



**COMPONENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DE  
CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES NO BRASIL**

**KEVIN MASINDA MAHEMA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**COMPONENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DE  
CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES NO BRASIL**

**KEVIN MASINDA MAHEMA**

**ORIENTADOR: PASTOR WILLY GONZALES TACO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES**

**PUBLICAÇÃO: T.DM – 004/2023  
BRASÍLIA/DF: JUNHO/2023**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**COMPONENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DE CORREDORES  
RODOVIÁRIOS INTELIGENTES NO BRASIL**

**KEVIN MASINDA MAHEMA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TRANSPORTES DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TRANSPORTES.**

**APROVADA POR:**

---

**PASTOR WILLY GONZALES TACO, PhD, (Universidade de Brasília – UnB)  
ORIENTADOR**

---

**ANDRÉ LUIZ BARBOSA NUNES DA CUNHA, PhD, (Universidade de São Paulo - USP)  
EXAMINADOR EXTERNO**

---

**FÁBIO ZANCHETTA, PhD, (Universidade de Brasília – UnB)  
EXAMINADOR INTERNO**

**BRASÍLIA/DF, 30 de JUNHO de 2023.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA (Exemplo)**

MASINDA MAHEMA, KEVIN

Componentes para classificação de corredores rodoviários inteligentes no Brasil.  
Brasília, 2023.

xi, 122 p., 210x297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2023).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1 – Corredor Rodoviário Inteligente.

2 – Sistema de classificação.

3 – Componentes rodoviários.

4 – Classificação de rodovias.

I – ENC/FT/UnB

II – Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

MAHEMA, M. Kevin (2023). Componentes para Classificação de Corredores Rodoviários Inteligentes no Brasil. Publicação T.DM - 004/2023. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 122 p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: KEVIN MASINDA MAHEMA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Componentes para Classificação de Corredores Rodoviários Inteligentes no Brasil

GRAU: Mestre

ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Kevin Masinda Mahema

Email: kevinmasinda16@gmail.com

Endereço: Anexo SG-12, 1º andar, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, Distrito Federal - 70910-900 - Brasil

## DEDICATÓRIA

Há pensamentos que são verdadeiras orações. Em alguns momentos, seja qual for a postura do corpo, a alma está de joelhos. Aonde que eu vá, longe que eu esteja, vos levo comigo em todos os lugares dentro do meu coração. Dedico esse trabalho à minha mãe, Brigitte Lokula Bakambo, ao meu pai Robert Masinda, aos meus irmãos Carine Endjonga, Bijou Masinda e Joel Masinda, ao meu amor e companheira Karina Matos e a minha razão de viver e pequena anja Mavie Rezende Mahema Masinda.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e boa saúde. Digo infinitamente muito obrigado aos meus familiares, Robert Masinda, Carine Endjonga, Bijou Masinda, Joel Masinda e Mavie Masinda pelo apoio moral e financeiro. Mamãe, BRIGITTE LOKULA te amo e “merci beaucoup” pelo cuidado que sempre teve comigo.

Agradeço também a minha companheira, KARINA MATOS pelo amor, apoio e carinho cotidiano, aos meus pequenos sobrinhos, Cartevi, Terreau, Samuella, Emmanuela e Naomie. Também agradeço ao Diego e Luiz junto com toda família Matos, José Ximenes, Maria Matos, Renata, Bruno e Ellen; aos meus amigos do Brasil, Josué, Hervé, Nixin, Raimundo Gedeon, Ted, Heritier, Derole, Henry-Joel, Mike, Reagan, Harvey, Vito, Nono, Evariste, David Ilunga e David Bolonge.

Estou grato aos meus amigos de infância pela longa e duradora amizade em especial a Erick, Boudouin, Landry, Christian, Jonathan, Glody, Dani, Grady, Grace, Glody, Djo e Pierre.

Agradecimento a todos os membros do grupo de pesquisa comportamento em transportes e novas tecnologia, a todos os professores e à assistente de administração Camila pelo belo trabalho e atendimento na secretaria do programa de pós-graduação em transporte e aos meus colegas de turma de 2020, especialmente Bruno, Glauber e Júlia.

Finalmente, meus muitos obrigados ao meu orientador, Prof. PASTOR WILLY GONZALES TACO pelas orientações, ensinamento dentro e fora da sala de aula e a sua disponibilidade, ao Pedro Silva, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por ter concedido a mim bolsa de mestrado que foi indispensável para o fomento à pesquisa.

