



# Veículos Autónomos

QUÃO LONGE ESTAMOS?

João Coelho, nº 96252 | PMEEC | 23/12/2019

# Índice

1. Introdução.....	2
2. Níveis de automação .....	2
2.1. Caracterização .....	2
2.2. Estado de desenvolvimento atual e perceção da população.....	3
3. Empresas envolvidas e respetivos projetos .....	4
4. Desafios na construção de carros autónomos.....	5
4.1. Mapeamento da zona de circulação .....	5
4.2. Sensores para obtenção e processamento de informação .....	5
4.3. Sistemas de decisão inteligente .....	7
5. Segurança dos veículos autónomos.....	7
6. Fase de Transição .....	9
7. Conclusão .....	9
Bibliografia .....	11
Acrónimos .....	12

## 1. Introdução

Nos últimos anos todas os “gigantes” da produção automóvel apresentaram as suas ideias do que será o futuro no ramo da mobilidade. Desde o SUV da Audi, cujos faróis foram substituídos por *drones* (AI:Trail), até à carrinha da Suzuki sem qualquer forma de volante, todas as empresas abordam o futuro de forma diferente. No entanto, partilham todas um aspeto: a capacidade de condução completamente autónoma.

Neste documento, serão abordados os vários desafios que se colocam à construção e implementação de veículos com estas características na sociedade atual, bem como os prazos previstos para que estes veículos entrem no nosso dia-a-dia.

## 2. Níveis de automação

### 2.1. Caracterização

Antes de abordar qualquer tema específico, deve primeiro referir-se que existem vários níveis de automação, sendo os mesmos classificados pela SAE (*Society of Automotive Engineers*), organização responsável pelo estabelecimento de “*industry standards*” em várias áreas da indústria automóvel, da seguinte forma:

- Nível 0: Sem automação. Sistemas de avisos que podem momentaneamente intervir, mas que requerem a intervenção do homem a tempo inteiro.
- Nível 1: Assistência ao condutor. O condutor necessita de estar com as mãos no volante a tempo inteiro, partilhando o controlo do veículo com o sistema, que pode intervir no acelerador/travão ou na direção do carro. Exemplos: *Cruise Control*, *Adaptive Cruise Control*, assistente de estacionamento e travagem de emergência automática.
- Nível 2: Automação Parcial. O condutor pode não ter as mãos no volante nem os pés nos pedais, mas precisa de estar pronto para assumir o controlo a qualquer momento. O sistema tem autonomia suficiente para realizar certas tarefas na íntegra, mas necessita que o condutor esteja atento para qualquer eventualidade. Exemplo: *Autopilot* da Tesla.
- Nível 3: Automação Condicional. O condutor pode não estar a olhar constantemente para a estrada, pois o sistema permite que deixe de estar atento por certos períodos quando, por exemplo, envia mensagens pelo telemóvel ou lê algo.
- Nível 4: Alta Automação. O condutor pode nem sequer pensar na tarefa de conduzir. É semelhante ao nível 3, mas neste caso o condutor não precisa de estar mentalmente presente para garantir a segurança do veículo, dos seus ocupantes e

de terceiros. No entanto, o veículo só suporta esta capacidade, de completa autonomia, em certas condições ou áreas geográficas limitadas.

- Nível 5: Automação Total. Não há necessidade de volante e pedais, sendo o sistema completamente autónomo, nunca sendo exigida a intervenção humana para garantir a sua segurança.

## 2.2. Estado de desenvolvimento atual e percepção da população

Neste momento, os veículos comercializados com a tecnologia de condução autónoma mais avançada encontram-se entre os níveis 2 e 3, bastante longe do objetivo do “carro autónomo”. Ainda assim, de acordo com um questionário levado a cabo pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), 23% das pessoas que responderam ao mesmo entendem que podem comprar um carro completamente autónomo na atualidade.

De acordo com o Dr. Bryan Reimer, investigador do MIT, tais convicções têm origem nos discursos públicos proferidos por personalidades como Elon Musk<sup>1</sup>, nos quais refere a capacidade de condução autónoma dos seus veículos quando, na verdade, os sistemas implementados nos mesmos permitem apenas assistir o condutor na tarefa da condução sob a sua supervisão.

