

## Veículos autónomos



Podemos nem todos ser a favor da produção de carros autónomos, contudo, é inegável o quão benéfico seria para a sociedade. A implementação a larga escala de veículos autónomos reduziria drasticamente o número de sinistros rodoviários, quando adaptados a todas as variáveis, já que os principais fatores causadores de acidentes são geralmente a lenta e congénita capacidade de resposta do condutor, assim como, (e sendo de com particular destaque) o consumo de álcool ou drogas que, tal como foi indicado pela rádio Observador, “Cento e setenta pessoas morreram em 2017 em acidentes de viação sob a influência do álcool”. A circulação poderá ser também mais eficiente e, não sendo necessário um condutor, torna-se possível que pessoas com dificuldades motoras e cognitivas se desloquem de forma mais autónoma, sem recorrerem a terceiros.

Por outro lado, a não utilização de um condutor humano terá de ser compensada de muitas outras formas. Deste modo, existem duas principais áreas que terão de ser expandidas e de que falaremos adiante: os instrumentos que o carro possui para captar com precisão o exterior, através de sensores, e o modo de processamento da informação recolhida.

# Índice

<b>Sensores .....</b>	<b>3</b>
<b>Câmara Estereoscópica .....</b>	<b>3</b>
.....	4
<b>Sensores de Infravermelho .....</b>	<b>4</b>
<b>Radar e Sonar .....</b>	<b>4</b>
<b>LIDAR .....</b>	<b>5</b>
.....	7
<b>Sistema de Controlo.....</b>	<b>7</b>
.....	8
<b>Inteligência Artificial .....</b>	<b>8</b>
<b>Machine Learning.....</b>	<b>8</b>
<b>Deep Learning .....</b>	<b>10</b>
<b>Computação Quântica.....</b>	<b>11</b>
<b>Conectividade .....</b>	<b>13</b>
<b>Problemas a Encarar .....</b>	<b>16</b>
<b>Ética .....</b>	<b>19</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>21</b>

# Sensores

É através dos sensores que os automóveis são capazes de detetar obstáculos e ter uma perceção espacial do que os rodeia. Atualmente já muitos modelos de carros utilizam sensores de forma a auxiliar o condutor, podendo ser considerados como veículos parcialmente autónomos, ou seja, não substituem o humano, mas auxiliam em tarefas mais lineares como a direção assistida. O modelo [Ford Focus ST-LINE](#), por exemplo, utiliza sensores ultrassónicos em tarefas como a direção assistida e no sistema de estacionamento automático.



FIGURA 1: FORD FOCUS ST-LINE

No entanto, um carro totalmente autónomo necessita de captar muitos mais dados do exterior, através de sensores externos, já que atualmente muita da informação é ainda captada pelo humano, e se será substituído, serão precisos mais sensores, diversificados e de melhor qualidade técnica, para que o carro seja capaz de se movimentar e de interpretar com precisão o ambiente onde se encontra. Assim, poderão ser utilizados os sensores que se seguem, que atuam de forma e com propósitos diferentes.

## Câmara Estereoscópica

As câmaras estereoscópicas utilizam duas ou mais lentes, cada uma com um sensor de imagem, de forma a criar uma visão tridimensional, o que permite ter a perceção da profundidade e por isso das distâncias entre as várias amostras recolhidas. Este tipo de sensor assemelha-se muito à visão do ser humano, de tal forma que a distância entre as duas lentes, distância intra-axial, é igual à entre os olhos humanos, aproximadamente 6,35cm. Nos veículos autónomos, são geralmente utilizados com o objetivo de que o automóvel tenha uma perceção relativa da distância entre os diversos obstáculos.



FIGURA 2: CÂMARA ESTEREOSCÓPICA DE TRÊS LENTES

## Sensores de Infravermelho



FIGURA 3: CÂMARA TÉRMICA

Um sensor infravermelho deteta radiação infravermelha, a qual é depois convertida para uma imagem na região do visível. Estes sensores baseiam-se no facto de que qualquer corpo com temperatura superior a zero graus kelvin emite necessariamente radiação eletromagnética. Assim, como a maioria dos corpos à superfície terrestre emite radiação na zona do infravermelho, uma câmara com um sensor infravermelho (câmara térmica ou infravermelha) permite também mapear com algum rigor o ambiente em volta,

sendo de extrema importância para locais pouco ou não iluminados.

Sensores como a mencionada câmara estereoscópica teriam dificuldades em realizar medições em lugares com falta de luz, o que não acontece com as câmaras térmicas, já que são as variações de temperatura dos objetos que são medidas. São também conhecidos pela sua eficácia na definição de contornos de objetos, o que faz a diferença no âmbito da condução autónoma.

## Radar e Sonar

O radar (Radio Detection And Ranging) e o sonar (SOundSound Navigation And Ranging) funcionam de forma muito semelhante e têm praticamente a mesma finalidade: medir a distância ao obstáculo bem como ter noção das suas dimensões.

O radar possui uma antena que emite ondas eletromagnéticas (ondas de rádio) numa determinada direção, as quais são refletidas pelo obstáculo e posteriormente detetadas pelo radar. Matematicamente, sendo a velocidade  $v$  de um corpo dada por  $v = \frac{d}{t}$ , em que  $d$  corresponde à distância percorrida e  $t$  ao tempo, a distância  $r$  ao obstáculo será dada por  $r = \frac{c \cdot t}{2}$ , já que a distância percorrida pela onda é o dobro da distância ao obstáculo ( $d = 2 \cdot r$ ) e a sua velocidade é a de um fóton ( $v = c$ ).

