

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO**

*Centro CCT*

*Labotatório LCMAT*

*Relatório do período: Junho 2022 - Maio 2023*

**Relatório Anual PIBi**

**Bolsista:** Daniel Terra Gomes

**Matrícula:** 00119110484

**Orientadora:** Prof. Dra. Annabell Del Real Tamariz

**Curso:** Bacharelado em Ciência da Computação

**Titulo do Projeto:** Veículos Autônomos no Brasil e suas tecnologias.

**Título do Plano de Trabalho:** Ponta do Iceberg: primeiros passos na Ciência de dados

**Fonte financiadora:** PIBICT/UENF

*“Behind me lies a farm.  
I wonder if there is bread above the hearth  
and if I will ever return.”*  
*(Pantheon, League of Legends)*

# **Lista de ilustrações**

Figura 1 – Etapas da pesquisa Bibliográfica. . . . .	11
Figura 2 – Impacto dos níveis de autonomia no congestionamento ao longo do tempo (LAGE, 2019). . . . .	15
Figura 3 – Mapeando a relação entrelaçada entre as implicações dos VAs (verde = benefício, vermelho = risco, laranja = mudança incerta) (OTHMAN, 2021). . . . .	16
Figura 4 – Resumo dos benefícios dos VAs e aplicações (OTHMAN, 2021). . . . .	19
Figura 5 – Resultado do relatório 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index (KPMG International, 2020). . . . .	20
Figura 6 – Posição do Brasil no relatório (KPMG International, 2020). . . . .	21
Figura 7 – Força inovadora por país (CCI..., 2022). . . . .	22
Figura 8 – Resumo do nível de consciência em diferentes países com diferentes níveis de PIB (OTHMAN, 2021). . . . .	22
Figura 9 – Resumo do nível de aceitação pública em relação aos VAs em diferentes países com diferentes níveis de PIB (OTHMAN, 2021). . . . .	23
Figura 10 – Os sucessos alcançados pelos vinte e cinco principais países até agora em relação aos VAs em termos de política e legislação, tecnologia e inovação e infraestrutura (MUHAMMAD AMIN ULLAH, 2021). . . . .	23
Figura 11 – Níveis de Automação de condução PT-BR . . . . .	25
Figura 12 – SAE J3016TM levels of driving automation . . . . .	26
Figura 13 – Níveis de Autonomia (PAREKH NISHI PODDAR, 2022). . . . .	29
Figura 14 – Lista potencial de mercado de Serviços conectados em todo o mundo em 2030, por casos de uso (AUTONOMEN..., 2021). . . . .	30
Figura 15 – Listas das empresas no domínio dos sistemas de condução autónoma (Nível 4/5) 2021 (AUTONOMEN..., 2021). . . . .	32
Figura 16 – Resumo dos resultados de estudos anteriores que analisam o impacto dos VAs nas economias (OTHMAN, 2021). . . . .	33
Figura 17 – Componentes de um veículo autônomo. (SINGH, 2022). . . . .	34
Figura 18 – Certificado de conclusão do curso Google Data Analytics. . . . .	38
Figura 19 – Certificado de conclusão ao curso Design for Privacy. . . . .	38
Figura 20 – Certificado de conclusão ao curso Direitos humanos e Inteligência Artificial.	39

# **Lista de abreviaturas e siglas**

VA	Veículo Autônomo
VAs	Veículos Autônomos
ML	Machine Learning
IA	Inteligência Artificial
SAE	Society of Automotive Engineers
ADAS	Advanced Driver-Assistance System
MaaS	Mobility as a service
ADS	Automated Driving System
DDT	Dynamic Driving Task
ADS-DV	ADS-dedicated vehicle

# Sumário

<b>Introdução</b>	6
<b>1 ETAPAS PROPOSTAS NO PLANO DE TRABALHO</b>	9
<b>2 OBJETIVOS</b>	10
<b>2.1 Objetivo Geral</b>	10
<b>2.2 Objetivos em Específico</b>	10
<b>3 METODOLOGIA</b>	11
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	14
<b>4.1 Veículos Autônomos no Brasil e no mundo</b>	14
4.1.1 Implementação de Veículos Autônomos no Brasil e no Mundo	14
4.1.1.1 Expectativas com a implementação dos Veículos Autônomos	14
4.1.1.1.1 Implementação em setores industriais	16
4.1.1.2 Veículo Autônomo e áreas de implementação	17
4.1.2 O cenário de aplicação de Veículos Autônomos	19
<b>4.2 Veículos Autônomos e suas perspectivas</b>	24
4.2.1 Nível de condução autônoma	24
4.2.2 Condução Autônoma e mercado tecnológico	29
4.2.2.1 VAs no mercado	32
<b>4.3 Tecnologias Essenciais para a Direção Autônoma</b>	33
4.3.1 Sensores Usados em Veículos Autônomos	33
<b>5 CONCLUSÕES</b>	35
<b>6 PERSPECTIVA DE CONTINUIDADE</b>	36
<b>7 PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS E TRABALHOS PUBLICADOS OU SUBMETIDOS E OUTRAS ATIVIDADES ACADÊMICAS E DE PESQUISA</b>	37
<b>8 DATAS E ASSINATURAS</b>	40
<b>8.1 Data e assinatura do bolsista (assinatura digitalizada)</b>	40
<b>8.2 Data e assinatura do orientador (assinatura digitalizada)</b>	40
<b>REFERÊNCIAS</b>	41

# Introdução

Veículos são partes essenciais de nossas vidas, fazemos uso para ir a universidade, trabalho, escola, compras, viagens e muito mais. Sendo um dos principais meios de transporte em nossa sociedade. Todavia, com o passar do tempo, buscamos maneiras de tornar nossas vidas mais práticas, e automatizadas. A partir destas necessidades surgem os veículos autônomos, que são veículos capazes de fazer sentido do que está ao seu redor e operar sem a necessidade de intervenção humana. Suas principais características são suportar recursos como detecção do ambiente, conexão com a internet, seguir às diretrizes de trânsito, navegar por conta própria em diferentes níveis de automação, tomar decisões de maneira rápidas e eficiente, garantir a segurança de pedestres e passageiros, estacionar, etc.

Veículos autônomos (VAs) e as tecnologias associadas para a execução dos seus recursos ganharam rapidamente a atenção da comunidade de pesquisa e indústria. Desse modo, tanto a indústria quanto às comunidades de pesquisa têm trabalhado em abordagens de solução para realizar a direção autônoma de veículos de maneira mais otimizada possível, com foco em enriquecer a percepção do veículo, melhorar a tomada de decisões, implantar e aperfeiçoar a inteligência nos veículos, sofisticar as tecnologias de comunicação para permitir um veículo confiável e com comunicação em tempo real para tudo em sua volta. Tudo isso fazendo uso de tecnologias sensoriais como: visão computacional, odometria, GPS, lasers, sensores, sistema de mapeamento para navegar, entre outros.

Toda essa atenção, e necessidades de aprimoramento tecnológico faz essa categoria de veículos ganhar, progressivamente, penetração no mercado global. Fazendo com que em 2019 houvesse 31 milhões de máquinas com algum nível de automação em operação em todo o mundo, esse número deve aumentar para 54 milhões até 2024 ([IGNATIOUS HESHAM-EL-SAYED, 2022](#)). Mostrando uma tendência em automação de máquinas que antes eram operadas apenas por seres humanos. Dentre os incentivos para a implementação dessa tecnologia está a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>. Visto que, são veículos unicamente elétricos ou híbridos, não fazem a queima de combustíveis fósseis, levando a diminuição na emissão desses gases. Todavia, há toda uma perspectiva que os VAs, hoje, podem ter uma emissão equivalente a todos os Data Centers em funcionamento, ou 0,3% das emissões globais. Isso devido ao poder computacional exigido por essas máquinas inteligentes para processar o mundo a sua volta. Todo esse uso de recurso é equivalente a todo o país da Argentina, aproximadamente. Com um computador de controle mais poderoso de 3.100 watts, por exemplo, essas máquinas inteligentes irão emitir mais que o dobro disso, ou cerca de 1% das emissões globais ([DREIBELBIS, 2023](#)). Além disso, devido ao aumento da consciência ambiental, a sociedade iniciou um processo de endurecimento

da legislação nos países ricos contra a emissão de poluentes, o que levou à promoção da introdução da indústria de geração de energia a partir de fontes renováveis como a energia solar, e no setor de transportes o incentivo a adoção de veículos elétricos.

Ademais, devido à rápida urbanização os congestionamentos se tornaram problemas contínuos para muitos centros urbanos em todo o mundo, levando a atrasos excessivos, poluição sonora e do ar, motoristas frustrados e alto consumo de energia. Os veículos totalmente autônomos vem como uma potencial solução para a solução desse problema. A partir do aumento da capacidade dos VAs de transitar por meio de pelotão de veículos, e, também, com menor impacto na ocupação do solo devido à redução da demanda de vagas de estacionamento disponíveis, além de permitir o acesso básico ao transporte para indivíduos que não podem conduzir veículos, impulsionando e promovendo a equidade entre os cidadãos ([NEUFVILLE, 2022](#)).

Os VAs, também, vem como uma solução para a diminuição das mortes no trânsito. Estima-se que no brasil o número de mortes em acidentes de transporte terrestre no período de 2019 foi de 31.945 ([PNATRANS, 2021](#)). Além disso, é previsto que até 2030 as colisões fatais no trânsito serão a quinta fonte de mortes nos países em desenvolvimento. Em geral, o fator humano é a principal fonte que causa a maioria dos acidentes de trânsito e o impacto desse fator aumenta ou se torna mais grave nos países em desenvolvimento. Assim, a eliminação do fator humano salvará a vida de muitas pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento ([OTHMAN, 2021](#)).

Por fim, apesar das especulações e entusiasmos sobre os VAs, ainda pouco se sabe sobre as implicações no meio ambiente e na sociedade. Assim, os principais objetivos neste relatório de projeto são apresentar as perspectivas de implementação, esboçar cenários do mercado tecnológico, tecnologias essenciais para operação, e características únicas dos VAs. A fim de enriquecer os conhecimentos sobre esse setor e fornecer algumas direções para o futuro dos VAs no Brasil e no mundo.

O relatório está estruturado da seguinte forma: a seção [1](#) apresenta as etapas propostas no *plano de trabalho*, enquanto a seção [2](#) mostra a principal motivação e objetivos deste estudo. A seção [3](#) apresenta a metodologia utilizada neste estudo. A seção [4](#) analisa o impacto dos VAs nos diferentes aspectos investigados neste estudo, discute os principais benefícios e desafios da implantação de VAs em países pelo mundo, e apresenta as tecnologias fundamentais para a operação de VAs. A seção [5](#) demonstra os cumprimentos do *plano de trabalho* referente a este relatório. A seção [6](#) apresenta a perspectiva de continuidade dos estudos do bolsista, de modo a aprimorar seus conhecimentos e aprofundar em partes essenciais para esse estudo. A seção [7](#) apresenta a participação em eventos, cursos e atividades do bolsista. Finalmente, a seção [8](#) assinatura do bolsista e da sua orientadora.

Uma lista das principais siglas usadas ao longo do relatório é fornecida na Página

4.

