

Avaliação da Infraestrutura da Qualidade Aplicada aos Veículos Autônomos no Cenário Brasileiro

Evaluation of the Quality Infrastructure Applied to Autonomous Vehicles in the Brazilian Scenario

Isabela W. Alves¹

Ricardo K. S. Fermam¹

¹Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo

O futuro da indústria automotiva no mundo diz respeito à fabricação e à evolução dos veículos autônomos, e a inserção destes em cada uma das economias dependerá diretamente dos investimentos aplicados aos pilares de Metrologia, Regulamentação e Acreditação que formam então a Infraestrutura da Qualidade. O desenvolvimento se dá em seis etapas distintas, iniciando com a seleção do sistema a ser estudado e finalizando com a elaboração de um diagnóstico das Infraestruturas da Qualidade analisadas. Este trabalho sinaliza as principais estratégias para que o Brasil esteja preparado para receber de forma segura, até 2030, veículos autônomos de nível 3, sendo capaz de testar e de regular seu principal sistema em desenvolvimento, tendo em vista que os resultados encontrados demonstram que, apesar de o país possuir capacidade técnica para alcançar o desenvolvimento necessário, ainda é fundamental superar dificuldades vivenciadas no cenário atual.

Palavras-chave: Indústria Automotiva. Infraestrutura da Qualidade. Veículos Autônomos.

Abstract

The future of the automotive industry in the world concerns the manufacture and evolution of autonomous vehicles and their insertion in each of the economies will directly depend on the investments applied to the pillars of Metrology, Regulation and Accreditation that form the Quality Infrastructure. The development takes place in six different stages, starting with the selection of the system to be studied and ending with the elaboration of a diagnosis of the analyzed Quality Infrastructures. This work indicates the main strategies for Brazil to be prepared to safely receive, by 2030, level 3 autonomous vehicles, being able to test and regulate its main system under development, considering that the results found demonstrate that despite having the technical capacity to achieve the necessary development, it is still essential to overcome difficulties experienced in the current scenario.

Keywords: Automotive Industry. Quality Infrastructure. Autonomous Vehicles.

Área Tecnológica: Engenharias.



1 Introdução

A indústria automotiva desempenha ainda hoje um dos principais papéis no desenvolvimento tecnológico de um país. No Brasil, seu marco histórico data de 1956, quando o Governo de Juscelino Kubitschek implantou de forma estratégica a produção nacional de veículos com a vinda das primeiras montadoras para o território nacional. Isso porque capital externo, aporte de tecnologia e capacidade de produção traziam uma convicção de que o automóvel se constituía como um símbolo do desenvolvimento econômico e industrial de um país (LOPES, 2005).

Dados extraídos do Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2020, publicado pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2020), mostram que as empresas empregaram 1,3 milhão de pessoas (de forma direta e indireta) e foram responsáveis pela produção de aproximadamente 1,6 milhões de unidades de automóveis montados no último ano, representando uma redução de 35% em relação ao ano anterior. O documento também considera a produção mundial de autoveículos durante o período 2011-2020 e aponta os países que lideraram o *ranking* mundial de produção para o último ano: em primeiro lugar China com 25,2 milhões de veículos, seguido de Estados Unidos e Japão, com 8,8 milhões e 8 milhões de veículos, respectivamente. O Brasil aparece na nona posição de um total de 32 países, com uma produção de 2 milhões de veículos, gerando um faturamento de 59,2 bilhões de dólares em 2019, o que corresponde a aproximadamente 2,6% da produção mundial de veículos para o mesmo período.

No cenário internacional, a indústria automotiva tem trazido importantes inovações ao mercado e que, ao mesmo tempo, evocam discussões relevantes acerca de temas como: eletrificação total ou parcial (híbridos), mobilidade, sustentabilidade, confidencialidade de dados pessoais e níveis de autonomia na autocondução, cada vez maiores para os veículos. No topo dessa discussão, na qual têm sido observados investimentos expressivos por parte das grandes montadoras, o conceito de um veículo capaz de se autoguiar, tomando decisões assertivas, de forma rápida e lógica, se tornou ainda mais evidente na última década. Definido por “carro sem motorista”, o veículo autônomo está habilitado a transportar passageiros ou bens, partindo de um destino estabelecido pelo usuário, de forma autônoma e segura (OZGUNER; STILLER; REDMILL, 2007).

Nesse contexto, em que as relações comerciais internacionais estão pautadas na confiança demonstrada por ambas as partes envolvidas na negociação e que consumidores ensejam prioritariamente segurança como característica técnica indispensável para o veículo, refletindo conseqüentemente na segurança de seus ocupantes, avaliar a Infraestrutura da Qualidade (IQ) voltada aos veículos autônomos, objetivo desta pesquisa, visa a garantir que as expectativas futuras no âmbito regulatório e de qualidade serão cumpridas para todos os entes envolvidos. Segundo o World Bank (2020), a IQ é um sistema dinâmico, composto de entes públicos e privados, responsáveis por estabelecer, com o auxílio de uma política pública, práticas que demonstrem e implementem normalização, acreditação, metrologia e avaliação da conformidade (ensaio, inspeção e certificação).

Já em 2021, a pesquisa intitulada Índice de Infraestrutura da Qualidade Global – Relatório do Índice Global de Infraestrutura de Qualidade 2020 (HARMES-LIEDTKE; OTEIZA DI MATTEO, 2021), que dá continuidade ao artigo publicado pelos mesmos autores em 2011, uma das principais referências sobre o assunto, se mostra uma importante ferramenta quantitativa ao comparar a IQ de 184 (cento e oitenta e quatro) países, abrangendo quase todas as economias do mundo, correlacionando o resultado do desenvolvimento da IQ com o desempenho econômico e a complexidade do país, e trazendo uma visão geral do desenvolvimento da QI em todo o mundo.

2 Metodologia

A revisão sistemática contou com o levantamento de literatura que versasse sobre os temas que englobam a pesquisa nas bases de dados do Google Acadêmico, IEEE Xplore, Periódicos Capes e ELSEVIER (Science Direct), direcionando a evolução da pesquisa.

A estratégia de busca final utilizada foi: “veículos autônomos” OR “autonomous vehicles” AND “infraestrutura da qualidade” OR “quality infrastructure” AND “ensaio” OR “test”;

Os critérios de inclusão e de exclusão dos documentos foram: artigos científicos nas línguas portuguesa e inglesa, com disponibilidade de texto completo em suporte eletrônico; leis que abordem o assunto; e relatórios técnicos científicos, com recorte temporal dos últimos seis anos, por se tratar de um assunto extremamente tecnológico e inovador.

Etapa I: Seleção dos Sistemas Característicos do Veículo Autônomo a ser estudado.