## RESUMO

Nos transportes inteligentes, o grande desafio é alcançar um sistema de transporte eficiente para o transporte de pessoas e bens. Com o surgimento dos Veículos Autônomos (VAs) novos desafios contextuais e operacionais trazem a necessidade de um desenvolvimento coordenado entre os atores envolvidos na implantação dessas novas tecnologias e os componentes necessários à operação conjunta de VAs, pedestres, infraestruturas e dispositivos tecnológicos com a capacidade de se comunicar entre si de forma eficiente e segura. As vantagens e benefícios advindos da operação dos VAs nas rodovias, em tráfego misto ou segregado, não serão possíveis sem o desenvolvimento de uma infraestrutura rodoviária de qualidade e inteligente. Diante dessa nova realidade, surge a necessidade de identificar quais são os componentes necessários para a implementação de uma infraestrutura inteligente capaz de receber os VAs e dar atendimento a sua incorporação no sistema de transporte. Nesse sentido esta dissertação tem como objetivo identificar os componentes que caracterizam uma rodovia inteligente no contexto brasileiro e classificá-los segundo seu grau de importância. A partir de uma revisão sistemática da literatura foram identificadas cinco principais metodologias de classificação de rodovias inteligentes: *i) road infrastructure support levels for automated driving; ii) smart road classification; iii) classification of readiness of European highways for adopting connected, automated and electric vehicles; iv) connected roadway classification system; e, v) road infrastructure ready for mixed vehicles traffic flows*. Com base nas metodologias foi elaborado um questionário que foi aplicado a diversos especialistas que atuam na área de transportes, seja na gestão pública, na consultoria, na academia e na empresa privada. Foi realizada uma análise geral e uma específica segundo segmentos de atuação dos especialistas. Os componentes mais importantes na visão geral dos especialistas por ordem de importância foram: conectividade, segurança, infraestrutura física, infraestrutura digital, automação veicular e usuário. A partir desses componentes, surge a necessidade de se discutir o que seria o caminho a ser seguido para implementar e classificar um Corredor Rodoviário Inteligente (CRI) no Brasil.

## ABSTRACT

In intelligent transportation, the great challenge is to achieve an efficient transportation system for the transport of people and goods. With the emergence of Autonomous Vehicles (AVs) new contextual and operational challenges bring the need for a coordinated development between the actors involved in the deployment of these modern technologies and the components necessary for the joint operation of AVs, pedestrians, infrastructure, and technological devices with the ability to communicate with each other efficiently and safely. The advantages and benefits arising from the operation of AVs on highways, in mixed or segregated traffic, will not be possible without the development of a quality and intelligent road infrastructure. In face of this new reality, the need arises to identify which components are necessary for the implementation of an intelligent infrastructure capable of receiving the AVs and meet their incorporation into the transportation system. In this sense, this dissertation aims to identify the components that characterize an intelligent highway in the Brazilian context and classify them according to their degree of importance. Based on a systematic literature review, five main methodologies were identified to classify intelligent highways: i) road infrastructure support levels for automated driving; ii) smart road classification; iii) classification of readiness of European highways for adopting connected, automated and electric vehicles; iv) connected roadway classification system; and v) road infrastructure ready for mixed vehicles traffic flows. Based on the methodologies, a questionnaire was prepared and applied to several specialists who work in the transportation area, whether in public management, consulting, academia, and private enterprise. A general and a specific analysis was performed according to the segments in which the specialists work. The most important components in the general vision of the specialists were: connectivity, security, physical infrastructure, digital infrastructure, vehicle automation, and user. Based on these components, the need arises to discuss what would be the path to be followed to implement and classify an Intelligent Road Corridor (IRC) in Brazil.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. PROBLEMATIZAÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. PROBLEMA DE PESQUISA.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
1.4.1. Objetivo geral.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
<b>1.5. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. VEÍCULOS AUTÔNOMOS E INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA INTELIGENTE.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3. BENEFÍCIOS DO VEÍCULO AUTÔNOMO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4. ACEITABILIDADE DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO BRASIL.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5. VEÍCULO AUTÔNOMO E INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6. METODOLOGIAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE RODOVIAS INTELIGENTES.....</b>	<b>18</b>
2.6.1. Nível de apoio da infraestrutura rodoviária à condução automatizada ( <i>Road Infrastructure Support Levels for Automated Driving – ISAD</i> ).....	18
2.6.2. Classificação rodoviária inteligente ( <i>Smart Road Classification – SRC: International Cooperation for Road and Road Transformation – PIARC</i> ).....	20
2.6.3. Infraestrutura rodoviária preparada para fluxos de tráfego mistos de veículos ( <i>Road Infrastructure ready for mixed vehicles traffic flows – INFRAMIX</i> ).....	25
2.6.4. Classificação do grau de preparação das autoestradas europeias para adoção de veículos conectados, automatizados e elétricos ( <i>Classification of Readiness of European Highways for Adopting Connected, Automated and Electric Vehicles – EAPA</i> ).....	31
2.6.5. Sistema de classificação de rodovias conectadas ( <i>Connected Roadway Classification System – CRCS</i> ).....	32
<b>3. MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DOS CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2. COMPONENTES SEGUNDO A LITERATURA E AS METODOLOGIAS...41</b>	<b>41</b>
<b>3.3. COMPONENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DOS CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES.....</b>	<b>44</b>