# 1 Etapas propostas no Plano de Trabalho

As etapas do plano de trabalho buscaram direcionar as atividades de pesquisa de modo que a cada passo o bolsista conseguisse formar uma base sólida de entendimento da sua área de pesquisa. A fim de alcançar os objetivos do Projeto de Pesquisa as etapas a seguir foram estipuladas:

1. Estudo bibliográfico das perspectivas nacional e internacional no que diz respeito a veículos autônomos;
2. Pesquisa bibliográfica para compreender o que busca economicamente e tecnologicamente o mercado internacional e nacional em relação a veículos autônomos;
3. Aprender quais são os diferentes tipos de veículos autônomos;
4. Pesquisa bibliográfica das tecnologias essenciais de um carro autônomo;
5. Mapear e entender os principais softwares de controle de um carro autônomo;
6. Elaboração do Relatório Final.

No decorrer desse ano de pesquisas foi possível desenvolver, de forma satisfatória, todas as etapas do projeto. Contudo, a etapa 5 devido a sua grandiosidade necessita de uma pesquisa única e mais aprofundada. De modo a aprofundar e consolidar os conhecimentos do bolsista na área de software para a direção autônoma.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Neste primeiro ano, os nossos objetivos foram documentar e entender o cenário de Veículos Autônomos no mundo e nesse processo contrastar com o brasileiro. De modo, a compreender o cenário automobilístico e suas expectativas para essa categoria de veículos. Portanto, foi buscado identificar as principais diferenças entre esses veículos e o que se espera economicamente e tecnologicamente dessa tecnologia, tanto para o Brasil e o mundo. Por fim, mapeamos quais são os principais recursos tecnológicos que fazem esses veículos possíveis.

### 2.2 Objetivos em Específico

1. Entender o cenário de Veículos Autônomos no mundo, e contrastar com o brasileiro:
  - a) Compreender o cenário automobilístico brasileiro, e as suas expectativas para essa tecnologia.
  - b) Contrastar o mercado de veículos autônomos mundial com o brasileiro, buscando decifrar o que é necessário para a aplicação dessa tecnologia no país.
2. Estudar as principais empresas de pesquisa que trabalham com Veículos Autônomos no mundo, e o que buscam economicamente e tecnologicamente no setor:
  - a) Identificar se buscam diferentes tipos de Carros Autônomos. Assim como entender as suas possíveis principais diferenças.
  - b) Entender o que essas empresas buscam alcançar economicamente, e tecnologicamente ao inserir essa tecnologia no mercado.
  - c) Conhecer as mudanças econômicas que carros autônomos podem trazer para a sociedade brasileira.
3. Mapear as tecnologias essenciais para a Direção Autônoma:
  - a) Documentar quais são os Softwares, algoritmos de controle, e sensores usados nesses veículos.

### 3 Metodologia

Utilizamos uma metodologia, com o fim de revisar a literatura existente, que tem como essência desenvolver e colocar o bolsista em contato direto com todo material já desenvolvido em relação a esta iniciação científica, constituído principalmente de: artigos científicos, cursos online, publicações em periódicos, jornais online, monografias e dissertações.

Nesse formato metodológico, pesquisa bibliográfica, foi possível ter contato e se fundamentar com os principais materiais da atualidade relacionados a veículos autônomos. De modo a ter contato com o que há de mais recente sobre o assunto.

Ressaltamos que, com o decorrer das pesquisas, foram encontradas fontes relevantes, que já possuem mais de 3 anos desde sua publicação. Devido a isso, o bolsista tomou essas publicações como ponto de partida para atualizar-se sobre o que há de mais novo sobre o assunto, de maneira a sempre manter o conteúdo deste relatório o mais atual possível.

A pesquisa bibliográfica seguiu as seguintes etapas ([SOUSA, 2021](#)):

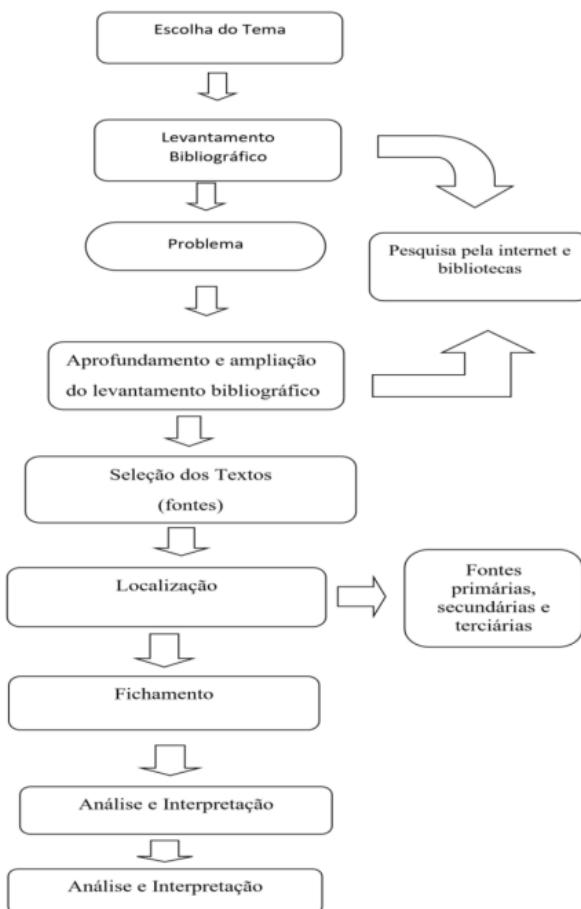


Figura 1 – Etapas da pesquisa Bibliográfica.

As etapas apresentadas acima foram seguidas pelo bolsista de modo a auxiliá-lo na delimitação do tema a ser pesquisado e em sua organização.

A seguir forneceremos detalhamento para as etapas (Figura 1) da pesquisa bibliográfica desenvolvida neste projeto:

- **Escolha do tema:** A escolha do tema foi feita no desenvolvimento do Plano de Trabalho para essa Iniciação Científica; Veículos Autônomos e suas tecnologias.
- **Levantamento Bibliográfico:** O bolsista fez o seu levantamento preliminar através dos seguintes meios na internet (Google academic, Google livros, biblioteca virtual, bibliotecas, site das bibliotecas de universidades, CAPES e outros). Foram pesquisadas referências na plataforma scholar.google.com, no portal do Periódico CAPES, e jornais e artigos pela internet. A busca nos bancos de dados abrangeu os anos de 2022 a 2023. Contudo, a partir de pesquisas na internet, também, fizemos uso de materiais publicados a partir de 2019. Como palavra-chave utilizou-se os termos: Autonomous Vehicles, Autonomous, Cars, Mobility, Connected Car, AV, TaxiBot, e self-driving cars. A pesquisa limitou-se nos idiomas inglês, português, alemão, e espanhol (ordenado por mais uso).
- **O problema:** Devido ao enquadramento dessa pesquisa, por visar unicamente o enriquecimento do bolsista sobre os materiais já desenvolvidos sobre o tema. Este trabalho não busca responder, necessariamente, a um problema de pesquisa. Devido a isso, podemos enquadrar nossos Objetivos (seção 2) nessa etapa, de modo a ser nossa estrela guia para desenvolver a pesquisa.
- **Aprofundamento e ampliação do levantamento bibliográfico:** Buscamos por obras (artigos, teses, matérias) mais recentes, dos últimos 3 anos, para nos mantermos atualizados evitando conteúdos obsoletos. Mantivemos um número razoável de fontes bibliográficas, de modo que o bolsista não se perdesse durante o desenvolvimento de sua pesquisa.
- **Seleção das fontes:** Houve a seleção das fontes mais relevantes para o projeto a partir de filtros: o primeiro filtro ocorreu pela leitura dos seus títulos, sendo selecionados os que se referiam as palavras-chave apresentadas no *Levantamento Bibliográfico*. A segunda filtragem foi realizada a partir da leitura dos resumos. Neste filtro foi possível identificar publicações que apresentaram relevância para o nosso tema. Portanto, por meio de uma leitura crítica o bolsista buscou assimilar as obras levantadas, sempre analisando se faria sentido usá-las para o desenvolvimento do projeto.

- **Localização das fontes:** Como apresentado na etapa de *Levantamento Bibliográfico* estaremos fazendo uso de recursos online para este projeto. Sobretudo, da plataforma CAPES.
- **Fichamento:** Para este projeto não foi realizada a classificação dos artigos encontrados. Entretanto, nessa etapa, foram feitos resumos e rascunhos de modo a auxiliar o bolsista no firmamento de seus conhecimentos, e no desenvolvimento do relatório final.
- **Análise e Interpretação:** Buscamos averiguar se os materiais encontrados contém valor teórico para o projeto, se sofreu alterações, interpolações, e possíveis falsificações ao longo do tempo. Houve, também, a checagem das fontes dos materiais apresentados, de modo a sempre buscar pela fonte principal do assunto, e nos principais meios de mídias globais.

Como apresentado no plano de trabalho, a Iniciação Científica buscou seguir um princípio metodológico “Project-based learning” ([KRAJCIK; BLUMENFELD, 2006](#)), que visa construir soluções a partir de problemas reais em nossa sociedade. Visto que, é uma modalidade de estudo que deixa as pessoas envolvidas livres para seguir a sua curiosidade, desejo de resolver os problemas encontrados pelo caminho e de buscar por mais informações para resolvê-los, contempla os objetivos desejados para a realização de maneira satisfatória deste projeto.

Além disso, as pesquisas fundamentam-se no método de pesquisa Revisão Sistêmática de Literatura (RSL) que segundo Maria Cristiane ([RICARTE, 2020](#)), e Nakano ([NAKANO, 2018](#)) refere-se a um tipo de investigação que se concentra em uma questão bem definida, visando identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências disponíveis relacionadas a uma questão formulada de interesse para o pesquisador, esse princípio e método foram utilizados nas etapas definidas na figura 1 .

Por fim, enaltecemos que devido ao formato de pesquisa, as fontes do bolsista foram crescendo com o passar do tempo e de suas pesquisas. Portanto, o seu levantamento bibliográfico encontra-se muito mais rico comparado com o início de sua seleção bibliográfica.

O bolsista, também, utilizou dos seguintes formatos de aprendizado durante o desenvolvimento do projeto.

- *Cursos e minicursos;*
- *Participação em eventos.*

# 4 Resultados e Discussão

## 4.1 Veículos Autônomos no Brasil e no mundo

Nesta seção tratamos do potencial transformativo dos VAs, focamos em pesquisas que nos trouxeram tendências, benefícios, e problemas para implementação de VAs no Brasil e no mundo. No aspecto de implementação, foi possível identificar setores da sociedade em que VAs podem ser amplamente utilizados e áreas em que já são aplicados na atualidade. Ademais, durante as pesquisas, foi encontrado relatórios e artigos que nos trouxeram uma visão analítica do cenário de VAs para 30 países do mundo, nos enriquecendo com dados concretos do cenário atual para essa categoria de veículos.

### 4.1.1 Implementação de Veículos Autônomos no Brasil e no Mundo

Antes de entendermos como implementá-lo, precisamos entender quais são esses veículos: Veículos autônomos são todos os veículos que não exigem um motorista humano de maneira parcial ou total para conduzi-los, ou seja, veículos que podem dirigir sozinhos. Alguns veículos que podem ser considerados autônomos já fazem parte do cotidiano de certas cidades, são os metrôs e trens que não precisam de motorista, ou o motorista só está ali para casos extremos. No entanto, com os últimos avanços e inovações tecnológicas, a automação está se expandindo não apenas para trens, mas também para carros, caminhões, ônibus, escavadeiras (entre outros veículos industriais) e até barcos, navios e aviões. Com a automação desses meios de transporte, o mundo experimentará uma reviravolta sem precedentes ([LAGE, 2019](#)).