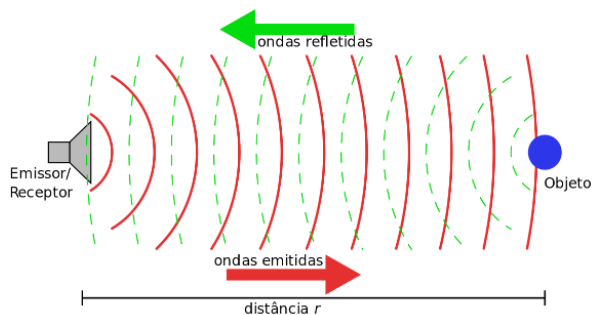


FIGURA 4: FUNCIONAMENTO DO RADAR/SONAR

O sonar tem a capacidade de utilizar ondas sonoras, inaudíveis ao ser humano, logo com frequências inferiores a  $20\text{Hz}$ , infrassons, ou superiores a  $20\,000\text{Hz}$ , ultrassons. É através da tecnologia sonar que se mapeia o fundo oceânico, porém são também fundamentais na indústria automóvel, já que a utilização simultânea do radar e do sonar dá uma maior exatidão aos valores medidos, sendo o sonar mais frequente para distâncias mais curtas e velocidades menores e o radar para maiores distâncias e velocidades, visto que a velocidade da luz é muito superior à do som, logo a diferença temporal entre as medições dos dois sensores é impercetível para pequenas distâncias e aumenta com a mesma. Os sensores ultrassónicos que auxiliam no estacionamento automático do Ford Focus acima citado são sensores sonar, o que demonstra a importância dos mesmos no desenvolvimento de veículos autónomos.

## LIDAR

Os sensores LIDAR, assim como os radares, realizam as medições através do tempo que o sinal, previamente emitido, demora a ser captado pelo dispositivo. Contudo, o LIDAR pulsa raios laser em vez de ondas de rádio, pelo que é muitas vezes denominado por “radar laser”. A utilização de lasers, geralmente com comprimentos de onda permite entre  $0,7\mu\text{m}$  e  $1\text{mm}$ , permite a criação de dados de posição, os quais serão processados e darão origem a modelos digitais de mapas tridimensionais. Os dispositivos LIDAR mais sofisticados utilizam normalmente um conjunto de 64 lasers, os quais permitem cartografar o ambiente em torno do carro num raio de 40 metros, aproximadamente. No entanto, devido ao seu elevado custo, os LIDAR’s que se pretende utilizados em carros autónomos são mais acessíveis, possuindo cerca de 16 lasers.

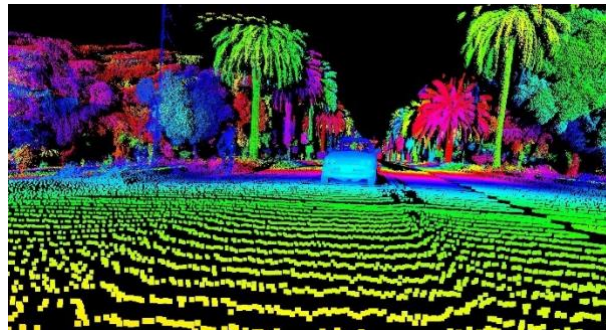


FIGURA 5: VEÍCULO AUTÓNOMO DA WAYMO

A tecnologia LIDAR destaca-se das demais pela sua elevada eficiência e precisão dos resultados obtidos, pelo que já várias empresas desenvolveram protótipos e realizaram testes de automóveis autónomos com LIDAR’s incorporados, como é o caso da Waymo, uma empresa pertencente à Alphabet Inc., que também é proprietária da Google. Os modelos da Waymo têm o sensor LIDAR instalado no teto do veículo de forma a cobrir a maior área possível em torno do carro.



A empresa Uber está atualmente também a investir na automatização automóvel, equipando os seus carros com vários sensores, entre os quais LIDAR's, câmaras e radares. Em 2018, um pedestre do estado Arizona foi atropelado e morto por um carro autónomo da Uber, e, tal como foi abordado no noticiário digital *The Register*, aponta-se como principal causa a falta de sensores LIDAR nos automóveis da empresa, já que em 2016 a companhia optou por reduzir o número de sensores LIDAR de cinco para apenas um, embora tenha aumentado a quantidade de radares de sete para dez. O ocorrido demonstra o quão importantes são este tipo de sensores na obtenção de dados do exterior, sendo a tecnologia LIDAR por muitos considerada a mais fiel e de extrema importância quando o assunto é veículos autónomos.



FIGURA 6: VEÍCULO AUTÓNOMO UBER

Um carro autónomo terá necessariamente de recorrer pelo menos aos sensores listados, pois é através deles que detetará pessoas, estradas, bem como todo o tipo de obstáculos ou sinais de trânsito. Nos exemplos referidos, eram utilizados praticamente todos os tipos de sensores mencionados, e em quantidades relativamente grandes, tendo em conta que se aplicavam a um único carro. O modelo da Uber, por exemplo, possuía cerca de vinte câmaras frontais, como é ilustrado na figura 6.



FIGURA 7: SISTEMA DE NAVEGAÇÃO GPS

Para além dos sensores abordados, o veículo terá obviamente outros sensores e componentes, como o GPS (Sistema de Posicionamento Global), velocímetro, hodómetro, sensores inerciais e giroscópio, muito comuns nos carros atuais, e controladores como o ESC (Controlador Eletrónico de Estabilidade), que mede a velocidade e direção de cada roda, e assim consegue prever rotas e curvas mais bruscas, podendo assim impedir trajetórias mais perigosas, o que já salvou incontáveis vidas.

Contudo, a utilização de todos estes dispositivos não é por si só suficiente para garantir o correto funcionamento do carro autónomo, terá que existir todo um sistema de controlo e de interpretação de dados, capaz de conduzir o veículo com base nas medições dos sensores.

# Sistema de Controlo

A informação recolhida passará para uma unidade de controlo, onde será processada e interpretada. Porém, antes de ser propriamente processada por um computador central, ocorrerá um processo inicial, denominado fusão de sensores, que consiste na leitura conjunta dos dados dos sensores e que funciona como um filtro, descrito por equações matemáticas que têm como objetivo prevenir e eliminar erros associados às medições. O conhecido filtro de Kalman é um dos principais métodos de redução de ruído, e é essencialmente composto por dois tipos de equações: de variáveis e de estado.

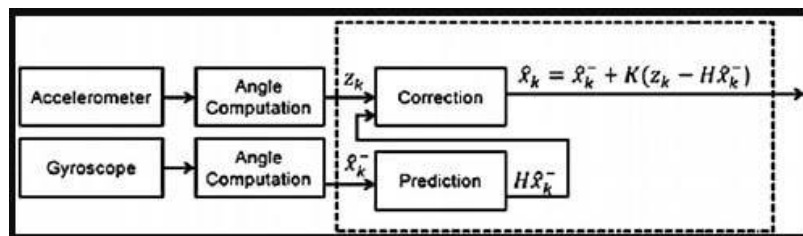


FIGURA 8: ESQUEMA DO FILTRO DE KALMAN

O primeiro grupo é responsável pela comparação dos valores teóricos expectáveis com os resultados obtidos experimentalmente, seguida de um reajuste do valor previsto.

