunique com outros que estejam numa média/curta distância do mesmo. Com características como elevada velocidade de transmissão de dados, baixa latência, alta confiabilidade, interoperabilidade, segurança e privacidade o DSRC é capaz de se comunicar através da rede WiFi e trocar informações em alta velocidade (KATTA, 2016). Empresas como a Delphi Automotive realizaram testes nos seus veículos com essa tecnologia e obtiveram resultados positivos. A entrada do DSRC no mercado se aproximou ainda mais após esses testes. Previsões realizadas pela MarketsandMarkets¹⁴ mostraram que o crescimento no mercado dessa tecnologia nos próximos anos será bastante elevada (HAMMERSCHMIDT, 2016).

Tabela 3 – Aplicações do DSRC nas comunicações V2V e V2I

V2V	V2I
Alerta de colisão frontal	Prioridade no sinal de trânsito
Alerta sobre “ponto cego” do veículo	Antecipar identificação de veículo de emergência
Alerta de mudança de faixa	Alerta sobre velocidade em curvas

¹⁴ <http://www.marketsandmarkets.com/>

V2V	V2I
Alerta para evitar acidentes em cruzamentos	Alertas sobre determinadas zonas
<i>Adaptive Cruise Control</i>	Sistemas de estacionamento

Fonte: Savari Networks

3.2.3 O 5G no futuro

Para que um carro autônomo tome decisões de forma rápida e correta é necessário uma conexão que possa suportar esse serviço. Algumas montadoras como a BMW, Audi e Daimler¹⁵ já estão realizando parceria com empresas de telefonia móvel, como a Ericsson, Huawei¹⁶, Nokia¹⁷ e Qualcomm¹⁸. Juntando ainda a Intel, todas essas empresas reunidas anunciaram a formação da *5G Automotive Association* para que possam desenvolver e padronizar a quinta geração de comunicação sem fio de alta velocidade. O grupo afirma que a 5G poderá melhorar a comunicação entre veículos em situações críticas, tornando a condução mais segura, atendendo as necessidades de mobilidade e segurança. Ainda tem como benefícios a facilidade da regulamentação e certificação dos veículos autônomos (KENNEDY, 2016). É de fundamental importância que exista uma comunicação com o software hospedado na nuvem para que possa realizar o monitoramento e controle do veículo. Um bom exemplo é a parceria entre Scania¹⁹ e Ericsson, onde a Scania pretende lançar uma frota de ônibus autônomos. A frota possui infraestrutura celular para se comunicar com um sistema remotamente, hospedado na nuvem (5G... , 2016). Com a 5G será possível trabalhar com maior quantidade de dados e maior velocidade de processamento, além da possibilidade da quantidade de dispositivos conectados ser elevada. Montadoras como a Honda, Volvo e Nissan demonstram interesse em ter seus veículos equipados com 5G. o 5G terá papel significante no desenvolvimento dos carros autônomos.