Face ao mediatismo deste assunto, frequentemente abordado pelos meios de comunicação social e difundido pelas redes sociais, muitas empresas indicam prazos impossíveis de cumprir para o lançamento de carros completamente autónomos, o que aumenta ainda mais a expectativa da população quanto à possibilidade de existirem carros autónomos num futuro próximo.

Na verdade, ao longo do processo de desenvolvimento da tecnologia necessária para construir um carro autónomo, as empresas foram-se apercebendo que os níveis de automação mais elevados são muito mais difíceis de alcançar do que previsto inicialmente.

Muitas destas empresas, como o Waymo (que teve origem na Google) já recuaram quanto aos prazos inicialmente previstos para a apresentação de veículos com aquelas características. Segundo as palavras de Tekedra N. Mawakana, diretor de operações da Waymo, esta “foi alvo de muita expectativa por parte do público” e que “algumas vezes, o excesso de expectativas é totalmente desajustado daquilo que está a acontecer no mundo real”.

Considerando o referido, é legítimo questionar: “Onde exatamente estamos no processo de desenvolvimento de veículos autónomos?”.

---

<sup>1</sup> CEO da Tesla.

### 3. Empresas envolvidas e respetivos projetos

Atualmente, existem diversas empresas na indústria da automação automóvel, designadamente muitas empresas *start-up*, com objetivos distintos e diferentes vertentes de abordagem dos projetos:

1. Construção do carro de raiz:
  - Tesla – a empresa mais conhecida por trabalhar nesta área, atualmente a comercializar carros com nível 2 de automação;
  - Zoox – empresa *start-up* que investe no desenvolvimento e construção de carros pensados especialmente com o propósito de serem autónomos;
  - General Motors (divisão “Cruise”) – gigante norte americana que implementa a tecnologia desenvolvida (inicialmente comprada) aos próprios carros que fabrica.
2. Desenvolvimento da inteligência artificial que permite a condução autónoma do carro:

Waymo (começou como o projeto de veículo autónomo da Google) - é possivelmente, a empresa que vai mais à frente no processo da criação do carro autónomo. Esta empresa tem como objetivo desenvolver um “*kit* de condução autónoma” que possa ser instalado em qualquer carro. Por enquanto, encontra-se a testar em ambiente citadino, numa pequena área em Phoenix, Arizona, aquele *kit* numa frota constituída por carros de um único modelo (Chrysler Pacifica Hybrid).

Pode considerar-se que o produto atual tem um nível de autonomia entre 3 e 4, por ser completamente autónomo apenas numa zona limitada e com pouco movimento. Tal nível de autonomia não seria alcançável, para já, numa realidade como os grandes centros urbanos.

- Aurora – empresa com grande investimento da Amazon, focada na criação de um sistema que também pode ser montado em diversos veículos de variados fabricantes. Neste momento, tem vindo a trabalhar lado a lado com Volkswagen e a Hyundai, encontrando-se a testar carros nas ruas da Califórnia e da Pensilvânia.
- Lyft – trata-se da grande concorrente da plataforma Uber, encontrando-se a desenvolver o próprio carro autónomo. Estabeleceu parcerias com a Aptive (a operar em Las Vegas) e a Waymo (a operar em Phoenix), utilizando estas a sua plataforma para transportar clientes, o que lhe permite obter conhecimento útil ao desenvolvimento do seu próprio projeto.

Segundo as palavras de Dan Ammann, CEO da Cruise, a construção de carros autónomos “é o desafio de engenharia da nossa geração”.

## 4. Desafios na construção de carros autônomos

Para que possa existir retorno do investimento de vários milhares de milhões de dólares, realizado por grandes empresas (como a Google e a Amazon) no desenvolvimento desta tecnologia, é necessário alcançar um produto final seguro e ao mesmo tempo flexível o suficiente para conseguir realizar viagens complexas em segurança. Para tal, é preciso desenvolver, em especial, um mapeamento detalhado de todas as zonas de circulação, um sistema de sensores confiável e um *software* de tomada de decisões inteligente.