O objetivo dessa etapa é selecionar sistemas que sejam distintivos dos Veículos Autônomos (VAs) a ter sua IQ estudada. Tal etapa se reveste de importância, uma vez que os veículos autônomos possuem um grande conjunto de tecnologias e componentes únicos e interligados que conferem as propriedades de automação. A seleção dos sistemas será feita por meio da prospecção e da análise dos pedidos de patentes mundiais sobre veículos autônomos.

Etapa II: Seleção do País-Alvo.

Essa etapa tem como propósito identificar o país que terá sua IQ utilizada como referência para avaliar a atual IQ brasileira voltada para veículos autônomos. Para isso, serão também utilizadas a prospecção e a análise dos pedidos de patentes mundiais.

Etapa III: Identificação da IQ do País-Alvo.

A IQ do país-alvo selecionado na Etapa II será identificada por meio da pesquisa bibliográfica e documental, aplicada aos principais elementos que compõem uma IQ, quais sejam: regulamentos, normalizadores, certificadores, laboratórios de calibração/ensaio e acreditadores.

A Figura 1 exemplifica os principais atores analisados nessa etapa, bem como na próxima, que identificará a IQ Internacional.

Figura 1 – Identificação da IQ

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2021)

Etapa IV: Identificação da IQ Internacional.

Essa etapa consiste na identificação da IQ internacional voltada para os componentes selecionados na Etapa I, executada por meio da pesquisa bibliográfica e documental aplicada aos principais elementos que compõem essa IQ, quais sejam: regulamentadores (ONU); normalizadores (ISO, IEC ou ITU); certificadores, organismos de inspeção, laboratórios de calibração/ensaio (se existirem) e acreditadores (IAF e ILAC).

Etapa V: Comparação da IQ do País-Alvo e da IQ Internacional com a IQ Brasileira para o componente identificado na Etapa I.

A IQ do Brasil será comparada com a IQ internacional e com a IQ do país-alvo nessa etapa.

Etapa VI: Elaboração do diagnóstico da IQ Brasileira e proposição de estratégias de desenvolvimento.

Com base na comparação constante na Etapa V, proceder-se-á ao diagnóstico da IQ Brasileira quanto ao seu atual estágio de desenvolvimento. Com base nesse diagnóstico, serão propostas estratégias para o desenvolvimento da IQ nacional.

Propõe-se iniciar o desenvolvimento com uma comparação da IQ internacional, levando em consideração dados sobre metrologia, regulação, normalização e acreditação, no âmbito do tema principal da pesquisa, de forma a compreender o momento atual e identificar o(s) país(es) líder(es).

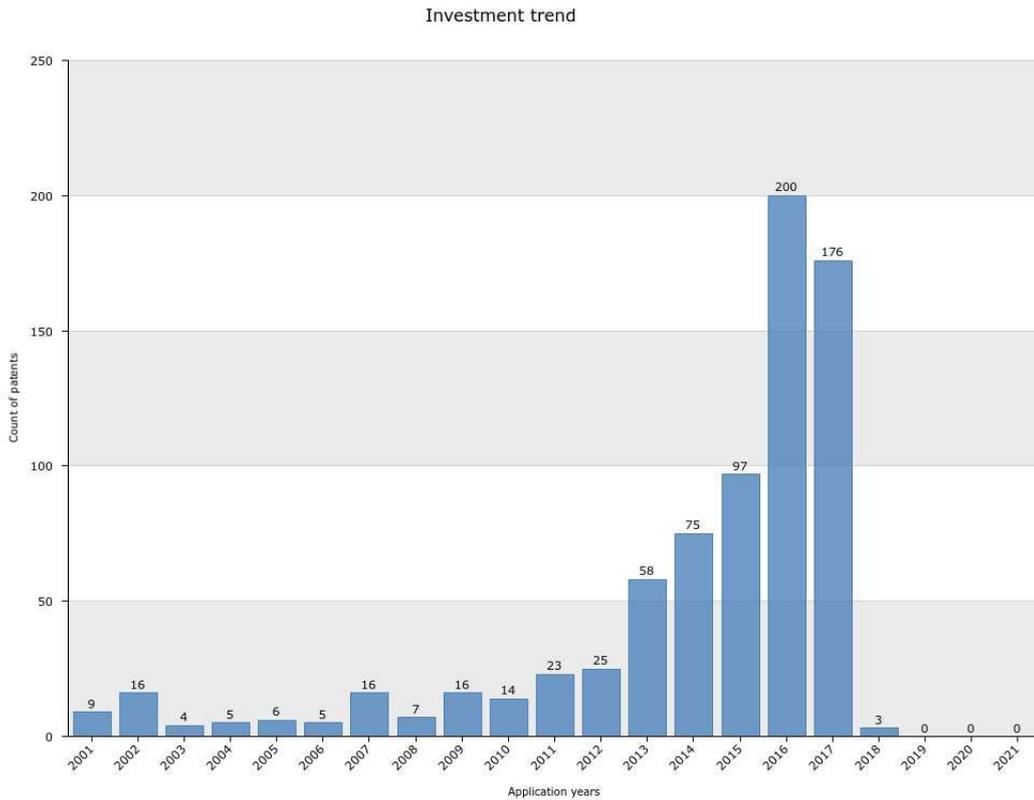
3 Resultados e Discussão

Nesta seção são apresentados os resultados para cada uma das etapas listadas na metodologia, bem como a discussão que rege o presente trabalho.

3.1 Patentes

Considerando que o desenvolvimento desse tema não ocorre em território nacional, foi realizada uma busca, em março de 2021, na base de dados Orbit, para a tecnologia Sistema Autônomo Veicular. Foi definido o lapso temporal de 2001 a 2021, últimos 20 anos, a fim de proceder à análise da linha de tendência, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Estudo de Tendência e Prospecção para veículos autônomos no período de 2001 a 2021