Já as equações de estado são responsáveis pelo avanço temporal, ou seja, pela repetição de sucessivas comparações, de modo a minimizar a incerteza adjacente aos dados recolhidos.

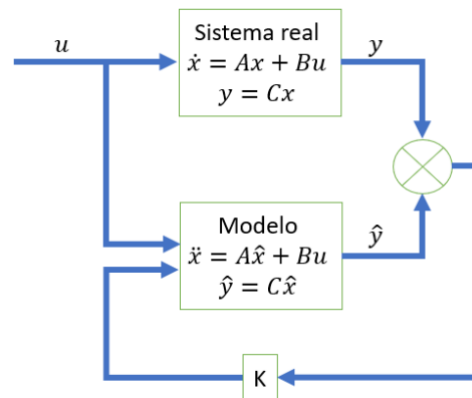


FIGURA 9: MODELO DE COMPARAÇÃO DE RESULTADOS E ELIMINAÇÃO DO ERRO

Passada a fase de tratamento de resultados, estes serão então encaminhados para o computador central, que os irá analisar e, com base neles, tomar as decisões necessárias. No entanto, existe uma infinidade de situações distintas possíveis, pelo que é incomensurável a utilização de um mero algoritmo. Em vez disso, têm-se optado por usar inteligência artificial complexa o suficiente para interpretar todo o tipo de circunstâncias únicas.

# Inteligência Artificial



A inteligência artificial, que em termos práticos é vista como sendo a capacidade da máquina de analisar corretamente os dados externos, e através deles aprender a tomar decisões de forma a cumprir um objetivo, tecnicamente é composta por um software com modelos de bancos de dados, modelos esses computacionalmente descritos por códigos, os quais fornecem ferramentas de como interpretar os dados. Existem vários modelos de dados, com estruturas eficientes de análise, categorização e processamento de dados, porém o algoritmo de aprendizagem que mais progressos tem feito na atualidade é a aprendizagem automática, mais conhecida por *Machine Learning*.

## Machine Learning

O processo de aprendizagem de um sistema é iterativo, ou seja, inicialmente são fornecidos um gigantesco conjunto de dados, os quais serão agrupados em categorias diferentes, conforme as suas características ou propriedades.

Terminada esta primeira fase, o processo irá se repetir até que não existam mais erros de classificação. Assim, o sistema aprende através dos erros que comete, isto é, passa a saber classificar dados tendo por base uma infinidade de exemplos, através da experiência, muito à semelhança do modo de aprendizagem do ser humano.

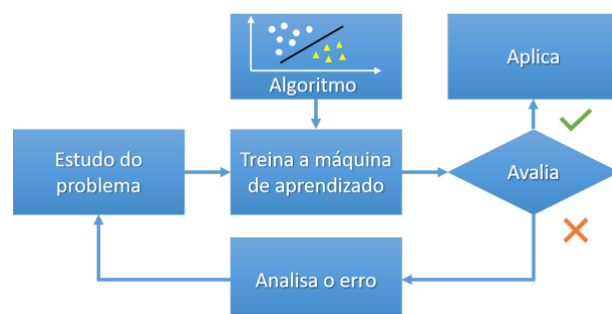


FIGURA 10: PROCESSO DE APRENDIZAGEM COM O ERRO



Existe toda uma componente matemática que descreve minuciosamente o algoritmo de decisão. Na figura 11, ilustra-se uma expressão matemática que deriva da fórmula de cálculo do erro quadrático médio, muito útil em processos de comparação e ajuste de resultados.

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})(O_j - \bar{O})}{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{N}} \times \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (O_j - \bar{O})^2}{N}}}$$

FIGURA 11: ERRO QUADRÁTICO MÉDIO

As redes neuronais, por exemplo, são um subconjunto dos algoritmos de *Machine Learning* que se destaca pela clara inspiração no sistema nervoso, mais concretamente na sua unidade básica: o neurónio, que serviu de base para a criação do neurónio artificial.

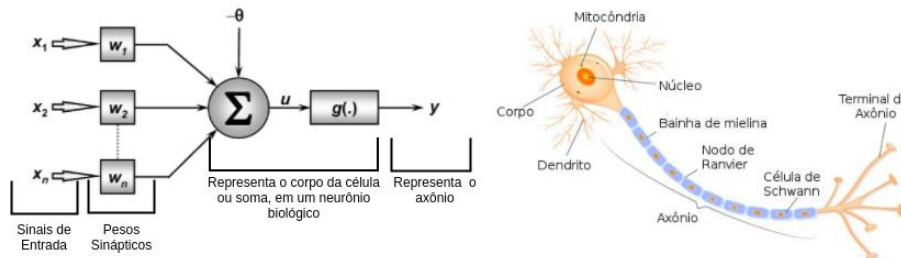


FIGURA 12: NEURÓNIO ARTIFICIAL E BIOLÓGICO

Uma máquina que recorra a algoritmos de *Machine Learning* melhora de forma exponencial à medida que é exposta a mais dados, contudo a velocidade e eficiência do processo revelou não ser suficiente para a solução de problemas mais complexos. Em carros autónomos, por exemplo, um mesmo componente pode dar mais do que uma informação, o que implica que o algoritmo de aprendizagem tem de ser capaz de detetar propriedades comuns entre classes diferentes e reconhecer que um determinado dado pode pertencer a mais do que um grupo. Deste modo, o estudo de algoritmos de *Machine Learning* foi aprofundado, dando origem a um outro subconjunto, a aprendizagem profunda, ou *Deep Learning*.

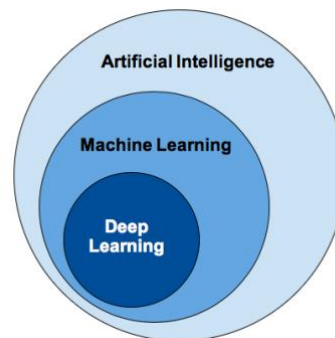


FIGURA 13: RELAÇÃO DE ORDEM

## Deep Learning

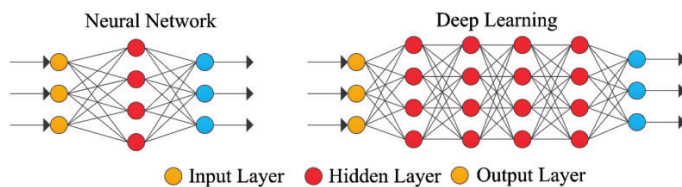


FIGURA 14: REDE NEURONAL SIMPLES E PROFUNDA

Os algoritmos de *Deep Learning* utilizam processos de minimização de erros mais complexos, com mais camadas e etapas, o que leva a um aperfeiçoamento dos resultados finais, logo também das previsões que serão feitas.