### 4.1. Mapeamento da zona de circulação

Tal como muitos carros já vêm equipados com equipamentos de GPS (*Global Positioning System*), também os carros autônomos precisam de um sistema que lhes permita, para além de saberem o percurso, conhecê-lo com grande detalhe. Com efeito, conhecer as localizações exatas das margens do passeio, dos postes de telefone ou da sinalização verticais de trânsito, por exemplo, permite ao veículo saber que obstáculos evitar e o trajeto correto a seguir, sem necessidade de efetuar medições instantâneas.

A Google, para além da frota de veículos que recolhe imagens para o Google StreetView, tem outra frota de viaturas equipadas com sensores de alta precisão para mapear em detalhe as ruas por onde passam.

Atualmente, por exemplo, os carros da Waymo (que faz parte do universo Google) baseiam-se nesta informação previamente recolhida para circularem nas estradas de Phoenix.

### 4.2. Sensores para obtenção e processamento de informação

Mesmo com o conhecimento na íntegra do espaço envolvente, nenhum veículo consegue viajar de um ponto A para um ponto B autonomamente sem necessidade de reagir a estímulos instantâneos, como sinais luminosos vermelhos, peões a atravessar a estrada ou trânsito parado.

Para tal, todos os carros autônomos têm de estar equipados com sensores fiáveis e cujas leituras sejam efetuadas e fornecidas de forma rápida. De entre os sensores desenvolvidos para a indústria automóvel, salientam-se os seguintes:

- Câmaras – provavelmente é o sensor com que o público está mais familiarizado, sendo utilizado nos carros da Tesla. Apesar de as câmaras fornecerem imagens com um grande detalhe, tem-se demonstrado difícil desenvolver um algoritmo perfeito que traduza as imagens 2D captada pelas câmaras, de um espaço real (em 3D), para o computador do veículo interpretar, competência que o cérebro humano tem. Acresce que as câmaras têm dificuldade em capturar imagens à noite e de interpretar reflexos, o que é fundamental para a segurança do condutor.

- Sensores de Ultrassons – são sensores baratos e fiáveis, mas com um alcance reduzido, motivo pelo qual são mais utilizados em sistemas de alerta de distância em particular quando os veículos efetuam marcha-atrás.
- *Lidar (Light Detection and Ranging)* – este sensor, cuja designação resulta também da junção das palavras *light* e *radar*, funciona, portanto, como um radar, mas com ondas de luz numa frequência próxima dos infravermelhos. Tal como um radar, é constituído por partes móveis que fazem *scan* do ambiente envolvente a 360°. No entanto, estes sensores, para além da sua produção ser muito cara, apresentam riscos de falha, uma vez que são constituídos por partes móveis, difíceis de produzir e frágeis.

Contudo, todas as empresas deste ramo da indústria automóvel, com exceção da Tesla, utilizam esta tipo de sensores.

- *Solid State Lidar* – Tal como a designação indica, trata-se de um sensor com o mesmo funcionamento que o *Lidar*, mas sem integrar partes móveis. Esta característica resulta num menor campo de visão do sensor, constrangimento que é ultrapassado com a conjugação de vários sensores deste tipo, o que permite obter uma visão de 360° à volta do veículo.

As grandes vantagens deste sensor, face ao *Lidar* “tradicional”, são o seu menor custo de produção e a maior fiabilidade no seu funcionamento contínuo. Devido à grande procura por estes sensores, as próprias produtoras estão com dificuldade em responder ao grande volume de encomendas das empresas desta indústria automóvel.

As figuras 1, 2 e 3, que representam os veículos desenvolvidos pelas empresas Tesla, Aurora e Waymo, respetivamente, permitem concluir que aquelas duas últimas empresas optam por equipar os seus veículos com os sensores Lidar (um rotativo, no topo do carro, e alguns estáticos, em vários locais), enquanto a Tesla aposta na utilização de câmaras, cuja integração nos veículos é bastante mais discreta e menos visível do exterior, resultando num *design* esteticamente mais agradável:



Figura 1



Figura 2



Figura 3

### 4.3. Sistemas de decisão inteligente

Conhecendo o percurso a percorrer e tendo acesso ao mais próximo possível dos sentidos humanos (através de sensores), todos os veículos autónomos necessitam de um “cérebro” que decida de forma segura tendo por base os *inputs* recebidos.