Nesse aspecto, o estudo de sua implementação, a ser desenvolvido nos próximos subcapítulos, é fundamental para compreendermos quais âmbitos da nossa sociedade essa categoria de veículos podem ser alocados, e os benefícios e dificuldades de sua implementação no Brasil e no mundo.

#### 4.1.1.1 Expectativas com a implementação dos Veículos Autônomos

Devido ao seu potencial transformativo, vários benefícios são esperados. Entre esses benefícios e expectativas estão o de redução de acidentes de trânsito. Estima-se que no brasil o número de mortes em acidentes de transporte terrestre no período de 2019 foi de 31.945 ([PNATRANS, 2021](#)). Veículos autônomos vêm com a promessa de buscar uma redução nesses números através da retirada do principal causador de acidentes de trânsito: erros humanos.

Ademais, Veículos Autônomos vem como uma forma de minimizar os congestionamentos nas grandes metrópoles. Segundo o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, ([METRÓPOLE, 2018](#)), apenas na hora do rush da manhã o fluxo de viagens de São Gonçalo a Niterói chega a quase 100 mil pessoas sendo transportadas; desses deslocamentos cerca de 80% das viagens são feitas em transporte público – ônibus convencionais. Diante disso, uma das propostas para suprir essa demanda de transporte seria a inclusão de veículos autônomos. Nesse formato, carros poderiam ser solicitados como, hoje, são feitas as corridas de aplicativos, e os ônibus do transporte público poderiam operar por mais horas e com menor custo. Entretanto, ainda seria necessário lidar com outros problemas como a disputa de espaço nas vias, e os engarrafamentos crônicos das cidades; De acordo com informações do levantamento domiciliar realizado durante a elaboração do último PDTU, o tempo médio de deslocamento do centro de São Gonçalo a Niterói é de 50 minutos, devido a problemas relacionados ao grande fluxo de veículos, sendo o transporte público quase 25% maior. Diante disso, os veículos autônomos teriam que disputar espaço nas vias com veículos ainda conduzidos por pessoas. Sabendo que essa categoria será e está sendo implementada de maneira gradual na sociedade, começando por veículos de luxo ([PEREIRA, 2020](#)).

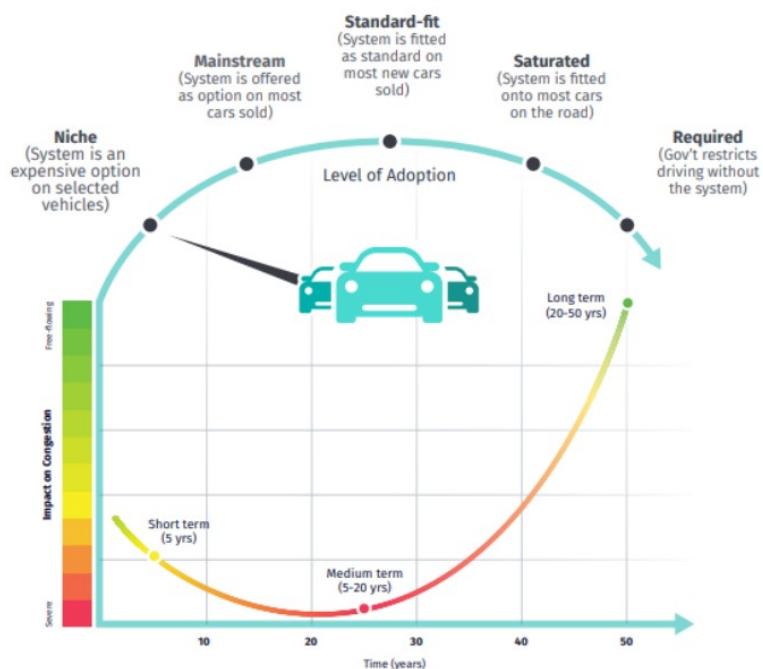


Figura 2 – Impacto dos níveis de autonomia no congestionamento ao longo do tempo ([LAGE, 2019](#)).

Um estudo de casos considerado um cenário onde veículos autônomos têm que lidar com congestionamentos, levaram à conclusão de que o aumento do número de veículos autônomos, totalmente conectados, dirigindo em pelotões dentro de uma rede, reduz os atrasos e congestionamentos. Como resultado, mantém ou melhora o tráfego da rota

escolhida no estudo. O veículo líder do pelotão foi capaz de antecipar mudanças nos sinais e comunicá-los com os veículos de trás, permitindo-lhes um melhor desempenho em cruzamentos sinalizados. Os pelotões também aumentaram a capacidade de rede em links congestionados, permitindo melhor desempenho nos atrasos médios (NEUFVILLE, 2022).

Mapa da visão geral dos benefícios, riscos e mudanças incertas com a aplicação dos VAs na sociedade:

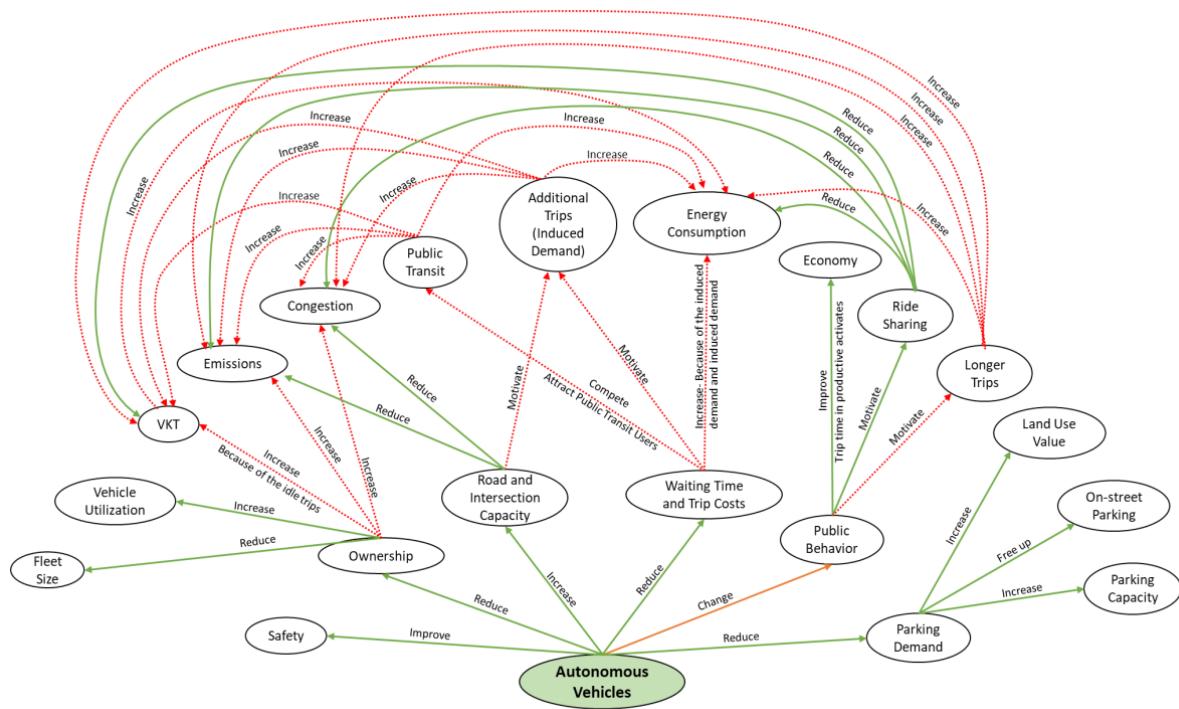


Figura 3 – Mapeando a relação entrelaçada entre as implicações dos VAs (verde = benefício, vermelho = risco, laranja = mudança incerta) (OTHMAN, 2021).

#### 4.1.1.1.1 Implementação em setores industriais

Ainda tratando sobre benefícios em veículos autônomos em nossa sociedade. Há a utilidade dessa categoria em ambiente industrial, onde poderiam operar em indústrias automotiva, indústria de bebidas, indústria eletroeletrônicas, implementos agrícolas, porto, linha de montagem, almoxarifado, etc.

A aplicação de veículos autônomos em portos é uma solução que visa aumentar a eficiência do transporte de contêineres e materiais para os navios e setores de portos. O uso desses veículos aumenta a automação de movimentação logística, acelerando o processo de carga, descarga e armazenamento de carga. Fazendo com que a produção tenha um ganho significativo na competitividade do mercado, aumento da produtividade e redução de custos das indústrias, na qual esforçar-se para otimizar os processos de manuseio de materiais por meio da automação, essas máquinas podem atuar de maneira

ótima em rotas programadas tanto na função de abastecimento nas linhas de produção quanto na transferência entre estações ou áreas do processo produtivo e no transporte de matéria-prima ou produto acabado ([BRITO ELINILCIA RIBEIRO DE ALMEIDA, 2020](#)).

#### 4.1.1.2 Veículo Autônomo e áreas de implementação

Devido a sua simplicidade, segurança e conforto em operação. Podem ser aplicados em diversas áreas e setores da sociedade, como na execução de funções e tarefas de risco e que seres humanos não seriam capazes de realizar, ou na execução de funções exaustivas, onde o ser humano teria uma menor eficiência. Visto que a maioria desses veículos tem suas funções executadas automaticamente, necessitando de nenhum ou pouca supervisão de um humano. Os tornando perfeitos, também, para pessoas com deficiência e idosos viverem suas vidas de forma mais independente.

Aplicações especializadas de veículos autônomos ([SINGH, 2022](#)):

1. **Transporte público:** O Veículo Autônomo (VA) foi introduzido inicialmente no sistema de transporte público na modalidade de operação sem condutor. Hoje em dia, as tendências modernas no transporte público são úteis na região metropolitana para os turistas, próprios cidadãos, etc. Como visto, o transporte é um grande desafio em áreas lotadas, apertadas e desordenadas em várias cidades. Ainda assim, devido à introdução de veículos elétricos autônomos, é possível gerenciar os problemas em locais congestionados. Como mencionado anteriormente, um dos benefícios do trânsito sem motorista seria o melhor serviço para passageiros com deficiência. O serviço de transporte para pessoas com deficiência geralmente é inconveniente, não confiável e caro. Os passageiros com deficiência geralmente precisam reservar uma viagem 24 horas antes da partida e são informados de que a coleta pode ocorrer a qualquer momento durante uma janela de 2 horas ([LUTIN, 2018](#)).
2. **Bonde e Trem Elétrico Autônomo:** O primeiro veículo sobre trilhos elétrico automatizado foi projetado e desenvolvido pela Siemens na Alemanha. Em 2018, o primeiro test drive do bonde foi realizado na Alemanha por sete quilômetros. O uso de dispositivos inteligentes, como câmeras inteligentes, sensores inteligentes e sistemas LiDAR inteligentes baseados em software, é útil para o bonde dirigir em áreas lotadas de várias cidades sem nenhum obstáculo. Devido ao algoritmo inteligente, sistemas inteligentes de monitoramento e controle, um bonde operará com segurança mesmo em áreas lotadas. Diante de qualquer obstáculo, o bonde se encarregará de solucionar a situação com o auxílio de outros aparelhos auxiliares, iniciando-se o trajeto imediatamente após a retirada do obstáculo do seu caminho. Nesse mesmo

sentido, houve o Harry projetado e desenvolvido em 2017, na Inglaterra. Visando suprir a falta de transporte público em algumas localidades de Londres.