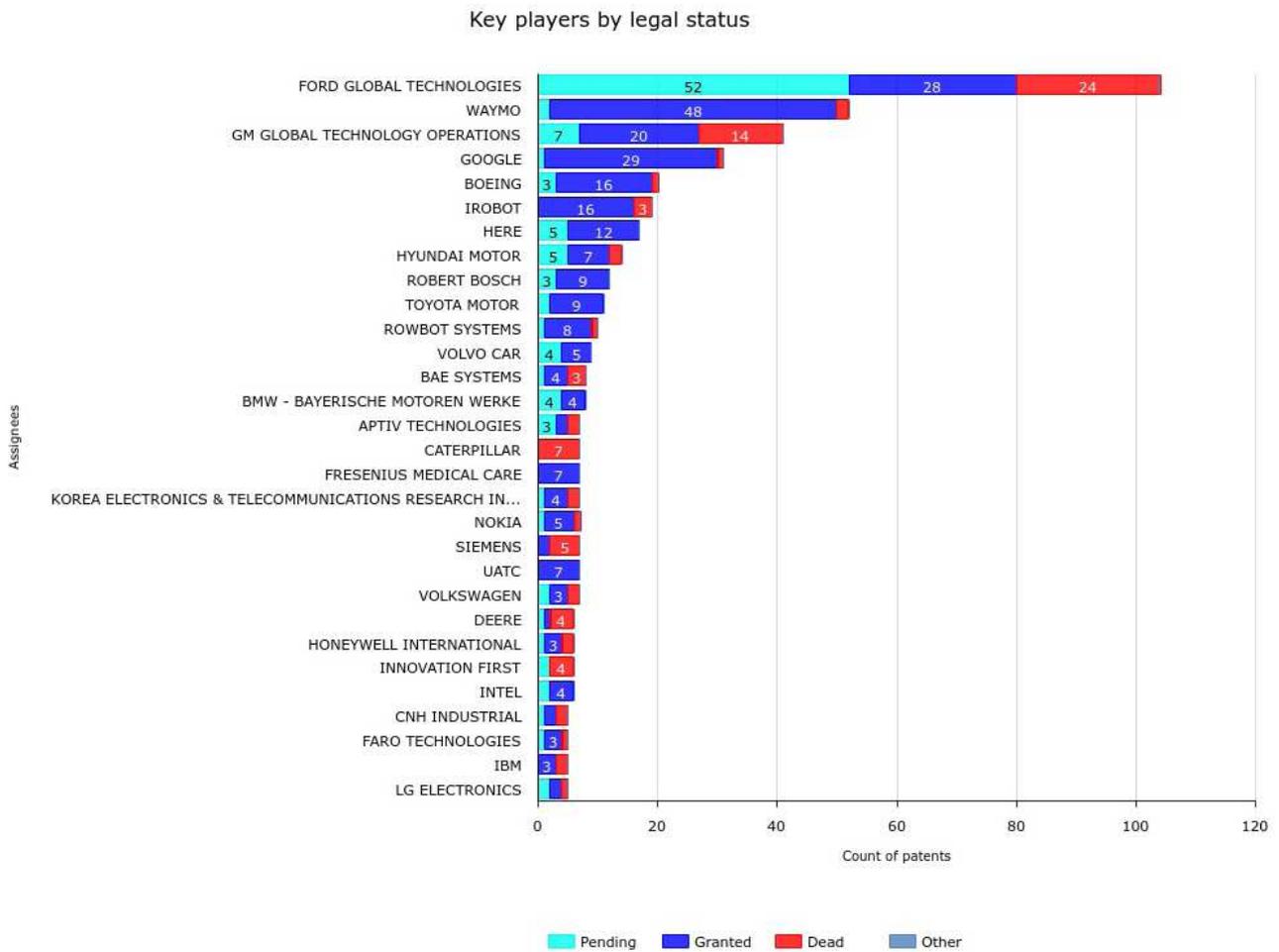


Fonte: Elaborada no aplicativo Orbit Intelligence de IP Business Intelligence da Questel (2021)

A busca também constata ascensão de tecnologia, uma vez que há tendência no crescimento de patentes concedidas até o ano de 2016, com uma sensível queda no ano posterior. Pesquisas de tendência têm por costume desconsiderar o período enquadrado entre os últimos 18-24 meses, pois o processo de concessão demora em torno desse prazo.

Da análise de patentes, foram extraídas diversas informações, como os principais *players* de mercado e o *status* dessas patentes, que podem ser observadas na Figura 3. Essa análise ajuda a compreender o nível de desenvolvimento do tema.

Figura 3 – Status legal dos principais players

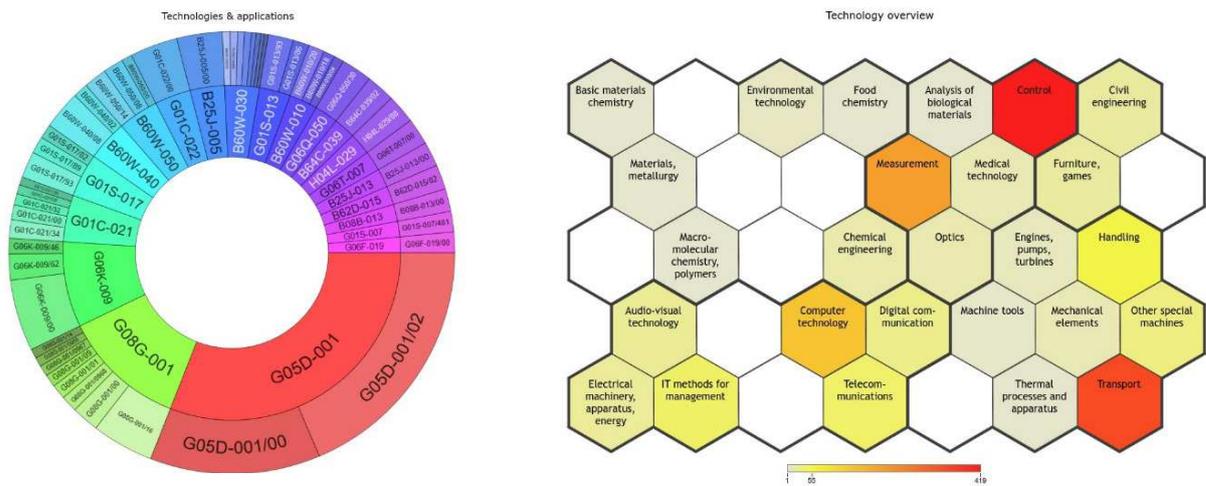


Fonte: Elaborada no aplicativo Orbit Intelligence de IP Business Intelligence da Questel (2021)

A Waymo, uma empresa que nasceu idealizada para o desenvolvimento de tecnologia voltada para carros autônomos, ocupante da segunda posição nesse *ranking*, apresenta menos de 4% de patentes inválidas, enquanto mais de 92% estão concedidas, um resultado expressivo, que evidencia uma postura mais assertiva no tocante à submissão dos registros.

Quanto à Classificação Internacional de Patentes (IPC), encontrada e identificada pelo *site* da Wipo, é possível observar que, entre as classificações, o código principal identificado é o G05D, localizado no quadrante inferior direito, que diz respeito a Sistemas para Controle ou Regulação de Variáveis não Elétricas e suas subclasses determinantes: G05D-001/00 – Controle de posição, curso, altitude ou atitude de veículos terrestres, aquáticos, aéreos ou espaciais, por exemplo, piloto automático (sistemas de navegação por rádio ou sistemas análogos usando outras ondas) e G05D-001/02 – Controle de posição ou curso em duas dimensões.