Esse “cérebro”, que consiste num computador integrado, deve ser melhor que um humano a conduzir para tornar a deslocação autónoma viável. Mais especificamente, os sistemas de decisão inteligentes têm de ser superiores ao melhor condutor humano na perceção, na decisão, bem como na realização, o que ainda não se verifica totalmente, como se conclui pelo de seguida referido:

- A perceção encontra-se associada à capacidade de reagir a algo iminente de acontecer, como por exemplo, uma criança a correr em direção à estrada, mas que ainda não se encontra à frente do carro. Para além de captar a criança com os sensores, o veículo deve ter a capacidade de prever o que vai acontecer de modo a evitar acidentes. Esta é uma característica muito importante, que os humanos têm devido à experiência de vida, algo que falta a qualquer máquina.
- A decisão passa por saber como atuar, consoante a perceção da situação atual. Se, por exemplo, existir risco de colisão com um ciclista que está a entrar numa via, o veículo deve “decidir” que tem de desacelerar de modo a conseguir travar seguramente se necessário. Também em condições atmosféricas adversas o carro deve conseguir “decidir” a, por exemplo, não entrar numa estrada com gelo à mesma velocidade em que transitava numa estrada que se encontrava apenas molhada.

Tanto a decisão como a perceção são dois aspetos em que os veículos autónomos ainda estão atrás de qualquer condutor humano.

- Na realização de certas manobras os robots têm uma visível facilidade comparativamente com os humanos. De facto, para além de controladores mais sensíveis quanto à pressão exercida nos pedais e da viragem do volante, os veículos autónomos têm uma melhor noção do espaço ocupado pelo veículo do que o condutor mediano, algo fundamental para a segurança do veículo, dos seus ocupantes e de terceiros.

## 5. Segurança dos veículos autónomos

Segundo Elon Musk, é “quase irresponsável” não ter os veículos autónomos (por enquanto semiautónomos) a circular na estrada. No entanto, segundo Dan Albert – autor do livro “*Are We There Yet?*” – esta opinião do dono da Tesla não podia estar mais fora do contexto atual de carros autónomos. De facto, é seu entendimento que, atualmente, nenhum carro autónomo consegue ser mais seguro que um humano, muito menos que um humano que

tenha ao seu dispor todos os sistemas de segurança incorporados nos carros modernos na atualidade.

Para demonstrar a segurança dos veículos autónomos, são necessários variadíssimos testes, nos quais os sistemas devem ser postos à prova, confrontando-os com situações distintas, passíveis de acontecer em ambiente real.

Embora teoricamente seja simples efetuar aqueles testes de segurança, colocando o veículo autónomo com um condutor de segurança numa cidade e observar como se comporta, trata-se de uma abordagem com muitos riscos associados.

O maior destes riscos é a segurança das pessoas que não fazem parte dos testes, ou seja, todas as que se encontram na cidade ou circulam nesta, desde transeuntes a condutores de outros veículos motorizados ou não. Segundo o senador americano Tom Udall, os utilizadores das vias públicas estão a ser usados como “manequins de teste”, com um elevado risco, como na verdade se verificou no caso do atropelamento mortal de uma pessoa por um Uber autónomo, quando o condutor de segurança estava a ver um filme, e nos dois casos em que o *Autopilot* da Tesla provocou acidentes que originaram a morte dos ocupantes do veículo.

Aquele senador comparou ainda os testes dos carros autónomos, sem nenhuma regulação restrita por parte de qualquer entidade, ao caso do Boeing 737 Max 8<sup>2</sup>, no âmbito do qual está agora a Boeing a pagar um preço muito elevado, com repercussões financeiras muito relevantes para a empresa, por as questões de segurança não terem sido totalmente testadas e asseguradas nas fases de desenvolvimento e de teste do produto.