3. **Helicóptero Elétrico Autônomo:** O VSR700 é um dos protótipos inovadores de Helicópteros Elétricos Autônomos inventados em 2020 pela Airbus em um teste pesado na França. Ele é projetado e desenvolvido para operar ao lado de vários meios navais. O objetivo é fortalecer os navios, aumentar seu escopo usando sensores inteligentes em associação com helicópteros e aprimorar o cenário de coleta de informações das perspectivas do navio. Os Helicópteros Autônomos estão fazendo o trabalho de vigilância das informações de seus alvos e confirmado o destino de chegar aos navios nos locais desejados.
4. **Caminhão Inteligente Autônomo:** Um caminhão elétrico totalmente automatizado foi projetado e desenvolvido em 2016 com o nome Otto. Sem motorista humano, opera com a ajuda do sistema LIDAR. Esses caminhões modernos minimizam os acidentes e são utilizados para entrega de mercadorias e serviços pesados. Além disso, o caminhão elétrico autônomo Vera, um Volvo, foi projetado e desenvolvido para transportar mercadorias de diversos destinos, como indústrias, estaleiros, minas, portos, pátios de armazenamento e armazéns e possui formas muito eficientes, seguras, limpas e sustentáveis do que os caminhões atuais mais comuns.
5. **Veículo Subaquático Autônomo:** É usado em estudos geográficos da marinha e também é popular no setor técnico e de defesa. A principal função deste veículo é obter uma imagem aprimorada do fundo do mar com uma resolução muito alta da superfície de uma embarcação, ou objeto de investigação.
6. **Veículos Autônomos para Agricultura e Mineração:** Os veículos autônomos são usados no setor agrícola para vários processos agrícolas e usados em tarefas operacionais de mineração. Diferentes tipos de veículos autônomos de agricultura e mineração são tratores agrícolas autônomos, veículos terrestres não tripulados usados para fazendas inteligentes, veículos de mineração, como caminhões de mineração, máquinas automatizadas de mineração, etc.

Ainda na perspectiva de implementação, os VAs podem ser introduzidos no âmbito de veículos de entrega, transporte público, e em um contexto de pandemia na detecção de infectados.

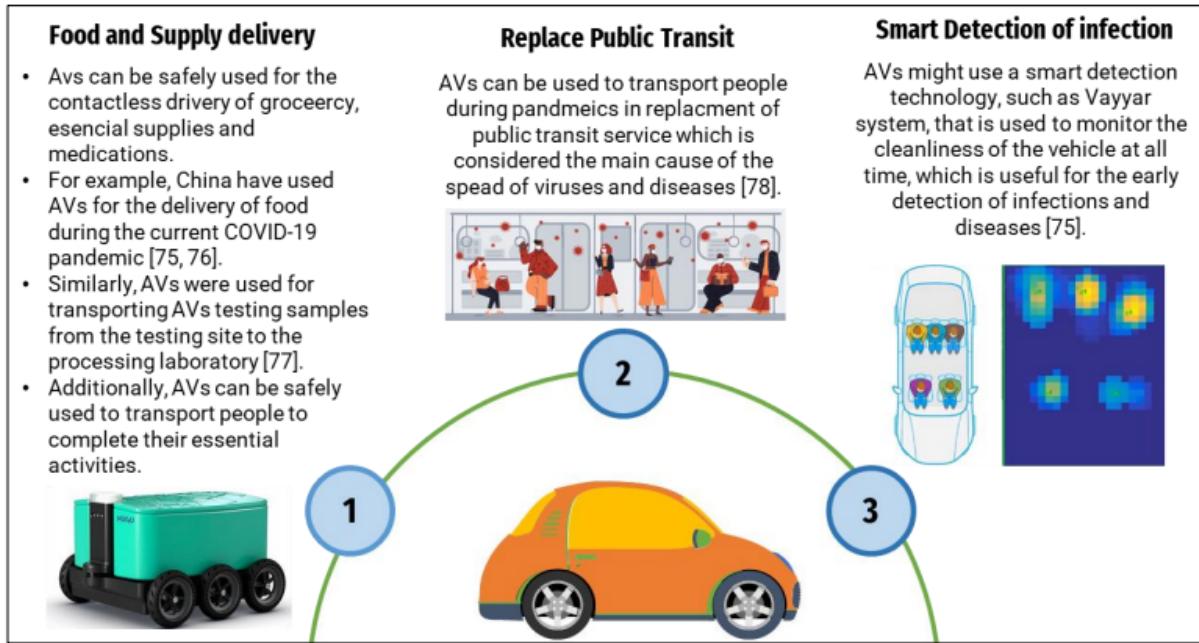


Figura 4 – Resumo dos benefícios dos VAs e aplicações ([OTHMAN, 2021](#)).

#### 4.1.2 O cenário de aplicação de Veículos Autônomos

Segundo o relatório “2020 Autonomous Vehicles Readiness Index” da KPMG; empresa que opera em 143 países e territórios em todo o mundo, oferecendo serviços de auditoria, impostos e consultoria. Este relatório buscou avaliar a preparação de 30 países e jurisdições na corrida por veículos autônomos, sendo uma ferramenta para ajudar a medir o nível de preparação para veículos autônomos. É um índice composto que combina 28 medidas individuais de uma variedade de fontes em uma única pontuação. Mais informações sobre os resultados, metodologia e fontes utilizadas podem ser encontradas em, ([KPMG International, 2020](#)).

Country or jurisdiction	Rank		2020 score
	2020	2019	
Singapore	1	2	25.45
The Netherlands	2	1	25.22
Norway	3	3	24.25
United States	4	4	23.99
Finland	5	6	23.58
Sweden	6	5	23.17
South Korea	7	13	22.71
United Arab Emirates	8	9	22.23
United Kingdom	9	7	21.36
Denmark	10	n/a	21.21
Japan	11	10	20.88
Canada	12	12	20.68
Taiwan	13	n/a	19.97
Germany	14	8	19.88
Australia	15	15	19.70
Israel	16	14	19.40
New Zealand	17	11	19.19
Austria	18	16	19.16
France	19	17	18.59
China	20	20	16.42
Belgium	21	n/a	16.23
Spain	22	18	16.15
Czech Republic	23	19	13.99
Italy	24	n/a	12.70
Hungary	25	21	11.66
Russia	26	22	11.45
Chile	27	n/a	11.28
Mexico	28	23	7.42
India	29	24	6.95
Brazil	30	25	5.49

Figura 5 – Resultado do relatório 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index ([KPMG International, 2020](#)).

Observando o ranking notamos que o Brasil, entre os países estudados, encontra-se na trigésima posição, ficando na última colocação. Dentre os pilares citados e estudados pela KPMG o Brasil apenas não ficou em último lugar na questão de aceitação do consumidor, ficando na vigésima nona posição. Entre os pontos apresentados o estudo ressalta que o governo brasileira está fazendo muito pouco para encorajar a adoção dos VA, refletindo na última posição do ranking AVRI. Isso apesar do entusiasmo do país por novas tecnologias e serviços, como carona, diz Maurício Endo, chefe de governo da KPMG no Brasil e na América do Sul. “Ainda não vemos nenhuma política pública para criar um caminho para que os VAs começem a operar nas cidades”.

O programa Rota 2030, lançado em 2018, oferece incentivos para substituir os tipos de motores tradicionais por híbridos ou Veículos Elétricos, embora esse não seja o objetivo principal. Em Outubro de 2019 houve o lançamento de uma pequena frota de carros elétricos Renault Twizy junto com pontos de recarga em Brasília, permitindo que funcionários públicos se desloquem entre prédios do governo de maneira mais econômica e com menos emissões de carbono do que antes.

Por outro lado, o setor privado é mais ativo, embora se concentre nos usos das vias públicas. Em janeiro de 2020, a montadora brasileira de veículos Hitech Electric lançou o que chamou de primeiro VA desenvolvido no país. O e.coTech4 elétrico de dois lugares, que pode atingir velocidades de 50 km/h, está inicialmente disponível apenas para aluguel corporativo em áreas fechadas, como áreas industriais, campus universitários e resorts (KPMG International, 2020).

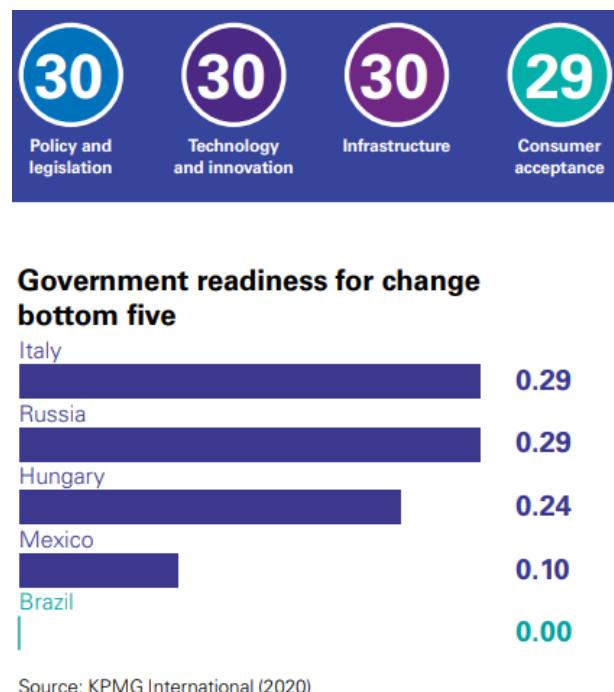


Figura 6 – Posição do Brasil no relatório (KPMG International, 2020).

Ademais, temos o estudo anual da indústria do *Connected Car Innovation* (CCI) formulou um índice que busca pesquisar empiricamente e comparar o desempenho e a força inovadora de 28 fabricantes globais de automóveis nas áreas de veículos e serviços conectados, bem como sua força de mercado usando vários indicadores. O estudo é baseado no banco de dados de inovação do Centro de Gestão Automotiva (CAM) (CCI..., 2022). A partir deste estudo, podemos identificar que o Brasil não encontra-se como uma força inovadora nas áreas de arquitetura veicular, conectividade/infoentretenimento e direção autônoma dos players mais importantes do universo dos carros conectados.