Figura 4 – Classificações das Patentes – Código IPC e área de tecnologia

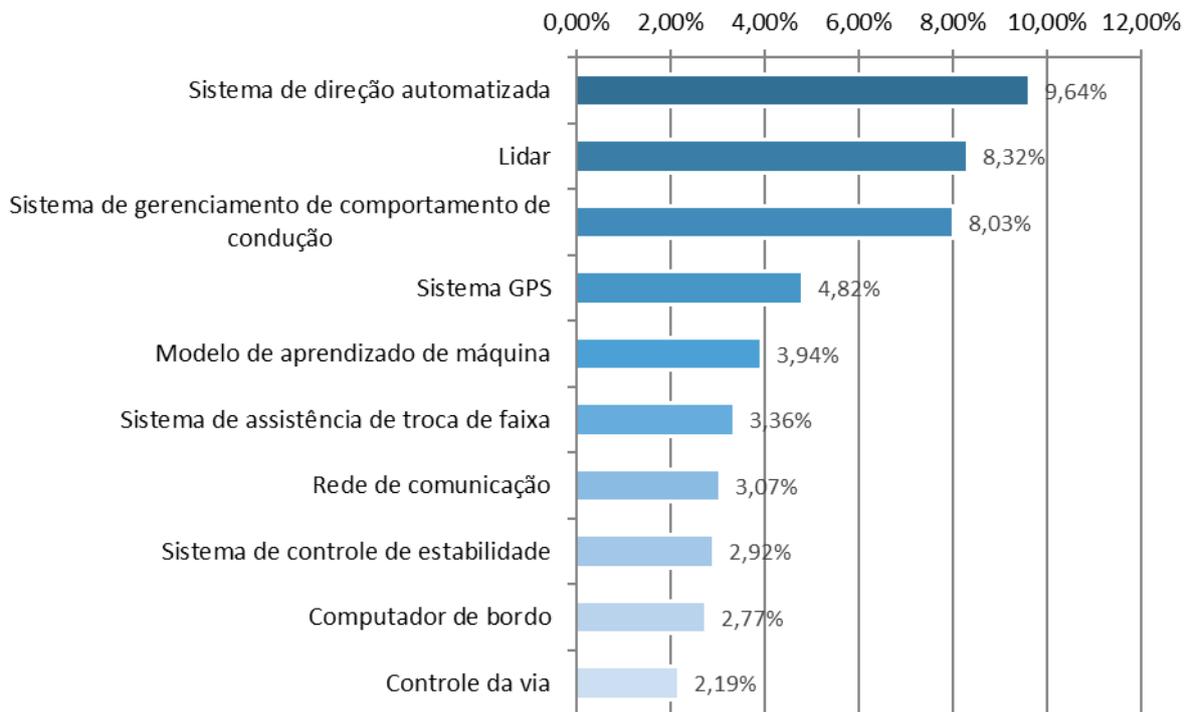


Fonte: Elaborada no aplicativo Orbit Intelligence de IP Business Intelligence da Questel (2021)

Essas classificações foram agrupadas em 26 áreas de tecnologia, nas quais é possível identificar quatro áreas principais, apresentadas na Figura 4, em que a graduação de cor na escala de branco a laranja sinaliza que quanto maior a intensidade da cor, maior é o número de patentes naquela área de aplicação. Dessa forma, foram encontradas, em número de patentes, 419 destinadas à área de Controle, 345 para Transporte, 202 para Medição e 138 para Tecnologia Computacional. Como a patente pode receber mais de uma classificação, por exemplo, controle e transporte, ou transporte e medição, o total de patentes analisadas para Controle e Transporte, foi de 685 patentes e destas, 17% foram classificadas como “Outros”, por se tratar de outras classes de veículos autônomos como drones, robôs de entrega de refeição em prédios, subaquáticos, ferroviários, etc., e, por esse motivo, elas foram retiradas da análise principal.

3.2 Sistemas e Componentes Encontrados no Estudo de Patentes

Para o estudo de prospecção das patentes, foram considerados os pedidos com data de entrada a partir de 2016, sendo demonstrada uma tendência de crescimento da tecnologia de sistema autônomo veicular, uma vez que se registra o aumento do registro de patentes na base utilizada. O estudo também corrobora com a sinalização dos principais produtos tecnológicos atualmente desenvolvidos, o que norteará a necessidade de desenvolvimento da IQ no país. A Figura 5 apresenta os 10 principais temas relacionados às patentes analisadas, encontrados neste estudo.

Figura 5 – Classificações das Patentes

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com base em Orbit (2021)

Os 10 principais temas relacionados às patentes analisadas são:

- a) Sistema de condução automatizada: principal sistema em desenvolvimento, com o objetivo de auxiliar o condutor na direção quando este deseja ou simplesmente necessita de auxílio. É responsável por agregar quatro outros diferentes sistemas, compreendidos pelas funções de assistência para manutenção de faixa, controle de cruzamento adaptativo, assistência para engarrafamento e autoestacionamento.
- b) Lidar: complexo sistema embarcado composto de um sensor externo e mais de seis dezenas de feixes de laser que são refletidos por espelhos giratórios, formando milhares de pontos luminosos que geram mapas tridimensionais detalhados por 360° em torno do VA. Está envolvido nesse sistema alto processamento, alta tecnologia e alto custo de investimento.
- c) Sistema de gerenciamento de comportamento de condução: pertence à arquitetura lógica do sistema, responsável pelas funcionalidades e funcionamento das interfaces. É responsável pelo monitoramento da situação do veículo e a visualização de sua rota. Está associado à sua funcionalidade, às atividades de passagem, ao controle da estabilidade, à detecção de objetos, ao tráfego, etc.
- d) Sistema GPS: outro sistema fundamental para os VAs. É composto de três segmentos: espacial, controle e usuário. Este último é responsável pela navegação e a geolocalização do VA, efetuando a atualização de mapas e estando geralmente integrado ao velocímetro do veículo.
- e) Modelo de aprendizado de máquina: associado às suas redes neurais e à Inteligência Artificial do VA, atua diretamente na leitura dos sensores, melhorando o desempenho dos sistemas vinculados ao comportamento e à condução do veículo.

- f) Sistema de assistência de troca de faixa: também conhecido como alerta de ponto cego, esse sistema também sinaliza ao condutor quando existe um obstáculo ou pessoa no ponto cego do espelho. Esse sistema pode ser dividido em duas categorias, a que emite avisos luminosos e sonoros quando o motorista insiste em executar a manobra, incorrendo na atuação do sistema de frenagem e retorno do carro à faixa, ou a que permite a análise pelo veículo, resultando na troca de faixa de forma autônoma, desde que o VA esteja trafegando a uma velocidade entre 80km/h e 180km/h.
- g) Rede de comunicação: rede que permite a conectividade dos veículos com a via, com outros veículos, vagas de estacionamento, pedestres e objetos no seu entorno, assim também no seu interior, como o acesso as preferências pessoais de cada usuário do VA para promoção de viagens mais seguras ou entretenimento a bordo.
- h) Sistema de controle de estabilidade: sistema responsável por calcular e aplicar correções de posição durante a condução, levando em consideração os sensores das rodas que monitoram sua velocidade, inclinação da carroceria e o ângulo de guinada, sinalizando ao motorista as situações de perigo, como desvios repentinos ou a ocorrência de aquaplanagem.
- i) Computador de bordo: é o que faz a interface da inteligência artificial com os usuários do veículo. Nele estarão presentes as principais informações, como alertas da via, velocidade, percurso, consumo médio e instantâneo, autonomia, tempo de viagem, conforto e preferências pessoais, e espera-se que ele reaja às mais diversas situações típicas de trânsito.
- j) Controle da via: sistema que se utiliza de sensores, radares, câmeras, redes de comunicação, modelagem de ambientes, GPS, algoritmos, desvios e que está interligada ao funcionamento dos VAs em uma retroalimentação de dados.