Ficou claro, em várias sessões do Senado norte-americano, que era do interesse dos dirigentes políticos, bem como das empresas, que exista maior regulação ao desenvolvimento de testes destes produtos em vias públicas, imposição esta que permitirá aumentar a segurança, embora vá certamente diminuir a rapidez e eficácia destes testes em ambiente urbano.

Mas mesmo com testes nas vias públicas, as empresas dependem de algoritmos de simulação para apresentar ao sistema casos muito pouco prováveis de acontecer, mas para garantir que, acontecendo, o sistema responde adequadamente. O problema deste método

---

<sup>2</sup> Para concorrer com o novo avião que Airbus divulgou estar a desenvolver, a Boeing decidiu apostar na atualização do seu Boeing 737, dando origem ao 737 Max 8, opção que considerou mais rápida e menos onerosa do que desenvolver um novo avião. No entanto, segundo afirmam os peritos, para esconderem uma incompatibilidade inicial no design, não informaram nem deram formação aos pilotos acerca de uma eventual falha de um novo sistema de controlo (MCAS) desenvolvido especificamente para aquele avião, o que levou à ocorrência de acidentes com dois daqueles aviões, matando um total de 346 pessoas. O facto de a entidade reguladora da aviação americana não ter assegurado adequadamente as suas competências em matéria de certificação das condições de segurança dos aviões em causa, é apontada como uma das causas daqueles acidentes.

de teste é o próprio método: não sendo no ambiente real, pode haver discrepâncias entre o observado num simulador e o que aconteceria na vida real.

## 6. Fase de Transição

Considerando que ainda estamos longe de uma realidade com carros autónomos para venda generalizada ao público, pode afirmar-se que já nos encontramos no início de uma fase de transição para carros autónomos (começando com um baixo nível de autonomia).

No entanto, segundo peritos, esta fase de transição gradual, pode não ser vantajosa para a sociedade, defendendo ser preferível que o processo de introdução de carros autónomos no mercado seja célere.

Com efeito, defendem esta teoria devido à interação que se irá verificar entre veículos autónomos e veículos conduzidos por humanos, os quais não conseguem comunicar entre si, contrariamente ao que acontece na interação “humano-humano”, em que podem comunicar com gestos, ou na interação “robot-robot”, que estabelecem comunicação V2V (*vehicle to vehicle*) entre si.

Uma das soluções apresentadas para evitar a interação entre veículos autónomos e não autónomos, é a atribuição de vias de trânsito (faixas) específicas para a circulação de veículos autónomos nos centros urbanos, tal como existem as faixas dedicadas aos transportes públicos de passageiros (por exemplo, autocarros e táxis), minimizando deste modo a interação entre robot-humano.

Também a falta de adequação das infraestruturas, em particular das estradas, poderá ser outra dificuldade sentida na fase de transição para uma realidade com veículos autónomos. Com efeito, muitas vias evidenciam uma manutenção deficiente, com muitos buracos e outras irregularidades, para além de não terem marcações visíveis no chão.

## 7. Conclusão

“Nós, como humanos, somos muito bons a prever o futuro, já não somos tão bons a prever prazos”. Estas foram as palavras do Dr. Bryan Reimer quando questionado acerca de um prazo expectável para a criação de um veículo completamente autónomo.

Tal como Elon Musk prometeu para 2020 um *Autopilot* da Tesla, com o qual os condutores não precisam de estar atentos à estrada, também prometeu a produção do Tesla Model 3 começar um ano mais cedo do que na realidade começou, portanto parece não ser expectável a comercialização generalizada de carros autónomos nos próximos anos. Tendo isto em conta, responder atualmente à questão “Quando teremos veículos autónomos

disponíveis?” não é fácil, não existindo uma resposta única nem precisa por parte dos fabricantes automóveis.

Assim, na próxima década é expectável esperar-se:

- Carros com níveis de automação 4 pertencentes a grandes empresas como a Waymo, Uber e Lyft a atuar autonomamente em espaços específicos e muito estudados e, preferencialmente, não muito movimentados. Tal como referido anteriormente, tal já acontece com a Waymo em Phoenix e com a Lyft em Las Vegas (operados pela Aptiv). No entanto, é de esperar que este mercado cresça e que comecem a existir cada vez mais carros com estas características nas ruas.
- Frotas de camiões de longas rotas, maioritariamente em autoestrada, com nível de autonomia 4, uma vez que, fora da autoestrada, apenas devem poder andar autonomamente em rotas detalhadamente mapeadas.
- Carros comercializados ao público com níveis de autonomia entre 3 e 4, completamente autónomos em autoestrada, mas dependentes da atenção do condutor fora desta.