A grande maioria dos problemas irresolúveis por um algoritmo de *Machine Learning* são agora resolvidos por um modo diferente de aprendizagem, em que é feita uma análise local dos dados, isto é, utilizando redes neuronais de convolução, ou CNN (*Convolutional Neural Network*). Nas mesmas, a apreensão de características é feita localmente, sendo que, consoante a informação extraída, são formadas subcamadas de dimensões consideravelmente mais pequenas, as camadas *pooling*, o que não só fornece resultados mais precisos, como também mais detalhados, já que há a possibilidade de identificar várias características adjacentes a uma única amostra de dados, dada capacidade de segmentação da análise.

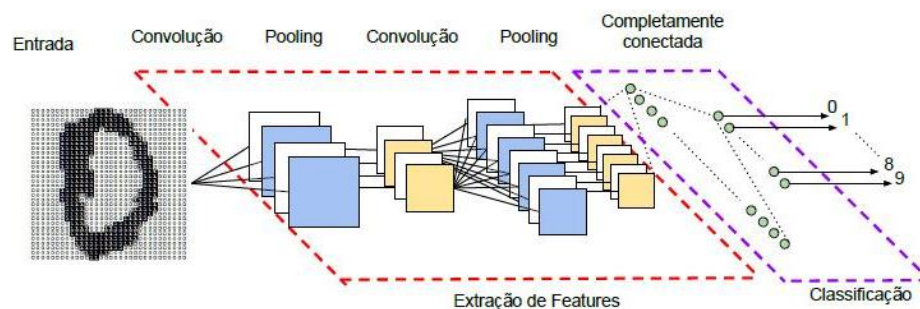


FIGURA 15: ESQUEMA DE ANÁLISE DE REDES DE CONVOLUÇÃO

As redes de convolução, bem como as redes neuronais, são muito utilizadas em áreas como o reconhecimento facial, identificação de objetos em imagens, entre outras, porém a sua utilização pode também estender-se ao campo da automatização móvel, variando apenas o tipo de dados recolhidos. Um automóvel com um sistema de decisão baseado algoritmos de *Deep Learning* será certamente capaz de desempenhar o papel de condutor. Um algoritmo já treinado, com suficientes exemplos e correções para ser colocado num veículo, ultrapassa de longe a capacidade de resposta do condutor humano, já que o seu tempo de resposta é milhares de vezes inferior ao do ser humano, cerca de 0,7 milissegundos.

Apesar de tudo, uma das grandes dificuldades com que uma *Deep Learning Machine* se depara é a grande quantidade de dados necessários, denominados *Big Data*, que têm um crescimento exponencial com o tempo e que, portanto, implicam que o hardware do sistema de controlo seja de maior qualidade, com maior capacidade e velocidade de processamento. Embora na grande maioria das vezes a solução passe por um simples Upgrade de hardware, existe um outro tipo de abordagem, que recorre a uma tecnologia ligeiramente diferente da eletrónica atual, e que se acredita estar na base da próxima grande revolução na indústria tecnológica, e principalmente computacional: a computação quântica.

## Computação Quântica

Enquanto que a computação clássica tem como base a Física tradicional, a computação quântica, como o nome indica, recorre a princípios da mecânica quântica, entre os quais o conceito de sobreposição quântica, que afirma que um sistema físico existe em todos os estados possíveis ao mesmo tempo, assumindo um desses estados quando é externamente observado, e a noção de entrelaçamento quântico,

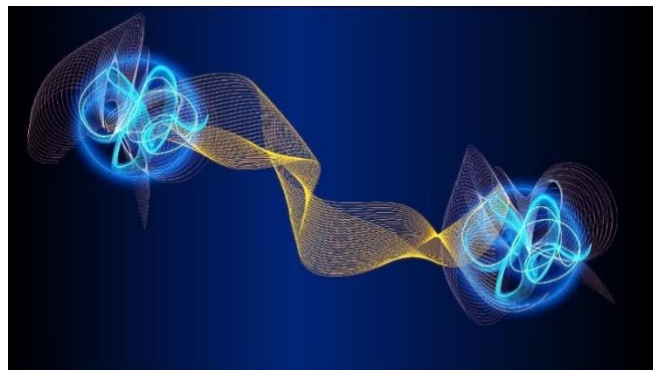


FIGURA 16: ENTRELAÇAMENTO QUÂNTICO

que defende que uma qualquer partícula tem sempre uma outra que lhe está univocamente associada e com a qual tem correlações inquebráveis, nomeadamente a nível de propriedades físicas, de tal forma que a alteração das características de uma provoca alterações correspondentes na outra.



FIGURA 17: VETOR DE UM BIT QUÂNTICO

Assim, um bit quântico, qubit, possui num mesmo instante os valores lógicos 0 e 1, reduzindo-se a um deles quando externamente induzido, por corrente elétrica, o que leva a que um computador quântico seja capaz de executar várias operações simultaneamente, em comparação com o computador clássico, que as realiza de forma sequencial. Esta particularidade

torna a computação quântica uma excelente opção quando é necessário processar uma enorme quantidade de dados em intervalos de tempo reduzidos.

Porém, esta tecnologia é muito recente, encontra-se em plena fase de desenvolvimento, pelo que não é ainda poderosa e estável o suficiente para ser implementada em veículos autónomos, ou em qualquer outra área com elevado fator de risco. Para além disso utilizar um computador quântico num único automóvel é incomensurável dado o seu preço, como é o caso do D-Wave 2000Q, um dos computadores quânticos atualmente mais conhecidos e poderosos, com uma matriz de 2000 qubits e que está avaliado em 15 milhões de dólares.