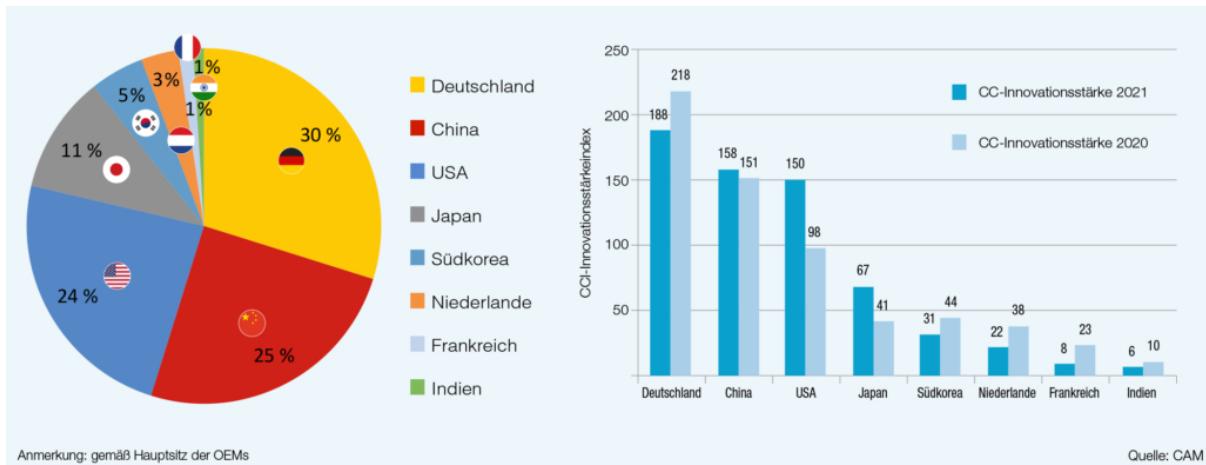


Figura 7 – Força inovadora por país (CCI..., 2022).

Apesar do pouco encorajamento do governo brasileiro quanto a adoração de veículos autônomos, e a baixa aceitação do Brasil comparado com os demais países da lista. Ainda precisamos tratar sobre questões relacionadas à infraestrutura do país para a navegação e operação desses veículos. O principal problema que os VAs enfrentarão são os sistemas de sinalização e marcação precários, gerenciamento de tráfego em caso de incidência de tráfego, gerenciamento de estacionamento, proteção de áreas seguras e heterogeneidade do tráfego.

As figuras abaixo mostram uma discussão detalhada dessas principais barreiras e suas implicações no comportamento dos VAs.

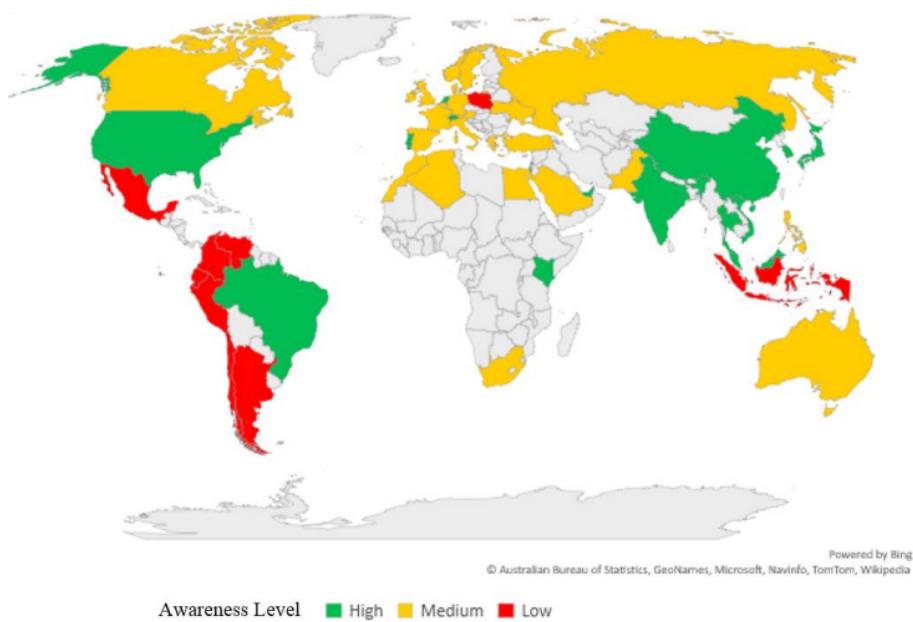


Figura 8 – Resumo do nível de consciência em diferentes países com diferentes níveis de PIB (OTHMAN, 2021).

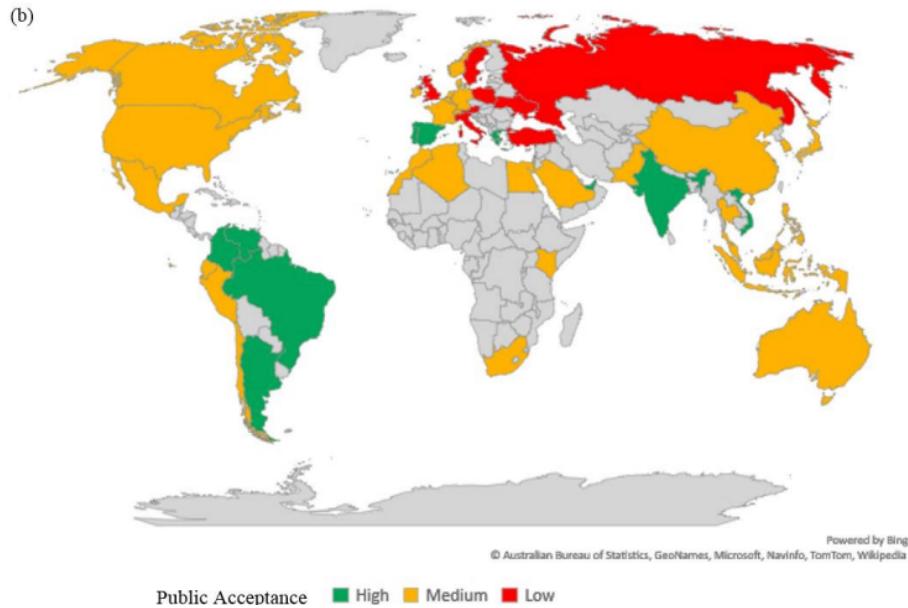


Figura 9 – Resumo do nível de aceitação pública em relação aos VAs em diferentes países com diferentes níveis de PIB ([OTHMAN, 2021](#)).

É possível identificar nas figuras 8, 9 que o Brasil encontra-se com um nível alto em consciência e aceitação do público. Para mais detalhes da análise dos principais desafios para a navegação segura de VAs em países em desenvolvimento, ([OTHMAN, 2021](#)).

Ainda mais, em outros artigos também podemos identificar que o Brasil tem melhores pontos no quesito infraestrutura comparada com os outros pontos analisados, e ainda se encontra muito atrás comparado com os outros países analisados.

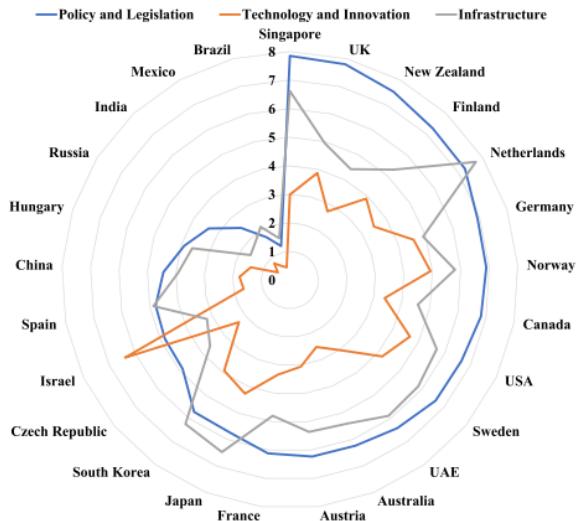


Figura 10 – Os sucessos alcançados pelos vinte e cinco principais países até agora em relação aos VAs em termos de política e legislação, tecnologia e inovação e infraestrutura ([MUHAMMAD AMIN ULLAH, 2021](#)).

Por fim, como identificado nos gráficos 6 e 10 Singapura foi o país com maior aproveitamento somando os pilares estudados pelo Autonomous Vehicles Readiness Index 2020, tendo em vista os esforços adicionais que tem feito para encorajar o uso de VAs. Em janeiro de 2019, o governo da cidade-estado publicou seu rascunho de padrões nacionais TR68 para esses veículos, bem como uma estrutura voluntária de governança de IA ([KPMG International, 2020](#)). A KPMG relata que desde o primeiro relatório publicado os países têm apresentado rápidas e fortes mudanças a caminho da implementação e da ampliação das frotas de veículos autônomos, no desenvolvimento de regularizações e incentivos, além de que a mídia começou a considerar as vantagens e desvantagens dos VAs, empresas testam cada vez mais veículos e os consumidores estão aceitando a ideia de migração para Veículos Autônomos.

## 4.2 Veículos Autônomos e suas perspectivas

### 4.2.1 Nível de condução autônoma

Na busca de identificar os diferentes tipos de Carro Autônomos, nos deparamos com um cenário ainda em processo de definição. Pois, com os presentes avanços na área de veículos autônomos, surgiu a necessidade, das empresas e dos órgãos de regularização, de classificá-los de alguma forma. Desse modo, A SAE (Society of Automotive Engineers), uma das principais associações globais que busca essa classificação, dividiu os veículos autônomos em seis níveis de funcionalidade, que vão desde nenhum recurso de automação (nível 0) até automação completa, sem a necessidade de um condutor humano, (nível 5). Fazendo uso da terminologia “sistemas de direção autônoma” para se referir a veículos que possuem algum tipo de direção autônoma ([TAXONOMY..., 2021](#)). Nesse cenário, os níveis 1 e 2 incluem alguns recursos, enquanto o nível 3 alcança automação limitada, onde o motorista pode abrir mão do controle do veículo, desde que esteja disponível para intervir.

Abaixo, apresentamos graficamente as diferenças de veículos autônomos e suas respectivas classificações ([TAXONOMY..., 2021](#)):

# NÍVEIS DE CONDUÇÃO AUTÔNOMA

	LEVEL 0	LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4	LEVEL 5
O QUE O HUMANO NO BANCO DO MOTORISTA TEM QUE FAZER?	Você <u>está</u> dirigindo sempre que esses recursos de suporte ao motorista estão ativados - mesmo que seus pés não estejam nos pedais e você não esteja dirigindo	Você deve supervisionar constantemente esses recursos de suporte; você deve dirigir, frear ou acelerar		Você <u>não está</u> dirigindo quando esses recursos de direção automatizada estão ativados - mesmo se você estiver sentado no "banco do motorista"	Quando o recurso solicitar, você deve dirigir	Esses recursos de direção automatizada não exigirão que você assuma a direção
ESTES SÃO RECURSOS DE SUPORTE AO MOTORISTA ESTES SÃO RECURSOS DE DIREÇÃO AUTOMATIZADA	Esses recursos são limitados para fornecer avisos e momentânea assistência	Esses recursos fornecer direção OU freio/ aceleração suporte para o motorista	Esses recursos fornecer direção E freio/ aceleração suporte para o motorista	Esses recursos podem conduzir o veículo sob condições limitadas e será não operar a menos que todos sejam necessários as condições são atendidas	Este recurso pode dirigir o veículo sob todas as condições	
EXEMPLO RECURSOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• freio de emergência</li> <li>• aviso de ponto cego</li> <li>• aviso saída de faixa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• centralização da pista OU controle de cruzeiro adaptativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• centralização da pista E controle de cruzeiro adaptativo ao mesmo tempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• motorista de engarratamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• táxi local sem motorista</li> <li>• pedais/ volante podem ou não estar instalados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• igual ao nível 4, mas o recurso pode dirigir em qualquer lugar em todas as condições</li> </ul>

Figura 11 – Níveis de Automação de condução PT-BR



## SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016\\_202104](https://sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety		You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat"		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met		This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>• automatic emergency braking</li> <li>• blind spot warning</li> <li>• lane departure warning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering OR</li> <li>• adaptive cruise control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering AND</li> <li>• adaptive cruise control at the same time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• traffic jam chauffeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• local driverless taxi</li> <li>• pedals/steering wheel may or may not be installed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions</li> </ul>

Copyright © 2021 SAE International.