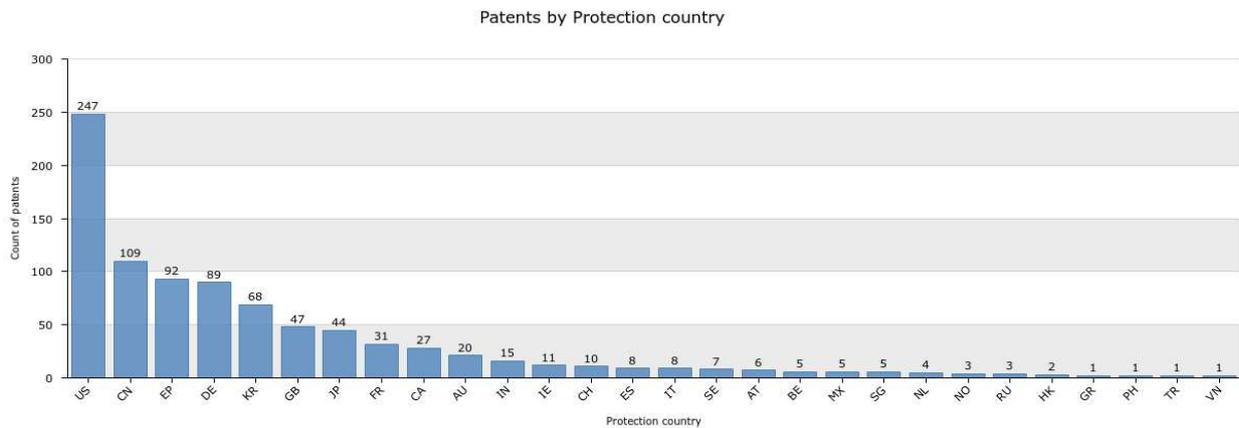
Todos os sistemas ou itens detalhados aqui demonstram a atual fase de desenvolvimento e de pesquisa relacionada aos VAs, já que as tecnologias disruptivas se relacionam à evolução da condução automatizada e à capacidade de varredura das imagens do ambiente externo ao serem processadas e transmitidas ao veículo, permitindo, assim, a tomada e o aprimoramento de decisões.

Para esse tópico será selecionado o sistema de condução automatizada, que se apresentou como o principal sistema em desenvolvimento.

3.3 País-Alvo

O estudo de prospecção de patentes demonstrou que o país-alvo, com o número maior de patentes registradas, é os EUA, seguido por Canadá, Escritório Europeu de Patentes e Alemanha. A diferença entre o primeiro e o segundo colocado é expressiva, visto que o Canadá possui menos da metade (44,12%) do número de patentes, quando comparado aos EUA. Já a diferença entre Canadá e Alemanha, segundo e quarto lugar, respectivamente, é de apenas 20 patentes até a data em que foi realizada a busca. A Figura 6 apresenta o quantitativo de patentes registradas neste estudo por seus respectivos países.

Figura 6 – Número de patentes registradas por país



© Questel 2021

Fonte: Elaborada no aplicativo Orbit Intelligence de IP Business Intelligence da Questel (2021)

3.4 Identificação da IQ do País-Alvo

Iniciou-se a identificação da IQ dos EUA como olhar para a área da Acreditação. A última pesquisa anual da ISO publicada em setembro de 2021 apresenta um total de aproximadamente 1,6 milhão de certificados válidos para sistemas de gestão, dos quais, 916.842 são certificados ISO 9001, 348.218 são certificados ISO 14001 e 44.486 são certificados ISO/IEC 27001. Os resultados encontrados demonstram um acréscimo, a partir de 2019, de 18% do número total de certificados válidos para os 12 sistemas de gestão ISO.

A seguir, detalhou-se no Quadro 1 o cenário dos escopos que compõe a acreditação do país-alvo em outubro de 2021. É importante ressaltar que, diferentemente dos EUA, que possuem quatro Organismos Acredidores (OAs) junto ao IAF, o Brasil possui apenas um OA.

Quadro 1 – Comparação da IQ – Acreditação

ESCOPOS PRINCIPAIS IAF	EUA	BRASIL
Product Certification – ISO/IEC 17065	x x x x	x
Management Systems Certification – ISO/IEC 17021-1	x x	x
Certification of Persons – ISO/IEC 17024	x x	
Validation And Verification – ISO 14065	x	

Nota: Cada "x" significa um OA.

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo com base em IAF (2021)

Após a Acreditação, seguiu-se com a análise da área de Metrologia, apresentada no Quadro 2, de acordo com as informações disponíveis no BIPM em setembro de 2021.

Quadro 2 – Comparação da IQ – Metrologia

INFORMAÇÕES GERAIS	EUA	BRASIL
Participação nos Comitês Consultivos do BIPM	10/10	6/10
Participação em Comparações e Calibrações no BIPM	Química Eletricidade Radiação Ionizante Massa Tempo	Química Eletricidade Radiação Ionizante Massa Tempo
Institutos de Metrologia	2 – NIST e NUWC-USRD	3 – INMETRO, LNMRI/ IRD e ON/DSHO
Autoridades Nacionais de Metrologia Legal	1 – NIST	1 – INMETRO
Organismos de Acreditação Nacionais	8– NACLA, A2LA, ACIL, ANAB, AOAC, NVLAP, NCSL e IAS	1 – CGCRE/ INMETRO
Organismos de Padrões Nacionais	4 – ASTM, ANSI, NIST e NSSL	2 – ABCQ e ABNT

Nota: Além desses seis comitês, o Brasil participa como observador em mais três comitês (sem direito a voto).

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo com base em IAF (2021)

Após a Metrologia, analisou-se a área de Normalização, de acordo com as informações disponíveis na ISO, que possui atualmente 337 Comitês Técnicos, distribuídos por 255 setores da economia, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3 – Comparação da IQ – Normalização

INFORMAÇÕES GERAIS	EUA	BRASIL
Participação nos Comissões Técnicas da ISO	572	308

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo com base em ISO (2021)

E, após a Normalização, analisou-se a Regulamentação, conforme mostra o Quadro 4, observando as informações da Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (United Nations Economic Commission for Europe – UNECE) em setembro de 2021.