¹⁵ <https://www.daimler.com/en/>

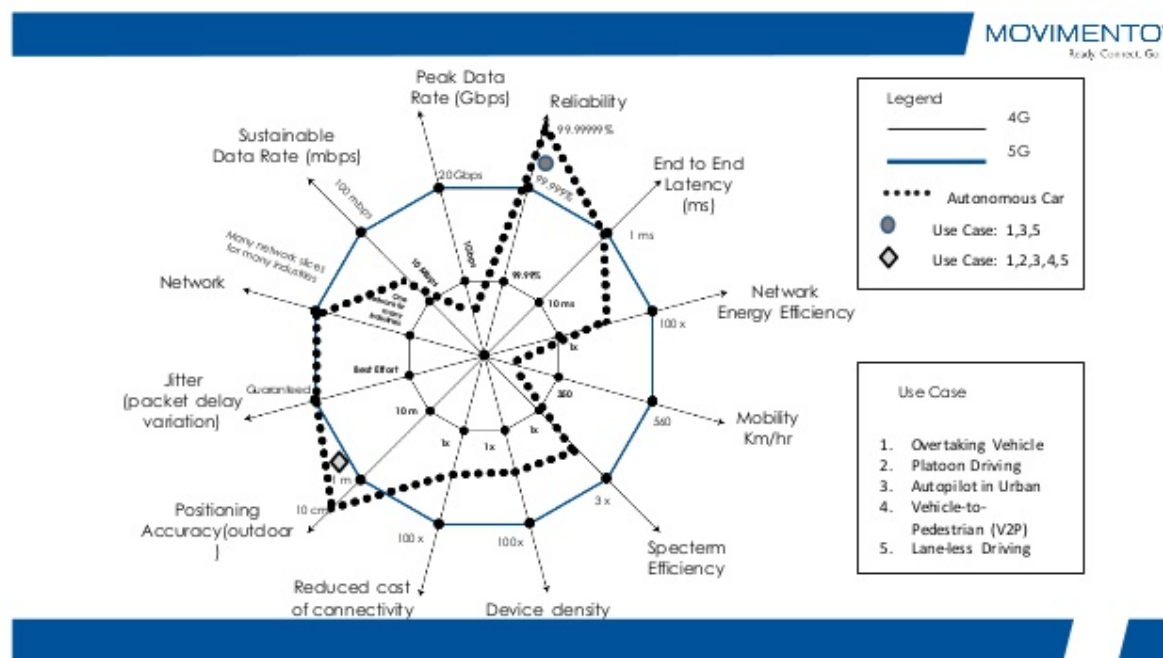
¹⁶ <http://www.huawei.com/en/>

¹⁷ http://www.nokia.com/pt_int

¹⁸ <https://www.qualcomm.com/>

¹⁹ <https://www.scania.com/>

Figura 15 – Comparativo entre 5G, 4G e o que um carro autônomo precisa



Fonte: Movimento Group

4 Cenários Futuros

Abaixo serão formulados três cenários que serão baseados no conhecimento que foi adquirido através das pesquisas realizadas e todo o referencial teórico que foi levantado. Os cenários foram formulados pensando num período de 20 anos a partir da realização deste trabalho. Os cenários foram divididos em:

- Otimista: Cenário onde é possível dizer que os avanços serão maiores do que o esperado.
- Realista: Cenário intermediário onde pode ser considerado o mais provável de acontecer.
- Pessimista: Cenário onde é mostrado que os avanços serão menores do que o esperado.

4.1 Cenário Otimista: A união perfeita entre “IoT” e carros autônomos

Pensando em um cenário que pode ser considerado “utópico”, porém caso os avanços tecnológicos sejam conquistados antes mesmo do esperado, podemos imaginar nesse cenário, onde os carros autônomos seriam o futuro do transporte, sendo o principal meio de mobilidade individual (RIENER, 2014). Os veículos teriam que ser otimizados para um nível onde fosse possível ocorrer a transmissão de todas as informações entre o veículo, motorista e a infraestrutura de forma ágil. Nesse cenário essa transmissão de dados precisariam ser de alta velocidade e baixa latência, ocorrendo através de conexões 5G, que já estariam em pleno funcionamento. Informações como condições das estradas e climáticas seriam recebidas pelos carros rapidamente, para que o mesmo pudesse identificar a melhor rota a seguir, somando ainda a isso a comunicação do veículo com o condutor para que o veículo se adaptasse aos pensamentos e expectativas. Por exemplo, o caso de que um motorista esteja numa emergência, o veículo identificaria esse caso, e já se comunicaria com outros veículos na estrada através da V2V, para que os mesmos liberassem espaços na pista. Além disso os veículos encontrariam vagas de estacionamento antes mesmo de chegar no local, por ser possível se comunicarem com a nuvem, e receber informações de locais onde seria possível estacionar. A sinalização física seria reduzida, visto que o carro receberia informações relacionadas as vias. O transporte de mercadorias seriam todos realizados através de veículos autônomos, e os custos de transportadoras de carga seriam diminuídos. O mesmo para táxis, onde seria solicitado pelo usuário um veículo para transportá-lo, diminuindo o custo das frotas de veículos. A comunicação V2V e V2I se

tornariam peça padrão dos carros autônomos. Outra opção seria a possibilidade de alugar veículos autônomo por algumas horas ou por um período. O veículo seria de propriedade da empresa responsável pelo serviço.