FIGURA 18: COMPUTADOR QUÂNTICO D-WAVE 2000Q

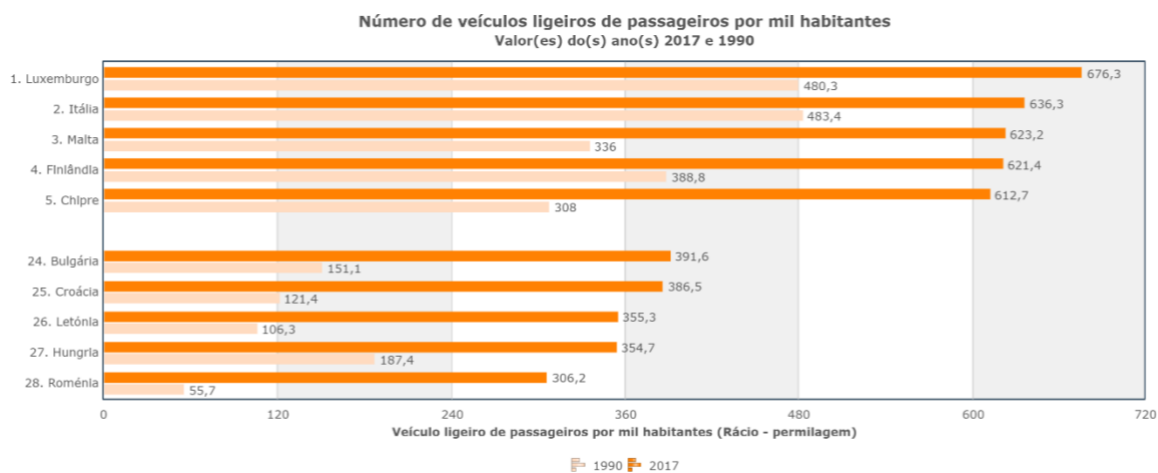
Ainda assim, embora a tecnologia atual de interpretação de dados e de decisão e controlo não seja perfeita, é suficientemente evoluída para analisar e agir, em tempo real, como um condutor humano. Desta forma, um automóvel que contenha sensores como os inicialmente citados e que disponha de algoritmos de inteligência artificial mais complexos, nomeadamente as redes de convolução, ou outro subgénero dos algoritmos *Deep Learning*, é já um veículo autónomo. A grande maioria dos carros comerciais inteligentes têm exatamente estas características: são os tipos de sensores e a existência de um sistema de decisão que diferencia um carro comum de um veículo autónomo.

Por outro lado, as ferramentas até agora mencionadas permitem apenas recriar e substituir o condutor humano, mas as verdadeiras potencialidades de um veículo autónomo vão mais além. A sua real vantagem é a possibilidade da comunicação entre veículos, de uma forma que o ser humano nunca será capaz. Embora seja tecnologicamente mais simples e acessível, a comunicação é sim uma componente importantíssima de um carro autónomo.

# Conectividade

Atualmente, praticamente qualquer dispositivo eletrónico está de alguma forma conectado à internet, desde aparelhos mais evidentes como um smartphone ou um computador doméstico, até a outros como frigoríficos inteligentes e aspiradores robô. Um veículo autónomo não é exceção. Porém, embora se conecte à rede como qualquer outro aparelho eletrónico, existem certas condições que devem ser cumpridas de forma a garantir o correto funcionamento do veículo.

Por um lado, deve-se ter em conta a dimensão e influência da indústria automóvel, já que, de acordo com o estudo publicado na base de dados *PORDATA* que reflete o número de veículos ligeiros por cada mil habitantes, em 2017, a média europeia era cerca de 516,2 ‰. Deste modo, tendo em conta que no ano de 2016 a população europeia rondava os 741,4 milhões de pessoas, pode-se estimar o número total de veículos ligeiros como sendo de aproximadamente 382,7 milhões.



Fontes/Entidades: Eurostat | Entidades Internacionais | Entidades Nacionais | Comissão Europeia, Eurostat | NU | Institutos Nacionais de Estatística, PORDATA

Ora, se, atualmente, um carro moderno, com conexão à rede, cria cerca de 25 GB por hora, então, se todos os automóveis ligeiros europeus estivessem conectados, criar-se-iam aproximadamente 9124,5 PB (Petabytes) de dados por hora. Estima-se ainda que os veículos autónomos que serão comercializados no futuro criarão dez vezes mais dados que os carros atuais, ou seja, cerca de 89 EB (Exabytes).

Para além da absurda quantidade de informação produzida em cada instante, existe ainda o problema da latência de dados. Se em alguns mercados como o de computadores ou de consolas a latência é um fator decisivo entre comprar um produto ou outro, nos veículos autónomos nem se pode considerar esse parâmetro como sendo uma variável de produto para produto. A taxa de resposta é crucial para o veículo, visto que é através da rede que os automóveis irão comunicar. Toda a informação recolhida por um carro, seja do seu estado interno ou dados do exterior, será compartilhada com os demais veículos das proximidades, que a irão processar, e de seguida tomar decisões baseadas nas condições dos outros veículos.

Um veículo ligeiro que se encontre atrás de um camião ou autocarro não conseguirá detetar através dos sensores a cor de um semáforo. No caso de este passar a vermelho e o veículo pesado abrandar, o carro autónomo ligado em rede saberá a cor do sinal pois foi detetada pelos sensores veículo pesado (também autónomo) e abrandará. Na ausência de comunicação entre os dois automóveis, o de trás poderia perfeitamente interpretar a situação como sendo o típico caso de uma ultrapassagem.



FIGURA 19: ILUSTRAÇÃO DA PASSAGEM DE INFORMAÇÃO ENTRE VEÍCULOS

A empresa francesa Renault é uma das que têm investido na área da conectividade automóvel, com o projeto SCOOP, no qual foram testados os dois tipos de ligações: entre veículos (V2V), e entre um veículo e uma base de dados e outros tipos de infraestruturas (V2X). A empresa visa exatamente combater os dois problemas supracitados, o excesso de dados e a velocidade de ligação, os quais atualmente constituem o principal obstáculo à conectividade dos carros atuais e dos futuros autónomos.





Existem alguns métodos de minimização destes dois problemas, contudo muitos deles passam por aumentar a capacidade e o número de servidores de uma base de dados, substituindo e adicionando componentes e periféricos cada vez mais poderosos aos supercomputadores que regem a rede.