Quadro 4 – Comparação da IQ – Regulamentação

INFORMAÇÕES GERAIS	EUA	BRASIL
País-membro UNECE	x	

Nota: Os EUA participam da UNECE como país membro desde sua criação em 1947.

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo com base em UNECE (2021)

3.5 Identificação da IQ Internacional

Considerando a seleção do Sistema de Condução Automatizada como objeto deste estudo, faz-se necessário identificar os elementos que a compõem, quando aplicáveis.

No que se refere à Regulamentação, a UNECE mantém um fórum mundial para harmonização de regulamentações de veículos denominado WP.29, dentro da estrutura institucional do Comitê de Transporte Interior da UNECE. A participação como país-membro se dá por meio

da adoção dos acordos da Organização das Nações Unidas (ONU) firmados em 1958, 1997 e 1998, que visam a estabelecer instrumentos regulatórios relativos a veículos motorizados e equipamentos automotivos definidos nos regulamentos da ONU, anexados ao Acordo de 1958; nos regulamentos técnicos globais das Nações Unidas associados ao Acordo de 1998; e nas regras da ONU, anexadas ao Acordo de 1997.

Os regulamentos da ONU, vinculados ao acordo de 1958, o qual o Brasil ainda não é signatário, contêm disposições para veículos, seus sistemas, peças e equipamentos, relacionadas a aspectos ambientais e de segurança. Além disso, há os requisitos de teste voltados para o desempenho, bem como os procedimentos administrativos. Este último aborda a aprovação de tipo para sistemas de veículos, peças e equipamentos, a conformidade da produção e o reconhecimento mútuo das homologações concedidas pelas partes contratantes.

Nesse tempo, entre 27 de setembro e 1º de outubro de 2021, ocorreu de forma virtual, a 11ª sessão do Grupo de Trabalho em Veículos Automatizados/Autônomos e Conectados, do WP.29, que tem em sua agenda de discussão o tema “Veículos automatizados/autônomos e conectados”, prevendo entregas sobre requisitos funcionais, métodos de validação para condução automatizada, sistema de armazenamento de dados para condução automatizada e sistema automatizado de manutenção de faixas, sendo este último um regulamento.

No que tange à normalização, a ITU possui em andamento um grupo focal dedicado à Multimídia Veicular, com plenária agendada para 29 de setembro de 2021, que tem por objetivo identificar a necessidade de novos padrões de multimídia veicular baseados na integração de redes terrestres e espaciais. O estudo pretende identificar lacunas no cenário de padronização de multimídia veicular e, eventualmente, elaborar relatórios técnicos e especificações cobrindo, entre outros, casos de uso de multimídia veicular, requisitos, aplicativos, interfaces, protocolos, arquiteturas e segurança, aproveitando trabalhos anteriores realizados pela ITU nessa área.

Com respeito a ISO, em 2018 foram publicadas duas famílias de normativas: a ISO/IEC 27000:2018 – Tecnologia da Informação, que fornece uma visão geral dos sistemas de gerenciamento de segurança da informação, aplicável a qualquer tipo de organização; e a ISO 26262:2018 – Veículos rodoviários – Segurança funcional, com o objetivo de mitigar riscos, fornecendo diretrizes e requisitos para a segurança funcional dos sistemas elétricos e eletrônicos dos veículos rodoviários.

Quando o foco é a acreditação, uma das principais normas de gerenciamento de riscos voltada para o setor automotivo, a ISO/IEC 27001:2018, entre os atuais 103 países que compõem a lista de membros e signatários da IAF, publicada em 24 de fevereiro de 2021, encontra-se apenas 42 Organismos de Acreditação.

Já a referência normativa mais recente é a ANSI/UL 4600:2020 – Segurança para Avaliação de Produtos Autônomos, que abrange sistemas totalmente autônomos que se movem, como carros autônomos, juntamente com aplicações em mineração, agricultura, manutenção e outros veículos, incluindo veículos aéreos não tripulados leves. Ela aborda os princípios e os processos de segurança para avaliar produtos totalmente autônomos que não requerem supervisão de um motorista humano. Também é importante ressaltar que a referência não define desempenho ou critérios de aprovação e/ou reprovação para segurança, como também não prevê testes em estrada (UL, 2020).

Os recursos de segurança funcional são parte integrante da fase de desenvolvimento de cada produto automotivo, desde a especificação e *design* até a implementação, integração, verificação, validação e, por fim, liberação para produção. Dessa forma, a ISO 26262:2018 define a segurança funcional para todos os sistemas automotivos eletrônicos e elétricos relacionados à segurança, cobrindo todo o seu ciclo de vida, incluindo o desenvolvimento, a produção, a operação, o serviço e o descomissionamento.

Ainda existem também os sistemas de gestão da qualidade amplamente usados na indústria automotiva que são a ISO 9001 e IATF 16949. Eles possuem uma visão geral da gestão da qualidade, na qual está contido o desenvolvimento de VA.

A ISO 9001 é a norma internacional de gestão da qualidade, responsável por definir requisitos para gerenciamento de processos, estabelecendo compromissos com a melhoria contínua. Ela também é utilizada como documento de base para outros padrões de sistemas de gestão da qualidade. Já a IATF 16949 é a norma internacional de gestão da qualidade mais utilizada na indústria automotiva, para o projeto e desenvolvimento, produção, montagem, instalação e serviços de produtos automotivos relacionados, incluindo produtos com *software* embarcado (SETEC, 2020).

A SAE J3016 é um guia que descreve sistemas de automação de veículos motorizados que executam parte ou toda a tarefa de direção dinâmica. Ele fornece uma taxonomia com definições detalhadas para seis níveis de automação de direção, variando de nenhuma automação de direção (nível 0), até a automação de direção completa (nível 5), no contexto de veículos e sua operação nas estradas.

Já a certificação TISAX (*Trusted Information Security Assessment Exchange*) é um processo de Avaliação da Conformidade (AC) que visa a gerenciar riscos e a aumentar a produção de dados somada à integridade das empresas do setor automotivo, contendo os principais aspectos da ISO/IEC 27001:2017 (TUV NORD, 2020).

Assim, entende-se que já existe a possibilidade de verificação de requisitos relacionados à segurança de sistemas elétricos eletrônicos que pautem ensaios no sistema de condução automatizada.

Quanto à metrologia, tem-se como provável que as tecnologias empregadas no desenvolvimento dos sensores e componentes do sistema de condução automática sejam passíveis de calibração.

3.6 Comparação das Infraestruturas da Qualidade do País-Alvo e Internacional com a Brasileira

Considerando o sistema escolhido de condução automatizada, serão relacionadas metrologia, normalização, acreditação, avaliação da conformidade e regulamentação, numa comparação entre EUA, referência Internacional e Brasil.