Outro ponto importante seria a possibilidade de customização do sistema de acordo com o motorista. Caso o motorista fosse mais conservador no trânsito ou mais agressivo seria possível configurar de acordo com essas características. No caso em cruzamentos onde não houvesse sinais, os veículos se comunicariam, e dariam preferência ao veículo de menor porte. Os sinais seriam todos sincronizados e se comunicariam com o veículo, informando a velocidade média na qual se deve seguir para não ser preciso estar parando o carro diversas vezes, ocasionando assim um maior fluxo de veículos e economizando combustível, o que traria benefícios para o meio ambiente. Os motoristas poderiam ter mais tempo de lazer nos veículos, podendo realizar atividades que antes não seriam possíveis através de veículos com nível 0 de autonomia.

A emissão de gases poluentes seriam reduzidas, tornando o planeta com um maior nível de sustentabilidade. Os índices de acidentes seriam minimizados de forma bastante elevada, gerando maior segurança ao se utilizar os carros como meio de transporte.

4.2 Cenário Realista: O caminho do meio

No cenário realista, onde se assemelha mais com o atual e o caminho provável que devem seguir, os carros autônomos mostram que ainda enfrentarão grandes dificuldades, que chegarão a ser de níveis culturais, até níveis tecnológicos. Empresas estariam em constante evolução, porém alcançariam um desenvolvimento limitado da tecnologia. Comunicações entre veículos e infraestrutura seriam limitadas, ainda assim ocorrendo algumas falhas como em cruzamentos. Os carros ainda precisariam do auxílio do condutor em algumas situações, tornando a experiência semi-autônoma. Algumas características autônomas como a capacidade do veículo estacionar o carro em uma vaga sozinho, *Adaptive Cruise Control* e freios de emergência seriam possíveis de acontecer de forma correta. Algumas outras onde fossem exigidas maior nível de conectividade e tempo de resposta teriam mais dificuldades em locais onde não existam cobertura de conexão 4G, pois a tecnologia 5G não conseguiria se adaptar aos veículos autônomos, e a comunicação DSRC não estaria amplamente aderida.

Os usuários dos carros autônomos no início não iriam aprovar a possibilidade de ter um carro que possua autonomia, porém ao conhecer melhor iriam começar a aceitar e ter vontade de adquirir um. Alguns não iriam querer de forma nenhuma ter um veículo autônomo, pelo fato do prazer que sentem ao dirigir um veículo ou mesmo por barreiras culturais onde não aceitariam um veículo que dirige sozinho. Ainda existiriam

barreiras judiciais a serem quebradas, para que fosse permitido dirigir um carro sem as duas mãos no volante.

As comunicações V2I também se dariam de forma limitada, apresentando ainda falhas na sincronização de dados com semáforos e rodovias, sendo recebidas as informações algumas vezes de forma demasiadamente lenta. Informações sobre condições de pistas ou melhores rotas também funcionariam de forma mediana, as vezes não trazendo a melhor rota para que o usuário possa seguir, em relação ao fluxo de veículos ou as condições da pista. Acidentes seriam minimizados, porém não como o esperado.

4.3 Cenário Pessimista: O futuro que não deu certo para os carros autônomos

Em um cenário pessimista, onde tudo que acontecesse com os carros autônomos seja abaixo do esperado, essa tecnologia poderia trazer um caos para as montadoras que estivessem desenvolvendo esses veículos. Compras abaixo da previsão esperada e não aceitação do usuário poderiam trazer muitos números negativos. Primeiro pela imaginação de achar que ter um carro autônomo iria fazer com que o prazer em dirigir deixasse de existir.