FIGURA 20: SUPERCOMPUTADOR/DATA CENTER

Um outro processo também muito utilizado, igualmente ou mais dispendioso, tem por base a aplicação do conceito de *Edge Computing*, ou computação de proximidade, segundo o qual o processamento de dados não ocorre numa nuvem, uma base de dados de elevada capacidade, mas em locais próximos da fonte, ou seja, as grandes bases de dados são neste caso trocadas por outras de menor capacidade e alcance, mas que são implementadas em maior número, garantindo assim que qualquer veículo autónomo tenha uma perto de si.

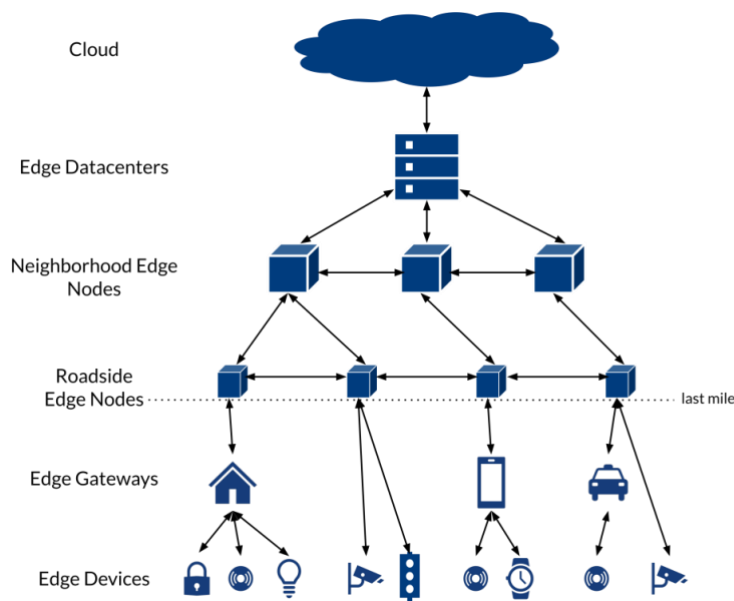


FIGURA 21: RELAÇÃO DE ORDEM ENTRE A NUVEM E UM EDGE DATA CENTER

Deste modo, tanto o tempo de resposta quanto a grande quantidade de dados produzidos acabam por sofrer reduções consideráveis, já que a distância entre o veículo e o data center diminui, bem como a quantidade de informação processada por cada unidade de processamento, já que é distribuída por um maior número de supercomputadores, capazes de a analisar corretamente sem comprometer outros processamentos, isto é, sem que haja sobrecarga de dados.

A Edge Computing é hoje em dia principalmente utilizada no ramo da IOT (Internet Of Things), “internet das coisas”, e que engloba todo o tipo de dispositivos domésticos, portáteis e controláveis remotamente. Portanto, esta tecnologia já desempenha um papel fundamental na sociedade atual, e será ainda mais decisiva quando for totalmente introduzida na indústria automóvel.

## Problemas a Encarar

Para que um dia haja carros autónomos a serem banalmente comercializados, ter-se-á que desenvolver sistemas globais mais eficientes, que garantam o correto e maior aproveitamento possível das três grandes áreas abordadas: a visão do veículo (através de sensores), o sistema de decisão e controlo, e a conectividade a larga escala. Contudo, um outro desafio igualmente exigente passará por assegurar que o veículo é lançado a preços acessíveis ao consumidor comum.

Dos sensores abordados, o LIDAR destaca-se pelo seu elevado preço em comparação aos demais. Por exemplo, os LIDAR’s inicialmente utilizados nos modelos da Uber e da Waymo, de 64 lasers, estão avaliados em cerca de 75 mil dólares. Muitas empresas estão a desenvolver LIDAR’s mais económicos e pequenos, já que o volume é também um grande ponto fraco deste tipo de sensores. A companhia Velodyne Lidar foi das primeiras a desenvolver o LIDAR de 16 lasers, muito mais compacto, ao ponto de caber numa mão humana, e que tem o preço de 8 mil dólares.



FIGURA 22: LIDAR COMPACTO DA VELODYNE

Por outro lado, um servidor atual consome entre 500 e 1200 watts por hora, ou seja, assumindo o valor médio de 850 watts por hora, são utilizados 20,4 KWh diariamente. Foi publicado pela Eurostat um estudo relativo ao consumo energético de eletricidade deste mesmo ano de 2019, e que revela que o preço médio por kilowatt-hora é de 0,22€/KWh, isto é, são gastos 1639€ anuais na manutenção das bases de dados. Ora, vimos já que a previsão é a de que os futuros data centers produzam dez vezes mais dados que os atuais, o que, mesmo não havendo uma relação linear direta entre a quantidade de informação e o consumo energético, pode-se ainda assim inferir que o consumo energético irá também subir consideravelmente, o que levará à necessidade de um maior fundo de investimento e sustentação, que acabará por ser suportado pelo consumidor.

GEO	CURRENCY		
	Euro	Euro	Euro
TAX	Excluding taxes and	Excluding VAT and o	All taxes and levies i
European Union - 28 countries	0.1356	0.1854	0.2159
Euro area (EA11-2000, EA12-2000)	0.1404	0.1951	0.2294
Belgium	0.1965	0.2355	0.2839
Bulgaria	0.0831	0.0831	0.0997
Czechia	0.1433	0.1444	0.1748
Denmark	0.1084	0.2387	0.2984
Germany (until 1990 former territories)	0.1473	0.2595	0.3088
Estonia	0.0982	0.1131	0.1357
Ireland	0.2027	0.2134	0.2423
Greece	0.1139	0.1482	0.1650
Spain	0.1889	0.1986	0.2403
France	0.1138	0.1508	0.1765
Croatia	0.1028	0.1169	0.1321
Italy	0.1432	0.2090	0.2301
Cyprus	0.1762	0.1867	0.2203
Latvia	0.1136	0.1347	0.1629
Lithuania	0.0947	0.1037	0.1255
Luxembourg	0.1326	0.1666	0.1798
Hungary	0.0882	0.0882	0.1120
Malta	0.1228	0.1243	0.1305
Netherlands	0.1357	0.1708	0.2052
Austria	0.1316	0.1695	0.2034
Poland	0.0884	0.1092	0.1343
Portugal	0.1103	0.1751	0.2154
Romania	0.0983	0.1141	0.1358
Slovenia	0.1125	0.1339	0.1634
Slovakia	0.0962	0.1314	0.1577
Finland	0.1173	0.1398	0.1734
Sweden	0.1297	0.1612	0.2015
United Kingdom	0.1450	0.2021	0.2122
Iceland	0.1112	0.1134	0.1406
Liechtenstein	:	:	:
Norway	0.1360	0.1529	0.1867
Montenegro	0.0834	0.0850	0.1032
North Macedonia	0.0664	0.0664	0.0783
Albania	:	:	:
Serbia	0.0541	0.0589	0.0706
Turkey	0.0684	0.0718	0.0847
Bosnia and Herzegovina	0.0729	0.0746	0.0873
Kosovo (under United Nations supervision)	0.0537	0.0556	0.0600
Moldova	0.0936	0.0936	0.0936
Ukraine	0.0369	0.0369	0.0442