No quesito metrologia, os órgãos responsáveis no país-alvo e na referência internacional são o National Institute of Standards and Technology (NIST) e Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), respectivamente. No país-alvo, o órgão possui o Computer Security Resource Center (CSRC), que desenvolveu métodos combinatórios e ferramentas de pesquisa para medir o grau em que os testes cobriram condições extremamente raras, conseguindo identificar qualquer

combinação que gere a segurança dos sistemas autônomos. Em seu sítio eletrônico, é possível conhecer sobre projetos, testes combinatórios e autonomia assegurada. Aqui os métodos combinatórios abrem novas possibilidades para a metrologia na engenharia de *software*, fornecendo uma abordagem mais científica para garantia e verificação desses sistemas. O CSRC também disponibiliza suas ferramentas de pesquisa, incluindo um *software* de domínio público, para auxiliar o desenvolvimento de novas pesquisas (NIST, 2021).

No BIPM, não foi identificada nenhuma ação metrológica específica ao sistema de condução automatizada, mas a Estratégia 2019 a 2029, do Comitê Consultivo de Acústica, Ultrassom e Vibração, publicado em setembro de 2019, aponta para discussões abrangendo o sistema de frenagem. A publicação aborda a medição de vibração para requisitos de rastreabilidade e reconhecimento mútuo dos resultados, por meio de acelerômetros, na aplicação automotiva de detecção de colisão e controle de *airbag*, e de acelerômetros para orientação inercial de veículos autônomos, que serão mais rígidos que os anteriores (BIPM, 2019).

No Brasil, a Divisão de Metrologia em Tecnologias da Informação e Telecomunicações (DMTIC) tem, entre suas linhas de pesquisa, trabalhos sobre veículos inteligentes em andamento que tratam da comunicação veículo a veículo e segurança da informação dos sensores veiculares com uso de *blockchain*, mas ainda não há pesquisas voltadas para veículos autônomos e seus sistemas.

Na área da normalização, tem-se como referência internacional a utilização das ISO/IEC voltadas para a segurança. Nos EUA, a ANSI, membro norte-americano da ISO, atuou no secretariado do comitê 204 da ISO, dedicado a transportes inteligentes, durante as discussões que desenvolveram a ISO 22737: 2021 – Sistemas de transporte inteligentes – Sistemas de direção automatizada de baixa velocidade (LSAD) para rotas predefinidas – Requisitos de desempenho, requisitos de sistema e procedimentos de teste de desempenho, publicado em julho de 2021 (ANSI, 2021). Esses sistemas oferecem uma oportunidade para as cidades reduzirem o congestionamento e as emissões de carbono, contribuindo, assim, para metas definidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses VAs são projetados para operação em rotas predefinidas, em ambientes de baixa velocidade, sendo uma ótima opção de serviço para curtas distâncias.

Já no Brasil, em consulta à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a associação informou que não houve a participação do Brasil durante as discussões de elaboração na ISO e que apesar de a norma estar sendo apresentada ao setor, até o presente momento não foram iniciadas discussões no âmbito do comitê brasileiro automotivo para discutir sua internalização.

Com respeito à acreditação, nem as referências internacionais *International Accreditation Forum* (IAF) e *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC), nem nenhum dos oito OAs dos EUA, nem o Brasil desenvolveram até o momento um programa de acreditação específico para o sistema em estudo. Observou-se, porém, que a A2LA (EUA), possui escopo de acreditação para VAs na área de conectividade (radiocomunicação).

Com relação à AC, a ANSI National Accreditation Board (ANAB), conselho nacional de acreditação da ANSI, que agrega ensaio, certificação e inspeção, ainda não possui nenhum programa de AC dedicado ao sistema estudado. O mesmo ocorre para a TIC Council, referência internacional, e para a Associação Brasileira de Avaliação da Conformidade (ABRAC).

Por fim, no que diz respeito à regulamentação, verifica-se que o país-alvo emite desde 2016 orientações gerais, com abordagem flexível e não regulamentar, voltadas para a segurança da tecnologia de veículos automatizados. Na referência internacional, a UNECE trabalha no desenvolvimento de uma referência na WP.29. Já no Brasil, a Secretaria Nacional de Trânsito (Senatran), provável regulamentador, ainda não possui regulamentação do sistema.

Dessa forma, o Quadro 5 detalha o que foi anteriormente observado nesta discussão, pontuando diretamente as entidades que compõem os entes da IQ nas três referências analisadas neste trabalho, frente ao item de estudo escolhido, o sistema de direção automatizada.

Quadro 5 – Comparação Específica da IQ: País-Alvo – Internacional – Nacional

País	EUA	INTERNACIONAL	BRASIL
Metrologia	NIST	BIPM	Inmetro
Possui método de medição para o sistema?	S	N	N
Normalização	ANSI/ASTM	ISO/IEC/ITU	ABNT
Possui normativa para o sistema?	S	S	N
Acreditação	8 OAs*	IAF/ILAC	CGCRE
Existe algum programa de acreditação para o sistema?	N	N	N
Avaliação da Conformidade	Organismos de Avaliação da Conformidade Individuais	TIC Council	Abrac
Existe certificação para o sistema?	N	N	N
Existe ensaio para o sistema?	N	N	N
Existe inspeção para o sistema?	N	N	N
Regulamentadores	NHTSA	UNECE	Senatran
Possui regulamento para o sistema?	N	Em desenvolvimento	N

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2021)

A análise dos resultados demonstra que os países com IQ mais desenvolvida, como EUA e Alemanha, têm apresentado uma maior quantidade de produtos de inovação, ainda que a maioria não esteja se dedicando exclusivamente ao sistema de condução automatizada, mas para sistemas eletrônicos em um contexto mais amplo, e investindo em capacidade e infraestrutura tecnológica que subsidiarão uma melhor avaliação do sistema em questão, que ainda receberá aprimoramentos que acompanharão a evolução dos VAs.

4 Considerações Finais

O presente trabalho identificou as atuais exigências técnicas voltadas para os VAs e verificou que o sistema escolhido para análise neste trabalho possui poucos produtos tecnológicos exclusivos atualmente desenvolvidos, sendo o mais importante deles o regulamento da UNECE no âmbito da WP.29, já com sua discussão em andamento.

A pesquisa reconheceu também a necessidade de convergência da IQ nacional frente às exigências técnicas consolidadas mundialmente, voltadas para os VAs. Nota-se que se faz necessário um esforço conjunto de todas as áreas envolvidas. Na normalização, o desenvolvimento da versão brasileira das atuais ISOs. Impactando diretamente na efetividade da regulamentação, na assinatura do acordo de 1958 e na participação ativa do Brasil nas discussões da WP.29, por meio de seus órgãos de governo. Esse momento geraria naturalmente um novo Marco Regulatório, no qual a Indústria, as Universidades, as Associações, o Governo e a Sociedade Civil precisariam atuar nos desdobramentos internos, trazidos pelo movimento internacional do desenvolvimento do tema, promovendo inclusive a oportunidade de estabelecer parcerias com entidades internacionais, cujos países já possuam maior *expertise*.