Quanto aos veículos completamente autónomos, ou seja, com nível de autonomia 5 onde até o volante é dispensável, parece poder concluir-se que ainda estão longe de fazer parte da realidade num futuro próximo. As expectativas dos principais responsáveis da indústria automóvel e dos investigadores nesta área variam, em função do entendimento e otimismo de cada um, entre menos de uma e mais de dez décadas.

Parece seguro afirmar-se que a realidade de sermos conduzidos por um carro autónomo, enquanto por exemplo o condutor vai a dormir durante o percurso, ainda está a várias décadas de distância. No entanto, com os progressos já feitos e com os que certamente virão a ocorrer, pode inferir-se que o transporte de pessoas, mercadorias e bens vai evoluir e melhorar significativamente nos próximos anos, tal como tem evoluído desde sempre.

## Bibliografía

- <https://www.youtube.com/watch?v=EoOvVkEM0>, consultado a 24/12/2019
- <https://www.youtube.com/watch?v=gfWjsKsEry0>, consultado a 24/12/2019
- <https://www.youtube.com/watch?v=EBgdskiWIO8>, consultado a 24/12/2019
- <https://www.youtube.com/watch?v=SE3gXRKBNHc>, consultado a 23/12/2019
- <https://www.youtube.com/watch?v=qf6VrDZo4EQ>, consultado a 23/12/2019
- <https://www.youtube.com/watch?v=U5laBg-ERbQ>, consultado a 23/12/2019
- <https://www.youtube.com/watch?v=H2tuKiiznsY>, consultado a 29/12/2019
- <https://www.wired.com/story/lidar-self-driving-cars-luminar-video/>, consultado a 24/12/2019
- <https://www.dezeen.com/tag/driverless-vehicles/>, consultado a 23/12/2019
- <https://web.mit.edu/reimer/www/>, consultado a 23/12/2019
- <https://www.cnbc.com/2019/11/20/tesla-and-uber-draw-scrutiny-at-senate-hearing-on-self-driving-cars.html>, consultado a 24/12/2019
- <https://www.cnbc.com/2019/10/23/alphabet-exec-admits-google-overhyped-self-driving-cars.html>, consultado a 24/12/2019
- <https://www.nytimes.com/interactive/2019/business/boeing-737-crashes.html>, consultado a 29/12/2019
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Cruise\\_Automation](https://en.wikipedia.org/wiki/Cruise_Automation), consultado a 24/12/2019
- [https://en.wikipedia.org/wiki/SAE\\_International](https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_International), consultado a 23/12/2019
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving\\_car](https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car), consultado a 23/12/2019
- <https://www.theguardian.com/technology/2019/oct/03/collision-course-pedestrian-deaths-rising-driverless-cars>, consultado a 23/12/2019
- [https://www.ted.com/talks/bryan\\_reimer\\_there\\_s\\_more\\_to\\_the\\_safety\\_of\\_driverless\\_cars\\_than\\_artificial\\_intelligence](https://www.ted.com/talks/bryan_reimer_there_s_more_to_the_safety_of_driverless_cars_than_artificial_intelligence), consultado a 24/12/2019
- <https://www.wired.com/story/teslas-latest-autopilot-death-looks-like-prior-crash/>, consultado a 29/12/2019
- <https://www.theverge.com/2019/8/1/20750715/tesla-autopilot-crash-lawsuit-wrongful-death>, consultado a 29/12/2019

## Acrónimos

CEO – Chief Executive Officer

GPS – Global Positioning System

LIDAR – Light Detection and Ranging

MIT – Massachusetts Institute of Technology

SAE – Society of Automotive Engineers

SUV – Sport Utility Vehicle

V2V – Vehicle to Vehicle