### These are driver support features

### These are automated driving features

Figura 12 – SAE J3016TM levels of driving automation

Além dessas classificações entre tipos veículos, ainda é possível classificá-los nas seguintes categorias de tipos de automação: Sistema de Assistência Avançada ao Motorista (ADAS) sigla do inglês *advanced driver-assistance system (ADAS)*, ou Condução Automática, Mobilidade Como Serviço (MaaS) sigla do inglês *Mobility as a service (MaaS)*. Como visto nos gráficos (11 e 12) nos níveis 1, 2 e 3 o condutor precisa estar preparado para caso o sistema precise de algum tipo de ajuda do condutor, esses níveis são vistos como uma espécie de remendo pois funcionam como um remendo para suprir uma demanda que os sistemas autônomos ainda não podem cumprir com maestria (LAGE, 2019). Pois com o avanço da tecnologia o condutor humano torna-se cada vez menos necessário, e como visto no nível 5 (Gráfico 12) é possível a retirada do volante do veículo.

Na atualidade, empresas líderes do setor de veículos autônomos, como a Tesla, ainda trabalham com nível 2 de direção autônoma referente ao ADAS para veículos vendidos para a população. (LAGE, 2019). Por outro lado, no início deste ano de 2023, a Mercedes-Benz no seu portal de mídias afirma ser a primeira empresa a alcançar a marca de direção autônoma SAE level 3 para o mercado dos Estados Unidos, sendo o estado de Nevada o primeiro a concordar com as regulamentações para a navegação desses tipos de veículos em

seu território. A Mercedes afirma, também, que já em 2024 terá os seus primeiros veículos *DRIVE PILOT*, em português “condutor”, disponíveis para o mercado Norte Americano.

“No mundo moderno, o tempo é um dos bens mais preciosos, e devolver o tempo aos nossos clientes é um elemento central em nossa estratégia de construir os carros mais desejados do mundo. O nosso DRIVE PILOT dá um grande passo para o conseguir e coloca-nos na vanguarda da inovação no campo crucialmente importante da condução autónoma. O DRIVE PILOT demonstra mais uma vez que nosso pioneirismo faz parte do nosso DNA. A certificação em Nevada marca o início de seu lançamento internacional e, com ela, o início de uma nova era.” Diz o Markus Schäfer, Membro do Conselho de Administração do Mercedes-Benz Group AG, Diretor de Tecnologia, responsável por Desenvolvimento e Compras ([MITROPOULOS, 2023](#)).

Adicionalmente, algumas empresas, como Waymo e Cruise, atualmente operam serviços de carona com veículos com autonomia de nível 4 nos EUA - isso significa que os carros podem operar sem motorista ao volante sob certas condições, como dentro de uma área de serviço designada, portanto, já mapeadas e entendida pelo algoritmo de controle dos veículos<sup>1</sup>.

A seguir forneceremos as definições detalhadas para seis níveis de automação de veículos, variando de nenhuma automação de direção (Nível 0) a automação total de direção (Nível 5), no contexto de veículos a motor, definidos pela SAE ([TAXONOMY..., 2021](#)):

1. **Nível 0 – Sem automação de condução:** Não existe nenhum tipo de auxílio ao motorista e nenhuma presença/atuação de tecnologia de condução autônoma, ou assistência.
2. **Nível 1 - Assistência ao Motorista:** No nível 1, o motorista é assistido apenas em relação à velocidade do veículo, um exemplo prático seria o piloto automático, que mantém a velocidade do veículo constante de acordo com o gosto do motorista. Neste caso, o condutor deve continuar a frear, acelerar e direcionar o veículo. Um segundo exemplo seria: o recurso de assistência ao estacionamento, executa automaticamente as ações de controle de movimento do veículo necessárias para estacionar um veículo, enquanto o motorista executa as ações de controle de movimento do veículo longitudinal e supervisiona o recurso de estacionamento.
3. **Nível 2 - Automação de Condução parcial:** Nesta fase, o veículo já é capaz de realizar ações de forma autônoma, como frear, acelerar e parar o veículo em uma direção, como é o caso da tecnologia chamada ACC (Adaptive Cruise Control). No nível 2, o condutor continua a ser responsável pela condução e exige que o condutor

<sup>1</sup> Mercedes-Benz wins race to bring Level 3 autonomous cars to US: <<https://www.freethink.com/hard-tech/drive-pilot>>.

esteja atento à condução e retome a condução em situações de perigo. Um exemplo prático seria, como visto: o recurso de assistência ao estacionamento, mas dessa vez, executa automaticamente as ações de controle de movimento lateral e longitudinal do veículo, necessárias para estacionar um veículo sob a supervisão do motorista.

4. **Nível 3 - Automação Condicional de Condução:** Consiste em veículos que são capazes de se mover de forma independente, tanto na direção, aceleração e frenagem. Neste nível de condução, o condutor pode realizar outras atividades enquanto o carro segue autonomamente a sua rota, mas por vezes é acionado para assumir a condução por um curto período de tempo ou para assumir o controlo total em situações de risco. Nesse cenário, um *automated driving system* (ADS) é capaz de continuar a executar o *dynamic driving task* (DDT) por pelo menos vários segundos após fornecer ao usuário pronto para *fallback*; uma solicitação para intervir. Espera-se então que o usuário pronto para o *fallback* do DDT retome a operação manual do veículo ou alcance uma condição de risco mínimo se ele/ela/elu determinar que é necessário.
5. **Nível 4 - Alta Automação de Condução:** O veículo controla todas as tarefas que antes eram do condutor, sem necessidade da atenção do mesmo. Desse modo, o veículo fica em cargo de executar todo o DDT em uma localidade, ao sofrer uma falha de sistema relevante para o desempenho do DDT. Em resposta, o *ADS-dedicated vehicle* (ADS-DV) realiza o *fallback* do DDT ligando os piscas de emergência, manobrando o veículo para o acostamento e estacionando-o, antes de chamar automaticamente a assistência de emergência. Nesse nível, o ADS é capaz de atingir automaticamente uma condição de risco mínimo quando necessário.
6. **Nível 5 - Automação de Condução completa:** permite que o veículo elimine a necessidade de um motorista humano, com todos os controles e tarefas de direção realizados por um sistema autônomo. O desempenho do veículo é sustentado, incondicionalmente, por um ADS responsável por todo o DDT e *fallback* do DDT sem qualquer expectativa de que um usuário precise intervir.

A figura abaixo é a representação de todos os diferentes níveis de autonomia:

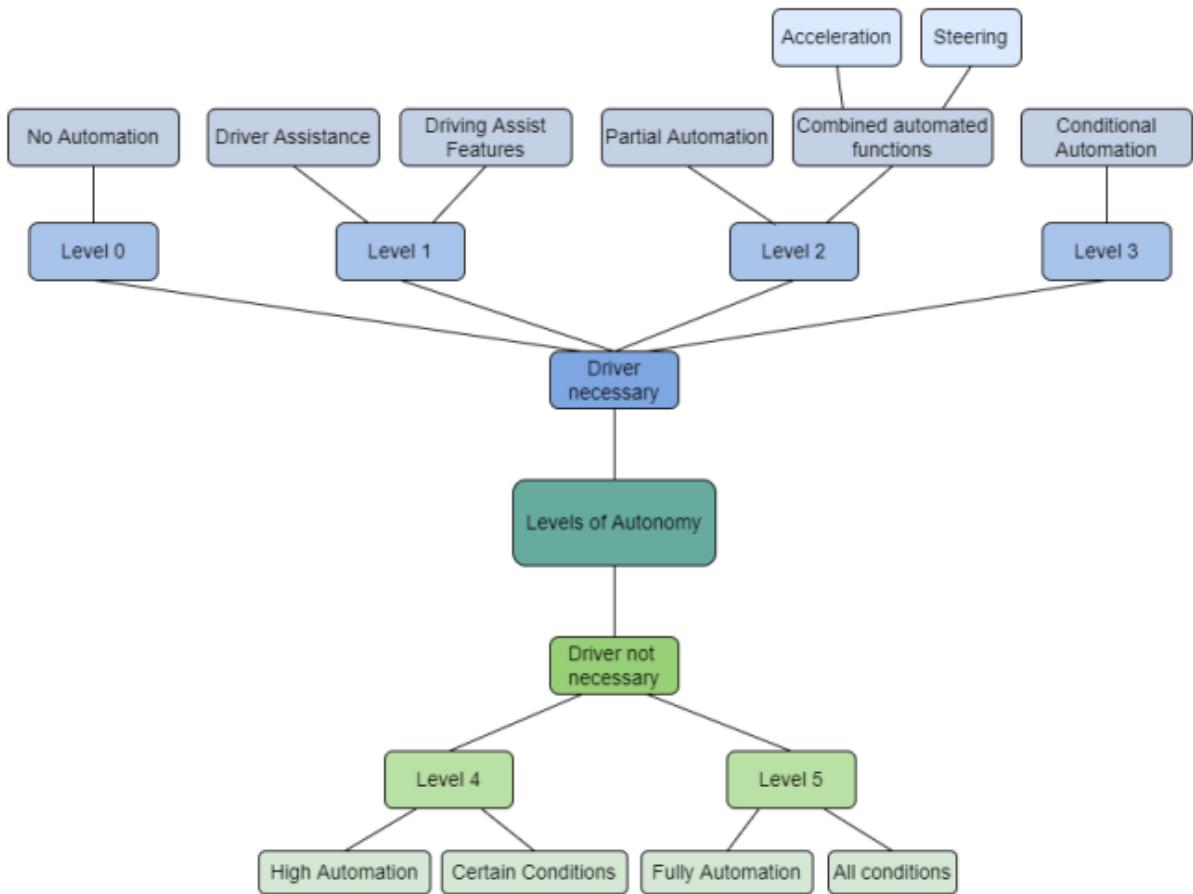


Figura 13 – Níveis de Autonomia ([PAREKH NISHI PODDAR, 2022](#)).

#### 4.2.2 Condução Autônoma e mercado tecnológico

A inserção da Condução Autônoma no mercado dependerá da demanda de viagens por veículos, da infraestrutura de transporte, do grau de automação desses veículos, da taxa na qual os veículos autônomos são introduzidos no mercado, e da confiança da sociedade com essa categoria de transporte.

Como visto, no gráfico (Gráfico 12) os níveis de automação de 0 a 3 exigirão a presença de um motorista no veículo. O nível 4 a 5, não fazem a exigência de ter a presença de um motorista humano na tarefa de monitorar constantemente o ambiente de direção. Abrindo categorias inteiramente novas de viagens, com a não necessidade de um motorista humano para a realização do transporte da população ([LUTIN, 2018](#)).

Nessa realidade, onde não há mais a necessidade de um condutor humano para o veículo (Carro de Passeio). Haverá a possibilidade das pessoas se engajarem em outras atividades, pois agora a sua atenção não precisa estar direcionada em conduzir ou assistir o veículo para alcançar o destino programado.