Com a publicação do regulamento UNECE, o cenário internacional poderá apontar para a necessidade de desenvolvimento de um programa de acreditação que verifique a segurança das informações do sistema de condução automatizada direcionado às montadoras, que precisarão realizar parte dos ensaios em pistas de teste conectáveis, no território nacional, pois ainda que o desenvolvimento tecnológico do sistema não ocorra no país e que inicialmente esses VAs ingressem no país apenas por importação, espera-se que no futuro o sistema possa estar embarcado em um veículo de fabricação nacional.

No campo da metrologia, entende-se que o Brasil possui capacidade técnica compatível com o *National Institute of Standards and Technology* (NIST) em comparações metrológicas, o que norteia o entendimento de que o conhecimento de seus especialistas na área de informática e de engenharia de *softwares* seria capaz de fomentar projetos que avaliassem sistemas de condução autônoma, ainda que por meio de parcerias com esses institutos.

Já a avaliação da conformidade, por não possuir ainda exigências técnicas consolidadas, demandaria do Brasil um acompanhamento mais atento aos foros internacionais de discussão, assim nossa participação ocorreria de forma integral durante todo o processo.

A presente pesquisa demonstrou que o Brasil possui capacidade técnica para alcançar o desenvolvimento de sua IQ voltada para o futuro da Indústria Automotiva, e, visando ao seu aprimoramento, de forma a superar possíveis dificuldades vivenciadas no cenário do ano de 2021, se faz urgente a necessidade de compreensão de que o avanço da complexidade dos sistemas de direção automatizada acarretará diretamente o aumento do número das funções dos *softwares*, assim essa tecnologia precisará nos ser familiar, comum e constante.

Dessa forma, é possível afirmar que o Brasil possui capacidade técnica para alcançar o desenvolvimento de sua IQ voltada para o futuro da Indústria Automotiva, tornando-a capaz de introduzir, com menos entraves, esse tipo de veículo no país.

5 Perspectivas Futuras

A comparação da IQ brasileira comparada a do país-alvo e a internacional corrobora para a necessidade de investimento interno voltado para o preenchimento de lacunas importantes e essenciais, em atendimento às condicionantes da atual estrutura de IQ implantada. O estudo apresenta um cenário futuro possível, no qual a indústria automotiva nacional retoma seu papel de importância e de frente à economia do Brasil e da América Latina.

Recomenda-se como propostas para pesquisas futuras o estudo da implantação da IQ aplicada ao sistema de condução automatizada de veículos autônomos, bem como ao Lidar, segundo sistema com maior quantidade de patentes registradas, de forma a garantir que os principais sistemas dos VAs estarão cobertos pela IQ Brasileira, não se tornando uma barreira técnica ao comércio desses veículos.

Referências

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira: 2020**. 2020. Disponível em: <https://acervo.anfavea.com.br/paginas/acervo.aspx?ID=617>. Acesso em: 25 jul. 2020.

ANSI. **Iso publishes new standard for low-speed automated driving systems**. 2021. Disponível em: <https://www.ansi.org/news/standards-news/all-news/2021/07/7-13-21-iso-standard-low-speed-automated-driving>. Acesso em: 18 out. 2021.

BIPM. **Strategy 2019 to 2029 – Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound, and Vibration (CCAUV)**. 2019. Disponível em: https://www.bipm.org/en/search?p_p_id=search_portlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_resource_id=%2Fdownload%2Fpublication&p_p_cacheability=cacheLevelPage&_search_portlet_dlFileId=30720464&p_p_lifecycle=1&_search_portlet_javax.portlet.action=search&_search_portlet_formDate=1634599834419&_search_portlet_query=self-driving+cars+and+autonomous+systems&_search_portlet_source=BIPM. Acesso em: 18 out. 2021.

HARMES-LIEDTKE, Ulrich; DI MATTEO, Juan José Oteiza. 2021. **Global Quality Infrastructure Index Report 2020 Title: Global Quality Infrastructure Index Report**. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350589103_GLOBAL_QUALITY_INFRASTRUCTURE_INDEX_REPORT_2020_TITLE_Global_Quality_Infrastructure_Index_Report_2020/citation/download. Acesso em: 15 jun. 2021.

LOPES, Ademil Lucio. A Desconstrução da Indústria Automobilística Brasileira Constituída no Governo JK Pela Política Setorial do Governo FHC. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 125-144, 2005.

NIST. **Information Technology Laboratory – Computer Security Resource Center (CSRC)**. 2021. Disponível em: <https://csrc.nist.gov/projects/automated-combinatorial-testing-for-software/autonomous-systems-assurance/autonomous-vehicles>. Acesso em: 24 set. 2021.

OZGUNER, U.; STILLER, C.; REDMILL, K. Systems for Safety and Autonomous Behavior in Cars: The DARPA Grand Challenge Experience. **Proceedings of IEEE**, [s.l.], v. 95, n.2, p. 397-412, 2007.

PTB. **Planning the Innovation Center for Systems Metrology**. 2021. Disponível em: https://www.ptb.de/cms/en/presseaktuelles/journals-magazines/ptb-annual-report/jahresberichte/previous-annual-reports/annual-report-2020/news-of-the-year/news-of-the-year.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=10862&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bday%5D=3&tx_news_pi1%5Bmonth%5D=3&tx_news_pi1%5Byear%5D=2021&cHash=293589c4de4b0157ac2e7f7d3488115c. Acesso em: 9 out. 2021.

SETEC. **Descrição IATF**. [2020]. Disponível em: <https://www.setecnet.com.br/iatf-16949-2016/>. Acesso em: 25 jul. 2020.

TUV NORD. **TISAX – Segurança da Informação na indústria automotiva**. Brasil. 2020.
Disponível em: <https://www.tuv-nord.com/br/pt/news-storage/saiba-como-obter-certificacao-tisax/>.
Acesso em: 25 jul. 2020.

UL – UDERWRITERS LABORATORIES. **Publishes Autonomous Vehicle Standard**. 2020.
Disponível em: <https://ul.org/UL4600pressrelease>. Acesso em: 25 set. 2021.

WORLD BANK GROUP. **Role of Quality Infrastructure in Economic Development**. Disponível em: <https://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM-2018/Presentation-CGPM26-Mikhnev-Economic.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2020.

Sobre os Autores

Isabela W. Alves

E-mail: iwalves@inmetro.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6362-8239>

Mestre.

Endereço profissional: Campus de Inovação e Metrologia, Av. Nossa Senhora das Graças, n. 50, Xerém, Duque de Caxias, RJ. CEP: 25250-020.

Ricardo K. S. Fermam

E-mail: rkfermam@inmetro.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8296-3761>

Doutor.

Endereço profissional: Campus de Inovação e Metrologia, Av. Nossa Senhora das Graças, n. 50, Xerém, Duque de Caxias, RJ. CEP: 25250-020.