FIGURA 23: PREÇO POR KILOWATT-HORA NA UNIÃO EUROPEIA

Em acréscimo, atualmente existem muitos outros problemas relacionados ao excessivo consumo de energias fósseis, como o petróleo, e, portanto, à necessidade de energias mais limpas e ecológicas. Assim, a tendência do mercado atual é a de fundir carros autónomos com elétricos, híbridos, e outros com diferentes fontes energéticas, menos poluentes. Desta forma, se os automóveis autónomos exigem já um elevado consumo energético por parte de servidores, então veículos autónomos e elétricos são absurdamente mais dispendiosos, tornando-se de facto insustentáveis nos dias de hoje.



**FIGURA 24: TESLA SUPERCHARGERS**

Para além das adversidades mencionadas, há também a necessidade de existência de várias equipas de trabalho especializadas, que deverão criar auxílios de navegação e outros utensílios de suporte ao veículo, como, por exemplo, um aperfeiçoamento do sistema de GPS que permita que o sistema saiba à priori a forma da estrada, visto que muitas estradas públicas de muitos países têm imperfeições ou mesmo defeitos, e portanto pode dar-se o caso de o carro autónomo estar a circular numa via isenta de marcas rodoviárias, logo teria dificuldades em determinar o início e fim de uma faixa. Uma das exigências do mercado será a de que estes veículos sejam capazes de andar inclusive fora de estradas, como em residências privadas ou puros descampados, o que mais uma vez requer a utilização de outras fontes de informação como a referida.



**FIGURA 25: AMBIENTE DESFAVORÁVEL À CONDUÇÃO AUTÓNOMA**

Estas equipas terão também que estar aptas a combater ataques cibernéticos, já que, estando muitos veículos ligados em rede simultaneamente, qualquer avaria no sistema ou tentativa de hack pode resultar em dezenas ou centenas de mortes, logo essa dita rede, capaz de gerir o tráfego de uma cidade inteira, deve ser constantemente atualizada e reforçada.



Por fim, existem ainda muitos outros obstáculos na implementação dos veículos autónomos, alguns dos quais de índoles menos técnicas e comerciais, nomeadamente de caráter ético, assente na dificuldade em saber qual deve ser a prioridade do veículo, o proprietário do mesmo ou um transeunte, no caso de um inevitável desastre, e quem deve ser responsabilizado pelo ocorrido.

## Ética

Existem inúmeras questões no âmbito de veículos autónomos que têm sido intensamente debatidas por várias entidades competentes como engenheiros, políticos, filósofos, entre outros, e que envolvem cenários nos quais a conduta a ser tomada não é, de longe, evidente. Na verdade, muitos desses cenários estudados e discutidos são dilemas desastrosos e trágicos, por vezes quase impensáveis, e que se devem principalmente a incertezas como a falta de conhecimento e a incapacidade de previsão de todas as consequências possíveis, como, por exemplo, quem será afetado e em que grau, como será a humanidade afetada, um país em específico, entre muitas outras variáveis.



FIGURA 26: IMAGEM ILUSTRATIVA DE DECISÕES A TOMAR

Desta forma, os algoritmos passarão a ter em conta fundos políticos e normas éticas, sendo o papel de um engenheiro bastante importante e por vezes delicado, já que é responsável por incluir no sistema este vasto conjunto de aspetos e considerações. Um algoritmo de *Machine Learning* pode ser capaz de simular a condução humana, assim como a ligação em rede de veículos pode também diminuir a taxa de acidentes e de mortalidade, ao anular o erro humano e tomar melhores e mais rápidas decisões, contudo mantém-se ainda imensos dos problemas passados, associados à mobilidade e segurança nas estradas.



De qualquer modo, carros não devem conduzir como humanos, pois muitas vezes as condutas éticas de um indivíduo levam-no, em casos de perigo, a tomar decisões baseadas em fatores como a raça ou a posição social dos indivíduos que pode ou não prejudicar. Pode até optar por se importar apenas consigo, causando sofrimento a inúmeras pessoas, e há inclusive quem nem sequer reaja e acabe por prejudicar todos, o que provavelmente nunca aconteceria com um veículo autónomo, que deve alcançar o equilíbrio entre a segurança de peões e de passageiros.

Um carro, mesmo à velocidade de um pedestre pode ter um acidente e magoar alguém. Mas o ritmo de caminhada é, obviamente, muito lento. Porém, o consumidor comum procura carros que o coloquem o mais rápido possível num destino. Portanto, qual deve ser o ponto de equilíbrio entre segurança e mobilidade? Que velocidade é satisfatoriamente segura para cada local ou situação?

Alguns dos problemas éticos devem ser resolvidos com base em decisões políticas conjuntas. Provavelmente, este tipo de veículo terá de ter em consideração a zona onde se encontra e o regulamento de cada país, de modo a agir em conformidade com a lei local.



FIGURA 27: CONECTIVIDADE ENTRE VEÍCULOS

Acredita-se que, muito possivelmente, a resposta esteja em parte na existência de um trabalho coletivo, em rede, com base na conectividade já abordada, ou seja, recorre-se à comunicação entre veículos de modo a que o tempo seja aproveitado da melhor forma, levando a uma maior fluidez do trânsito em grandes e pequenas cidades.

A resolução apresentada, apesar de eficaz, exigiria que os cidadãos concordassem em ter ou utilizar meios de transporte autónomos, que tenham algoritmos que podem não os favorecer, mas sim ao maior número de pessoas. Este é, mais do que nunca, o grande desafio de vários engenheiros, políticos e filósofos: melhorar a tragédia final, no caso de inevitável, e aperfeiçoar o algoritmo da rede, por parte dos engenheiros, e sensibilizar a sociedade para aceitar o favorecimento do maior número.