 <b>CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT</b>	<b>CCI-Use Cases*</b>				
	Highway-Pilot (L3)	City-Pilot (L4)	In-Car E-Commerce	In-Car Entertainment	Vehicle-to-Grid/ Home Energy
PKW-Bestand <sup>15,16</sup>	1,5 Mrd.	1,5 Mrd.	1,5 Mrd.	1,5 Mrd.	0,3 Mrd.
Use-Case fähiger Anteil	10%	2%	65%	80%	80%
Use-Case fähige Fahrzeuge	150 Mio.	30 Mio.	975 Mio.	1200 Mio.	240 Mio.
Erwarteter Umsatz pro Fahrzeug	220-270€	440-530€	60-100€	15-30€	150-180€
Potenzielles Umsatzvolumen	33-41 Mrd. €	13-16 Mrd. €	59-98 Mrd. €	18-36 Mrd. €	36-43 Mrd. €
... SUMME	<b>Σ 159 - 234 Mrd. €</b>				

Figura 14 – Lista potencial de mercado de Serviços conectados em todo o mundo em 2030, por casos de uso ([AUTONOMEN..., 2021](#)).

Mas isso ainda é algo para 2029 ([RANDULFE, 2020](#)), data em que El País dá a sua previsão. Por outro lado, atualmente, a direção autônoma ainda funciona como um assistente para o condutor; os assistindo em trocas de faixas, estacionamento, controle de velocidade, entre outras coisas.

Nesse sentido, trabalham as marcas de luxo onde essas tecnologias são mais comuns, devido ao alto custo de desenvolvimento. Desse modo, os consumidores podem, já hoje, ter acesso a veículos autónomos. Entretanto, esses veículos são definidos como semi autônomos classificados como nível 2 (Gráfico 12) SAE. As principais marcas estadunidenses automotivas que trabalham, hoje, como essa tecnologia são: Tesla, Cadillac, Audi, BMW, Mercedes-Benz, Jaguar, Land Rover ([PEREIRA, 2020](#)). Dessas marcas a que representa maiores avanços, segundo as pesquisas, é a Mercedes-Benz, sendo a primeira das marcas a começar a sua produção já em 2024 de veículos comerciais com nível 3 SAE ([MITROPOULOS, 2023](#)). No outro espectro, há os veículos de carona que têm como essência ser carros autônomos que operam no nível 4 e 5 SAE, comumente conhecidos como Táxi Robô. Na atualidade, apenas algumas empresas trabalham com essa categoria de veículo. Esses carros, hoje, se situam no nível 3 - 4 de autonomia, operando apenas em rotas já cadastradas em seus bancos de dados, portanto em locais já conhecidos e sem muitas chances de situações extremas, fora das suas bases de dados.

As principais empresas que trabalham no desenvolvimento dessa categoria de veículo são, por exemplo:

1. **Waymo (Alphabet):** Trabalhando com veículos no nível 4 SAE. Entretanto, fazendo

uso de seres humanos de maneira remota para dar assistência aos seus veículos quando necessário ([ACKERMAN, 2021](#)). Atualmente, a Waymo, subsidiária da Alphabet, possui as mais altas competências, incluindo a mais extensa experiência em testes do mercado([AUTONOMEN..., 2021](#));

2. **Zoox (Amazon):** Sua frota de veículos de carona operam no nível 3 ([GET..., 2022](#));
3. **Uber:** Atualmente, seus veículos trabalham em nível 3 e estão a realizar testes em nível 4 SAE. Cujo é o objetivo da empresa pois a indústria automotiva define esse nível como "atenção desligada" ([SHETTY, 2020](#));
4. **Mobileye (Intel):** A frota de veículos hoje opera em nível equivalente ao 4 SAE. A empresa busca a sua própria taxonomia de seus veículos ([Wikipedia contributors, 2023](#)), ([DEFINING..., 2023](#)).

Bewertung der Akteure im Bereich „Autonomen Fahrsysteme (Level 4/5)“						
Konzern		Strategische Kompetenzen	75%	Strategische Aufstellung	25%	CAM-Gesamt-Bewertung
<b>Alphabet</b> (Waymo)	Alphabet	Sehr hoch		Sehr hoch		Sehr hoch
<b>Intel</b> (Mobileye)	intel	Hoch - Sehr hoch		Sehr hoch		Hoch - Sehr hoch
<b>Amazon</b> (Zoox)	a	Hoch		Sehr hoch		Hoch - Sehr hoch
<b>GM</b> (Cruise)	gm	Hoch - Sehr hoch		Mittel		Hoch
<b>Baidu</b>	Bai 百度	Hoch - Sehr hoch		Mittel		Hoch
<b>Pony.AI</b>	pony.ai	Hoch - Sehr hoch		Niedrig		Hoch
<b>VW Group</b> (Argo AI)	VW	Mittel - Hoch		Hoch		Mittel - Hoch
<b>Tesla</b>	TESLA	Mittel - Hoch		Mittel		Mittel - Hoch
<b>Hyundai</b>	HYUNDAI	Mittel - Hoch		Mittel		Mittel - Hoch
<b>Didi Chuxing</b>	Didi	Mittel		Mittel - Hoch		Mittel
<b>Microsoft</b>	Microsoft	Niedrig - Mittel		Sehr hoch		Mittel
<b>BMW</b>	BMW	Mittel		Mittel		Mittel
<b>Daimler</b>	Mercedes-Benz	Mittel		Mittel		Mittel
<b>Apple</b> (Drive.AI)	Apple	Mittel		Mittel		Mittel
<b>Toyota</b>	TOYOTA	Mittel		Mittel		Mittel
<b>AutoX</b>	autoX	Mittel		Sehr niedrig		Niedrig - Mittel
<b>Uber</b>	Uber	Niedrig		Mittel		Niedrig - Mittel
<b>Renault</b>	GROUPE RENAULT	Niedrig		Niedrig		Niedrig
<b>Nissan</b>	Nissan	Niedrig		Niedrig		Niedrig

Quelle: CAM. Stand: März 2021. TI = Top Innovator.

Figura 15 – Listas das empresas no domínio dos sistemas de condução autónoma (Nível 4/5) 2021 ([AUTONOMEN..., 2021](#)).

A partir dessa listagem, podemos ter uma melhor compreensão de como se encontra o cenário das empresas que hoje trabalham com veículos que possuem algum tipo de recurso autônomo, referente ao SAE. Listagem oriunda da (CAM) *The Center of Automotive Management*; fornece com base em métodos científicos e bancos de dados abrangentes, orientações confiáveis sobre o universo automobilístico.

#### 4.2.2.1 VAs no mercado

Decorrente do aumento da automação industrial, há uma previsão do mercado mundial de veículos autônomos atingir US \$ 10 bilhões até 2024 ([NEWSWIRE, 2019](#)). Essa previsão tem em vista o avanço da movimentação e armazenamento interno de materiais no ambiente industrial, a aplicação dos VAs nesse setor é uma tendência de mercado no interesse do investidor [4.1.1.2](#), pois os resultados gerados com a aplicação desse sistema impactam positivamente a empresa, a sociedade e a economia.

Ainda na perspectiva de crescimento econômico, e investimento no setor automobilístico em relação aos VAs. O CEO da GM, Mary Barra, diz estar investindo agressivamente no mercado de VA, com um plano de investimento de US \$35 bilhões para veículos movidos a bateria e autônomos. Tendo como expectativa arrecadar \$50 bilhões até o final da década (PERTSCHY, 2022).

Além disso, espera-se que as implicações dos VAs influenciem diferentes aspectos do sistema econômico, além do industrial, e as empresas que não conseguirem se adaptar a essa mudança terão perdas significativas de mercado. Em geral, espera-se que o valor econômico dos VAs seja bem significativo e aumente com o tempo, abrindo novas oportunidades de negócios e profissões.

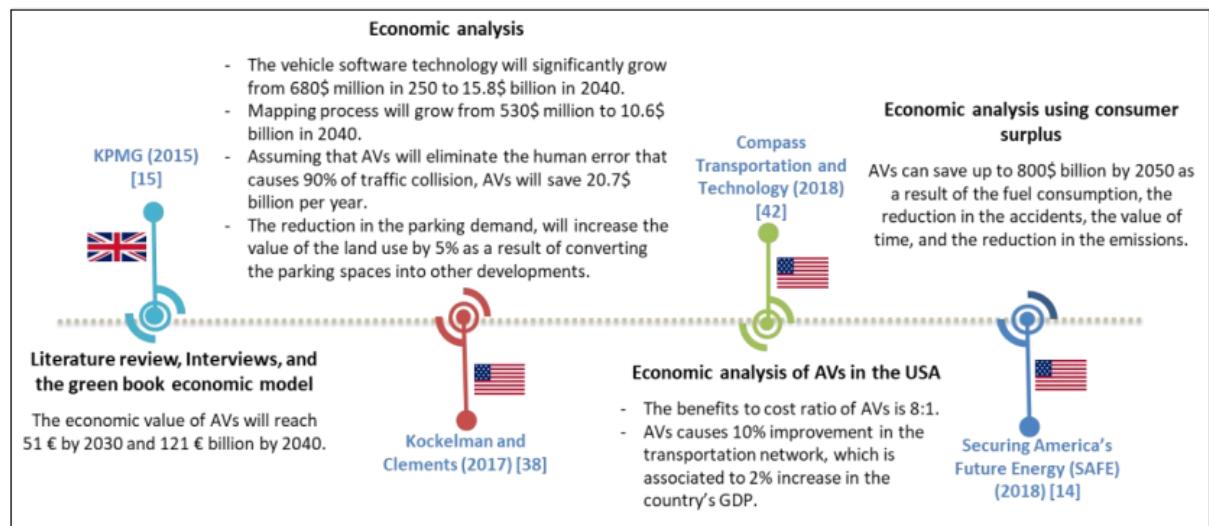


Figura 16 – Resumo dos resultados de estudos anteriores que analisam o impacto dos VAs nas economias (OTHMAN, 2021).

Em linhas gerais, o valor econômico dos VAs vem de sua capacidade de reduzir o erro humano e melhorar a segurança no trânsito em 90%, usos como espaço de estacionamento poderão ser utilizados para outras atividades. Pois, agora, esses veículos podem ficar circulando pela cidade ou até mesmo voltar para a residência do proprietário e voltar para buscá-lo no horário estipulado (LAGE, 2019). De todo modo, haverá muitas novas oportunidades de negócios criadas oriundas dos VAs (OTHMAN, 2021).

## 4.3 Tecnologias Essenciais para a Direção Autônoma

### 4.3.1 Sensores Usados em Veículos Autônomos

Como apresentado nas seções anteriores, um VA é uma categoria de veículo que pode fazer sentido do que está ao seu redor e operar sem a necessidade de intervenção

humana. Desse modo, para fazer sentido do que está em sua volta é necessário recursos para essa compreensão. Dentre esses recursos estão os sensores que são dispositivos que convertem eventos detectados ou mudanças no ambiente em uma medida numérica que pode então ser processada pelo componente de processamento central do veículo. Os sensores são divididos em duas categorias com base em seu princípio operacional ([IGNATIOUS HESHAM-EL-SAYED, 2022](#)):

1. **Sensores de estado interno:** Conhecidos como sensores proprioceptivos, registram o estado dinâmico de um sistema dinâmico e detectam dados internos como força, taxa angular, pressão da roda, voltagem da bateria e assim por diante. Unidades de medição inercial, codificadores, sensores inerciais (giroscópios e magnetômetros) e sensores de localização são exemplos de sensores proprioceptivos.
2. **Sensores exteroceptivos:** São sensores de estado externo, por outro lado, percebem e coletam informações do ambiente do sistema, como medições de distância ou intensidade de luz. Os sensores externos incluem câmeras, detecção e alcance de rádio (Radar), detecção e alcance de luz (LiDAR) e sensores ultrassônicos.