Os carros autônomos não conseguiriam se comunicar de forma clara com a infraestrutura e com outros veículos, ou se comunicariam de forma confusa, devido ao baixo nível de conectividade que existiria. Isso poderia fazer com que muitos veículos autônomos recebessem uma rota alternativa para algum percurso, o que ocasionaria um grande fluxo de veículos na rota alternativa, podendo não torná-la uma boa opção. A gestão de tráfego não ocorreria. Os carros entrariam em colisões em cruzamentos por não saber quem deveria passar primeiro e o sistema ser propenso a falhas. Os condutores ficariam irritados por desejarem ultrapassar alguns veículos mais lentos a frente, porém o carro autônomo não permitiria por não saber como se portar nessas situações.

A falta de segurança e de auditoria dos sistemas de comunicação fariam com que hackers pudessem controlar os veículos, além de sinais de trânsito, tornando a experiência de ter um carro autônomo algo caótico. A vulnerabilidade alta do sistema de um veículo autônomo, poderia causar acidentes, levando o condutor a correr sérios riscos.

Os condutores que comesçassem a dirigir na geração dos carros autônomos, acabariam tendo pouca experiência de condução. Em momentos onde fosse necessário controlar o carro, não teriam condições de tomar a melhor decisão. Quando ocorresse acidentes o veículo não conseguiria se comunicar com alguma central de emergência devido a suas limitações de comunicação. As empresas responsáveis pelo

veículo seriam culpadas e receberiam diversos processos judiciais, tendo que pagar indenizações para as pessoas que utilizaram seu serviço e não funcionou da forma esperada. A perspectiva de um carro sem motorista para alguns seria completamente inaceitável.

5 Conclusão e Trabalhos Futuros

Com a análise realizada, foi possível verificar que os carros autônomos deixaram de ser apenas uma projeção do futuro e se tornarão realidade. Em conjunto com isso, a Internet das Coisas será uma aliada dessa tecnologia, pois está em constante evolução e fará com que seja fornecida infraestrutura para esse desenvolvimento.

As comunicações entre o veículo autônomo e tudo que o cerca serão a chave principal para que estejamos mais próximos dessa realidade. A Internet das Coisas permitirá que o condutor tenha mais liberdade para outras atividades quando estiver no carro, não tendo que se concentrar principalmente na atividade de dirigir. O modo convencional de condução será alterado drasticamente.

É possível através dos cenários desenvolvidos nessa análise, inferir muitas características positivas que os carros autônomos, junto com a “IoT”, poderão auxiliar no seu desenvolvimento. Porém surgem muitos questionamentos de aspectos negativos, que podem causar algumas dúvidas sobre se os veículos autônomos trarão apenas benefícios para o ambiente no qual serão inseridos. O esperado é que no início surjam alguns resultados negativos, porém como o passar dos anos a tecnologia seja aperfeiçoada e traga grandes benefícios para o usuário.

Como limitação da pesquisa, pode ser citada a falta de troca de informações com alguém especialista da indústria automotiva, sendo utilizado apenas o referencial teórico para o desenvolvimento dos cenários.

Tendo em vista os resultados obtidos nessa análise, trabalhos futuros podem ser realizados com o objetivo de aprofundar melhor o conhecimento entre as tecnologias DSRC e 5G, traçando comparativos, e visando qual tecnologia se aplicaria melhor, não esquecendo de levar em conta o custo/benefício no futuro dos carros autônomos. Outro trabalho que poderia ser de grande relevância, seria analisar como as *smart cities* (cidades inteligentes) estão se preparando para adaptar suas estruturas para receber os veículos autônomos.