Um veículo, ainda que autónomo, irá sempre seguir as diretrizes do seu programa, que são definidas e impostas pelos seus desenvolvedores, e que são, em contrapartida, muito rejeitadas pela comunidade. Portanto, no domínio da ética, para além de se combater os problemas isolados e desastres imprevisíveis, é também necessário alterar o pensamento da sociedade, erradicando o egoísmo e preconceitos, característicos do Homem.



# Bibliografia

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ve%C3%ADculo\\_aut%C3%B4nomo#Vantagens\\_poss%C3%ADveis](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ve%C3%ADculo_aut%C3%B4nomo#Vantagens_poss%C3%ADveis)

<https://observador.pt/2019/01/30/mortes-na-estrada-sob-influencia-de-alcool-atingem-valor-mais-alto/>

<https://www.ford.pt/compra/explore/tecnologias-comerciais/experiencia-de-conducao/auxiliar-de-estacionamento-ativo>

<https://blog.nakata.com.br/carros-autonomos-guia-completo-para-entender-tudo-sobre-o-assunto/>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2mera\\_estereosc%C3%B3pica#Tipos\\_de\\_c%C3%A2meras\\_estereosc%C3%B3picas](https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2mera_estereosc%C3%B3pica#Tipos_de_c%C3%A2meras_estereosc%C3%B3picas)

[https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2mera\\_de\\_infravermelho](https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2mera_de_infravermelho)

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Radar>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sonar>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/LIDAR>

<http://www.mra.pt/industria/actualidade/tecnologia-lidar-para-representacao-em-3d-de-qualquer-situacao/>

[http://exameinformatica.sapo.pt/mobilidade\\_inteligente/2017-11-08-A-tecnologia-que-vai-dar-visao-sobre-humana-aos-carros-autonomos](http://exameinformatica.sapo.pt/mobilidade_inteligente/2017-11-08-A-tecnologia-que-vai-dar-visao-sobre-humana-aos-carros-autonomos)

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Waymo>

[https://www.theregister.co.uk/2018/03/28/uber\\_selfdriving\\_death\\_may\\_have\\_been\\_due\\_to\\_lidar\\_blind\\_spot/](https://www.theregister.co.uk/2018/03/28/uber_selfdriving_death_may_have_been_due_to_lidar_blind_spot/)

<https://tek.sapo.pt/amp/multimedia/artigos/de-que-forma-e-que-os-veiculos-autonomos-veem-o-mundo-e-tomam-decisoes>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_de\\_Kalman](https://pt.wikipedia.org/wiki/Filtro_de_Kalman)

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Algoritmo-de-filtro-e-fusao-de-dados-dos-sensores-inerciais-Fonte-MADGWICK\\_fig5\\_308780687](https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Algoritmo-de-filtro-e-fusao-de-dados-dos-sensores-inerciais-Fonte-MADGWICK_fig5_308780687)

<https://medium.com/@web2ajax/filtro-de-kalman-6e84f82993fc>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Intelig%C3%A2ncia\\_artificial](https://pt.wikipedia.org/wiki/Intelig%C3%A2ncia_artificial)

<https://rockcontent.com/blog/inteligencia-artificial/>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Erro\\_quadric%C3%A1tico\\_m%C3%A9dio](https://pt.wikipedia.org/wiki/Erro_quadric%C3%A1tico_m%C3%A9dio)

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o\\_qu%C3%A2ntica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o_qu%C3%A2ntica)

<https://www.theverge.com/circuitbreaker/2017/1/25/14390182/d-wave-q2000-quantum-computer-price-release-date>

<https://www.pordata.pt/Europa/N%C3%BAmero+de+ve%C3%ADculos+ligeiros+de+passageiros+por+mil+habitantes-3078>

<https://cio.com.br/uma-das-chaves-para-o-automovel-autonomo-esta-no-data-center/>

<https://automais.autosport.pt/noticias/scoop-infraestrutura-da-renault-veiculos-autonomos/>

<https://blog.runrun.it/edge-computing/>

<https://abertoatedemadrugada.com/2014/09/velodyne-tem-lidar-mais-compacto-e.html>

<https://www.docstibrasil.com.br/energia-de-um-datacenter/>

[https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK\\_DS-052780\\_QID\\_-580AE18B\\_UID\\_-3F171EB0&layout=CURRENCY,L,X,0;TAX,L,X,1;GEO,L,Y,0;PRODUCT,L,Z,0;CONSOM,L,Z,1;UNIT,L,Z,2;TIME,C,Z,3;INDICATORS,C,Z,4;&zSelection=DS-052780INDICATORS,OBS\\_FLAG;DS-052780CONSOM,4161903;DS-052780UNIT,KWH;DS-052780TIME,2019S1;DS-052780PRODUCT,6000;&rankName1=UNIT\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName2=CONSOM\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName3=INDICATORS\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName4=PRODUCT\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName5=TIME\\_1\\_0\\_0\\_0&rankName6=CURRENCY\\_1\\_2\\_0\\_0&rankName7=TAX\\_1\\_2\\_1\\_0&rankName8=GEO\\_1\\_2\\_0\\_1&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time\\_mod=e=ROLLING&time\\_most\\_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK_DS-052780_QID_-580AE18B_UID_-3F171EB0&layout=CURRENCY,L,X,0;TAX,L,X,1;GEO,L,Y,0;PRODUCT,L,Z,0;CONSOM,L,Z,1;UNIT,L,Z,2;TIME,C,Z,3;INDICATORS,C,Z,4;&zSelection=DS-052780INDICATORS,OBS_FLAG;DS-052780CONSOM,4161903;DS-052780UNIT,KWH;DS-052780TIME,2019S1;DS-052780PRODUCT,6000;&rankName1=UNIT_1_2_-1_2&rankName2=CONSOM_1_2_-1_2&rankName3=INDICATORS_1_2_-1_2&rankName4=PRODUCT_1_2_-1_2&rankName5=TIME_1_0_0_0&rankName6=CURRENCY_1_2_0_0&rankName7=TAX_1_2_1_0&rankName8=GEO_1_2_0_1&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time_mod=e=ROLLING&time_most_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23)

<https://www.youtube.com/watch?v=ixloDYVfKA0>

<https://www.youtube.com/watch?v=OILFK8oSNEM>