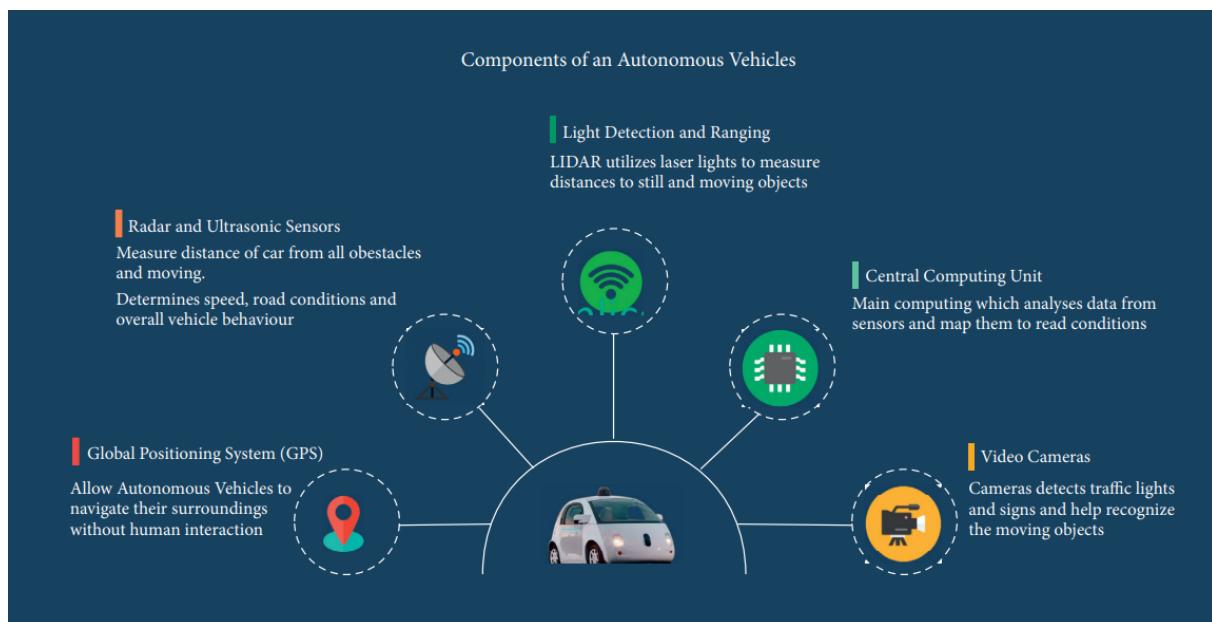


Figura 17 – Componentes de um veículo autônomo. ([SINGH, 2022](#)).

## 5 Conclusões

## 6 Perspectiva de continuidade

A partir da construção dos fundamentos da ciência de dados, identificamos diversas oportunidades de desenvolvimentos futuros, principalmente nas áreas de Data Visualization, Bancos de Dados e Aprendizado de Máquina. Especialmente na possibilidade de nos aprofundarmos em seus corpus de conhecimento e aplicá-los em projetos reais.

## 7 Participação em congressos e trabalhos publicados ou submetidos e outras atividades acadêmicas e de pesquisa

Também apresentamos os certificados dos minicursos oferecidos pela plataforma Instituto de Tecnologia e Sociedade e Coursera nas figuras [18](#) [19](#) e [20](#).



Figura 18 – Certificado de conclusão do curso Google Data Analytics.



Figura 19 – Certificado de conclusão ao curso Design for Privacy.



Figura 20 – Certificado de conclusão ao curso Direitos humanos e Inteligência Artificial.

## 8 Datas e assinaturas

### 8.1 Data e assinatura do bolsista (assinatura digitalizada)

*Donuel Brub dos Santos*

24/01/2022

### 8.2 Data e assinatura do orientador (assinatura digitalizada)

*Annabell D.R. Tamariz*

28/01/2022

# Referências

- ACKERMAN, E. *What full autonomy means for the waymo driver*. 2021. <<https://spectrum.ieee.org/full-autonomy-waymo-driver>>. Accessed: 2023-2-20. Citado na página 31.
- AUTONOMEN fahrssysteme. 2021. <<https://auto-institut.de/en/?s=autonomen+fahrssysteme>>. Accessed: 2023-2-21. Citado 4 vezes nas páginas 3, 30, 31 e 32.
- BRITO ELINILCIA RIBEIRO DE ALMEIDA, M. P. d. S. José Marcos da M. Automated guided vehicle application in the various production areas of the industry: systematic literature review. *Brazilian Journal of Development*, 2020. ISSN 2525-8761. Citado na página 17.
- CCI Studie – das automotiveIT-Branchenbarometer. [S.l.]: Media-Manufaktur GmbH, 2022. <<https://connected-car-innovation.de/>>. Accessed: 2023-2-22. Citado 3 vezes nas páginas 3, 21 e 22.
- DEFINING a new taxonomy for consumer autonomous vehicles. 2023. <<https://www.mobileye.com/opinion/defining-a-new-taxonomy-for-consumer-autonomous-vehicles/>>. Accessed: 2023-2-21. Citado na página 31.
- DREIBELBIS, E. *Global fleet of autonomous vehicles may emit more carbon than Argentina*. 2023. <<https://www.pcmag.com/news/global-fleet-of-autonomous-vehicles-may-emit-more-carbon-than-argentina>>. Accessed: 2023-3-7. Citado na página 6.
- GET to know our L3 autonomous fleet. 2022. <<https://zoox.com/journal/l3-autonomous-fleet>>. Accessed: 2023-2-20. Citado na página 31.
- IGNATIOUS HESHAM-EL-SAYED, M. K. H. A. An overview of sensors in autonomous vehicles. *sciencedirect*, Elsevier, p. 1–6, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921025540>>. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 34.
- KPMG International. *2020 Autonomous Vehicles Readiness Index*. 2020. <<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>>. Accessed: 2023-2-22. Citado 5 vezes nas páginas 3, 19, 20, 21 e 24.
- KRAJCIK, J. S.; BLUMENFELD, P. C. *Project-based learning*. [S.l.]: na, 2006. Citado na página 13.
- LAGE, C. A. Quatro cenários para os veículos autônomos no mundo ocidental. 2019. Citado 5 vezes nas páginas 3, 14, 15, 26 e 33.
- LUTIN, J. M. Not if, but when: Autonomous driving and the future of transit. *Journal of Public Transportation*, Center for Urban Transportation Research, 2018. ISSN 1077-291X. Disponível em: <<https://digitalcommons.usf.edu/jpt/>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 29.

METRÓPOLE, M. a. *Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. [s.n.], 2018. Disponível em: <[https://www.modelarametropole.com.br/wp-content/uploads/2018/09/Produto-18\\_Tomo-2-1.pdf](https://www.modelarametropole.com.br/wp-content/uploads/2018/09/Produto-18_Tomo-2-1.pdf)>. Citado na página 15.

MITROPOULOS, A. Mercedes-benz erhält als weltweit erstes automobilunternehmen zertifizierung für sae level 3-system für us-markt. Mercedes-Benz Group AG, 2023. Disponível em: <<https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/de/instance/ko.xhtml?oid=55116818>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 30.

MUHAMMAD AMIN ULLAH, J. L. K. Deep learning for safe autonomous driving: Current challenges and future directions. IEEE, 2021. ISSN 1558-0016. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 23.

NAKANO, D. . M. J. J. Writing the literature review for empirical papers. Universidade de São Paulo, 2018. ISSN 1980-5411. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20170086>>. Citado na página 13.

NEUFVILLE, R. Potential of connected fully autonomous vehicles in reducing congestion and associated carbon emissions. Sustainability, 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/14/11/6910>>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 16.

NEWSWIRE, P. Global automated guided vehicle (agv) market forecast to 2024: The increasing need for automation in maritime applications is a key market driver. Gale Academic OneFile, 2019. Disponível em: <<link.gale.com/apps/doc/A592857138/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=4ed89d67>>. Citado na página 32.

OTHMAN, K. Multidimension analysis of autonomous vehicles: The future of mobility. Civil Engineering Journal, 2021. ISSN 2676-6957. Disponível em: <[www.CivileJournal.org](http://www.CivileJournal.org)>. Citado 7 vezes nas páginas 3, 7, 16, 19, 22, 23 e 33.

PAREKH NISHI PODDAR, M. C. D. A review on autonomous vehicles: Progress, methods and challenges. Electronics, 2022. ISSN 2525-8761. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 29.

PEREIRA, C. F. InteligÊncia artificial em veÍculos autÔnomos: Um estudo sobre o campo de aplicaÇÃo. UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, 2020. Disponível em: <[https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/10966/1/TCC\\_Caio\\_Faganello\\_Pereira.pdf](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/10966/1/TCC_Caio_Faganello_Pereira.pdf)>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 30.

PERTSCHY, F. *Cruise wird füR General Motors zur Erfolgsgeschichte*. 2022. <<https://www.automotiveit.eu/technology/autonomes-fahren/cruise-wird-fuer-general-motors-zur-erfolgsgeschichte-320.html>>. Accessed: 2023-2-21. Citado na página 33.

PNATRANS. *Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito 2021*. [S.l.]: "Secretaria Nacional de Trânsito(SENATRAN)", 2021. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 14.

RANDULFE, A. El coche autónomo arranca, pero no acelera. El pais, 2020. Disponível em: <<https://elpais.com/tecnologia/2020-04-09/el-coche-autonomo-arranca-pero-no-acelera.html>>. Citado na página 30.

- RICARTE, M. C. B. G. . I. L. M. Revisão sistemÁtica da literatura: ConceituaÇÃo, produÇÃo e publicaÇÃo. LOGEION, 2020. Citado na página 13.
- SHETTY, S. *Uber's self-driving cars are a key to its path to profitability*. 2020. <<https://www.cnbc.com/2020/01/28/ubers-self-driving-cars-are-a-key-to-its-path-to-profitability.html>>. Accessed: 2023-2-20. Citado na página 31.
- SINGH, G. B. . K. B. . R. K. Autonomous vehicles and intelligent automation: Applications, challenges, and opportunities. Hindawi, 2022. Citado 3 vezes nas páginas 3, 17 e 34.
- SOUSA, A. S. de. A pesquisa bibliogrÁfica: PrincÍpios e fundamentos. *Universidade Federal de Uberlândia*, Universidade Federal de Uberlândia, 2021. Disponível em: <<https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336/1441>>. Citado na página 11.
- TAXONOMY and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. *SAE Mobilius*, SAE International, p. 1–41, 2021. Disponível em: <[https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_202104](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104)>. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 27.
- Wikipedia contributors. *Mobileye*. 2023. <<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mobileye&oldid=1134736943>>. Accessed: 2023-2-21. Citado na página 31.