Referências

- 5G Powering autonomous vehicles: Automotive industry case study. 2016. Disponível em: <<https://www.ericsson.com/thinkingahead/the-networked-society-blog/2016/08/26/5g-powering-autonomous-vehicles-automotive-industry-case-study/>>. Acesso em: 27/11/2016.
- APPT, S.; LIVESEY, N. Connected and Autonomous Vehicles: The emerging legal challenges. 2016.
- BIGELOW, P. *Combine a self-driving car with V2V, and here's what happens*. 2015. Disponível em: <<http://www.autoblog.com/2015/12/12/autonomous-car-delphi-v2v-vehicle-ces/>>. Acesso em: 27/11/2016.
- BIMBRAW, K. Autonomous Cars: Past, Present and Future. *Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, 2014.
- BMW se alia a empresa israelense para ter carro autônomo em 5 anos. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2016/07/bmw-se-alia-empresa-israelense-para-ter-carro-autonomo-em-5-anos.html>>. Acesso em: 01/12/2016.
- BOOTH, D. *Forget self-driving cars, this technology could save lives*. 2016. Disponível em: <<http://driving.ca/cadillac/auto-news/news/forget-self-driving-cars-heres-the-tech-that-could-save-your-life>>. Acesso em: 01/12/2016.
- BOWEN, J. *Autonomous Vehicle Business Models: How Will You 'Own' One?* 2016. Disponível em: <<http://informationcounts.com/autonomous-vehicle-business-models-how-will-you-own-one/>>. Acesso em: 04/12/2016.
- CASSE, B. *Self-driving cars need better 'digital eyes' to detect pedestrians*. 2015. Disponível em: <<http://blogs.parc.com/2015/10/self-driving-cars-need-better-digital-eyes-to-detect-pedestrians/>>. Acesso em: 04/12/2016.
- CHAFKIN, M. *Uber's First Self-Driving Fleet Arrives in Pittsburgh This Month*. 2016. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com/news/features/2016-08-18/uber-s-first-self-driving-fleet-arrives-in-pittsburgh-this-month-is06r7on>>. Acesso em: 05/12/2016.
- CROWE, S. *Delphi V2Everything System Makes Self-Driving Cars Smarter*. 2015. Disponível em: <http://www.robotictrends.com/article/delphi_v2everything_system_makes_self_driving_cars_smarter>. Acesso em: 27/11/2016.
- EVANS, D. The Internet of Things, How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. 2011.
- FILIPPI, A. et al. *Why 802.11p beats LTE and 5G for V2x*. 2016. Disponível em: <<http://www.automotive-eetimes.com/design-center/why-80211p-beats-lte-and-5g-v2x>>. Acesso em: 15/11/2016.
- FINNEGAN, M. *BMW: 5G is key to self-driving car deployment*. 2014. Disponível em: <<http://www.computerworlduk.com/it-vendors/bmw-5g-could-be-key-self-driving-car-deployment-3501253/>>. Acesso em: 27/11/2016.

- GANNES, L. *Google's New Self-Driving Car Ditches the Steering Wheel*. 2014. Disponível em: <<http://www.recode.net/2014/5/27/11627262/googles-new-self-driving-car-ditches-the-steering-wheel>>. Acesso em: 01/12/2016.
- GARZA, A. *Look Ma, No Hands: Wrinkles and Wrecks in the Age of Autonomous Vehicles*. 2011.
- HALL, L. E. *Toyota's Approach to Self-Driving Cars: Assist Drivers, Don't Replace Them*. 2016. Disponível em: <<http://www.hybridcars.com/toyotas-approach-to-self-driving-cars-assist-drivers-dont-replace-them/>>. Acesso em: 20/11/2016.
- HAMMERSCHMIDT, C. *DSRC No Dead End, Says Autotalks CTO*. 2016. Disponível em: <http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1330900>. Acesso em: 09/10/2016.
- HAWKINS, A. *Delphi and Mobileye are teaming up to build a self-driving system by 2019*. 2016. Disponível em: <<http://www.theverge.com/2016/8/23/12603624/delphi-mobileye-self-driving-autonomous-car-2019>>. Acesso em: 05/12/2016.
- HIGGINS, S. *Velodyne Solid-State Hybrid Ultra PUCK Auto LiDAR Debuts at CES*. 2016. Disponível em: <<http://www.spar3d.com/news/lidar/vol14no1-velodyne-solid-state-ultra-puck-debuts-at-ces-2016/>>. Acesso em: 04/12/2016.
- IGBENOBA, A. *Autonomous Vehicles and the Internet of Things*. Disponível em: <<http://informationcounts.com/autonomous-vehicles-and-the-internet-of-things/>>. Acesso em: 04/12/2016.
- INTEL'S Push In Autonomous Cars To Expand Its IoT Opportunities. 2016. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/greatspeculations/2016/05/31/intels-push-in-autonomous-cars-to-expand-its-iot-opportunities/#6d2fd8ff6ce3>>. Acesso em: 15/10/2016.
- IOT Automotive – Self-driven Cars, In-Car Infotainment and Everything about Connected Cars and Transportation. 2015. Disponível em: <<http://www.iottechworld.com/automotive>>. Acesso em: 04/12/2016.
- KATTA, N. *DSRC RADIOS FOR CONNECTED VEHICLES*. 2016. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/en/document/view/5551040/dsrc-radios-for-connected-vehicles>>. Acesso em: 01/12/2016.
- KENNEDY, J. *BMW: 'Supercomputers, AI and 5G crucial to make self-driving real'*. 2016. Disponível em: <<https://www.siliconrepublic.com/machines/bmw-autonomous-cars-web-summit>>. Acesso em: 20/11/2016.
- LAMBERT, F. *Tesla announces all production cars now have fully self-driving hardware*. 2016. Disponível em: <<https://electrek.co/2016/10/19/tesla-fully-autonomous-self-driving-car/>>.
- MCBRIDE, N. The Ethics of Driverless Cars. *SIGCAS Computers & Society*, v. 45, 2015.
- MILLER, J. *The Future of Driverless Vehicles (Roundtable)*. 2015. Disponível em: <<http://www.livescience.com/52875-the-future-of-driverless-vehicles.html>>. Acesso em: 17/11/2016.

- NAPOL, I. *Ford e Baidu investem US\$ 150 milhões em tecnologia para carros autônomos*. 2016. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/ford/108477-ford-baidu-investem-us-150-milhoes-tecnologia-carros-autonomos.htm>>. Acesso em: 15/10/2016.
- NINAN, S. et al. *Who owns the road? The IoT-connected car of today—and tomorrow*. 2015.
- NISSAN e Renault pretendem lançar 10 carros sem motorista até 2020. 2016. Disponível em: <<http://idgnow.com.br/internet/2016/10/25/nissan-e-renault-pretendem-lancar-10-carros-sem-motorista-ate-2020/>>. Acesso em: 20/11/2016.
- O'HARE, R. *Jaguar Land Rover and Ford test self-driving cars that can TALK to each other and help you skip red lights*. 2016. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3859118/Jaguar-Land-Rover-Ford-test-self-driving-cars-TALK-help-skip-red-lights.html>>. Acesso em: 04/12/2016.
- PRESSE, F. *Carro sem motorista estará nas ruas em 5 anos, diz CEO da Fiat Chrysler*. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2016/05/carro-sem-motorista-estara-nas-ruas-em-5-anos-diz-ceo-da-fiat-chrysler.html>>. Acesso em: 20/11/2016.
- RIENER, A. *Who cares about trust, grade of traveling & quality of user experience in a world of autonomous cars? AutomotiveUI '14*, setembro 2014.
- SAGE, A.; LIENERT, P. *Ford plans self-driving car for ride share fleets in 2021*. 2016. Disponível em: <<http://www.reuters.com/article/us-ford-autonomous-idUSKCN10R1G1>>. Acesso em: 20/11/2016.
- SANTO, D. *Autonomous Cars' Pick: Camera, Radar, Lidar?* 2016. Disponível em: <http://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1330069>. Acesso em: 04/12/2016.
- SCHMIDT, W. *At \$18B, the Connected Car is an Ideal Market for the Internet of Things*. 2014. Disponível em: <<http://tech.co/application-developers-alliance-internet-of-things-car-2014-10>>. Acesso em: 04/12/2016.
- SENSORS and Data Management for Autonomous Vehicles report 2015 by Yole Developpement. 2015. Disponível em: <http://www.slideshare.net/Yole_Developpement/sensors-and-data-management-for-autonomous-vehicles-report-2015-by-yole-developpement>. Acesso em: 15/10/2016.
- SHAPIRO, D. *Automotive Innovators Motoring to NVIDIA DRIVE*. 2016. Disponível em: <<https://blogs.nvidia.com/blog/2016/01/04/automotive-nvidia-drive-px-2/>>. Acesso em: 04/12/2016.
- SHAPIRO, D. *Eyes on the Road: How Autonomous Cars Understand What They're Seeing*. 2016. Disponível em: <<https://blogs.nvidia.com/blog/2016/01/05/eyes-on-the-road-how-autonomous-cars-understand-what-theyre-seeing/>>. Acesso em: 30/10/2016.
- SINGHVI, A.; RUSSELL, K. *Inside the Self-Driving Tesla Fatal Accident*. 2016. Disponível em: <http://www.nytimes.com/interactive/2016/07/01/business/inside-tesla-accident.html?_r=0>. Acesso em: 04/12/2016.

SNAPDRAGON Automotive Solutions: connected car platforms for all types of vehicle communications. 2015. Disponível em: <<https://www.qualcomm.com/news/snapdragon/2015/06/04/snapdragon-automotive-solutions-connected-car-platforms-all-types-vehicle>>. Acesso em: 27/11/2016.

SOUTHFIELD, M. *CORRECTING and REPLACING IHS Clarifies Autonomous Vehicle Sales Forecast – Expects 21 Million Sales Globally in the Year 2035 and Nearly 76 Million Sold Globally Through 2035*. 2016. Disponível em: <<http://news.ihsmarkit.com/press-release/automotive/autonomous-vehicle-sales-set-reach-21-million-globally-2035-ihs-says>>. Acesso em: 04/12/2016.

TEMPLETON, B. *Cameras or Lasers?* 2013. Disponível em: <<http://www.templetons.com/brad/robocars/cameras-lasers.html>>. Acesso em: 29/08/2016.

THE AI Car Computer for Self-Driving Vehicles. 2016. Disponível em: <<http://www.nvidia.com/object/drive-px.html>>. Acesso em: 04/12/2016.

VALLABHANENI, T. *Distance Sensors - RADAR*. 2014. Disponível em: <<http://www.cvel.clemson.edu/auto/sensors/distance-radar.html>>. Acesso em: 01/12/2016.

VANDERBILT, T. *Autonomous Cars Through the Ages*. 2012. Disponível em: <<https://www.wired.com/2012/02/autonomous-vehicle-history/?pid=1580&viewall=true>>. Acesso em: 04/12/2016.

VINCENT, J. *Ford and Baidu invest \$150 million in LIDAR technology for autonomous cars*. 2016. Disponível em: <<http://www.theverge.com/2016/8/16/12499622/ford-baidu-velodyne-investment>>. Acesso em: 04/12/2016.

WARDLAW, C. *2018 Volkswagen Golf Preview*. 2016. Disponível em: <<http://www.jdpower.com/cars/articles/new-car-previews/2018-volkswagen-golf-preview>>. Acesso em: 20/11/2016.

WEEKLY info-graphics: Autonomous cars. 2015. Disponível em: <<http://www.inside4tech.com/weekly-info-graphics-autonomous-cars-status/>>. Acesso em: 01/12/2016.

WITTMANN, A. *NO LIGHTS? NO PROBLEM! FORD FUSION AUTONOMOUS RESEARCH VEHICLES USE LIDAR SENSOR TECHNOLOGY TO SEE IN THE DARK*. 2016. Disponível em: <<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2016/04/11/no-lights--no-problem--ford-fusion-autonomous-research-vehicles-.html>>. Acesso em: 04/12/2016.

WORRAL, C. *The self-driving car that behaves like a person: Audi's robotic vehicle is being taught human manners*. 2016. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3592567/The-self-driving-car-behaves-like-person-Audi-s-robotic-vehicle-taught-human-manners.html>>. Acesso em: 20/11/2016.