<b>3.4. DESENVOLVIMENTO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS.....</b>	<b>48</b>
3.4.1. Técnica de criação do instrumento de pesquisa.....	48
3.4.2. Montagem e edição de instrumento de pesquisa.....	49
3.4.3. Estudo-piloto ou teste das funcionalidades do instrumento de pesquisa.....	52
<b>3.5. APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO DE PESQUISA .....</b>	<b>52</b>
<b>4. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2. ANÁLISE GERAL.....</b>	<b>54</b>
4.2.1. Veículos autônomos.....	56
4.2.2. Corredores Rodoviários Inteligentes – CRI.....	59
4.2.3. Classificação por Grau de Importância dos Componentes de um CRIs .....	65
<b>4.3. ANÁLISE ESPECÍFICA.....</b>	<b>65</b>
4.3.1. Acadêmicos.....	65
4.3.2. Agentes regulatórios .....	67
4.3.3. Transportadores rodoviários de cargas .....	68
4.3.4. Empresas de consultoria .....	69
4.3.5. Demais perfis dos respondentes ou sociedade .....	70
4.3.6. Entrevistados com 5 anos ou mais de tempo de atuação .....	71
<b>4.4. ANÁLISE DOS COMPONENTES POR GRAU DE IMPORTÂNCIA .....</b>	<b>80</b>
4.4.1. Avaliação geral .....	80
4.4.2. Avaliação específica por grau de importância das variáveis por grupo.....	81
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE A – Artigo: CRI uma revisão sistemática da literatura.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE B – Questionário.....</b>	<b>110</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Estrutura da dissertação.....	11
Figura 2.1: Estrutura SRC (PIARC, 2021) .....	25
Figura 2.2: Estrutura híbrida INFRAMIX (INFRAMIX, 2020).....	26
Figura 3.1: Componentes para classificação dos CRI .....	47
Figura 4.1: Análise geral: escolaridade.....	55
Figura 4.2: Análise geral: tempo de atuação.....	55
Figura 4.3: Análise geral: área de atuação .....	55
Figura 4.4: Análise geral: fluxo de tráfego dos VAs .....	57
Figura 4.5: Análise geral: contribuições dos VAs nas rodovias .....	58
Figura 4.6: Análise geral: importância de classificar as rodovias .....	61
Figura 4.7: Análise geral: vantagens de classificar as rodovias.....	62
Figura 4.8: Análise geral: desafio para classificar as rodovias.....	63
Figura 4.9: Análise geral: tipo de participação do órgão público na classificação.....	64
Figura 4.10: órgão público responsável .....	64
Figura 4.11: Análise geral do grau de importância dos componentes na visão de cada grupo de especialistas.....	80
Figura 4.12: Análise específica do componente "infraestrutura física".....	81
Figura 4.13: Análise específica do componente "infraestrutura digital" .....	82
Figura 4.14: Análise específica do componente "conectividade" .....	83
Figura 4.15: Análise específica do componente "segurança" .....	84
Figura 4.16: Análise específica do componente "automação veicular" .....	85
Figura 4.17: Análise específica do componente "usuário" .....	86

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

5G: 5ª Geração de internet.  
*AASHTO: Association of State Highway and Transportation Officials.*  
Abramet: Associação Brasileira de Medicina de Trânsito.  
ADS: Sistema de Direção Automatizado.  
AE: Autoestrada.  
ANT: Agência Nacional de Telecomunicações.  
*AVRI: Autonomous Vehicles Readiness Index.*  
C1: Conversar nível 1.  
C2: Conversar nível 2.  
C3: Conversar nível 3.  
C4: Conversar nível 4.  
*CCTV: Closed Circuit Television.*  
*CEF: Connecting Europe Facility*  
CNT: Confederação Nacional de Trânsito.  
*CRCS: Connected Roadway Classification System.*  
CRIS: Corredor Rodoviário Inteligente e Sustentável.  
*C-V2X: Cellular Vehicle-to-Everything.*  
DDT: Tarefa de Condução Dinâmica.  
DesvPad: Desvio Padrão.  
DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes.  
*DSRC: Dedicated Short-Range Communication.*  
*EAPA: European Asphalt Pavement Association.*  
*FGPA: Field Programmable Gate Array.*  
*FHWA: Federal Highway Administration.*  
*FOX: Fast Offset Xpath Service.*  
*H2020: Horizon 2020.*  
*INEA: Innovation and Network Executive Agency.*  
*INFRAMIX: Road INFRAstructure Ready for MIXed Vehicle Traffic Flow.*  
IPPUR: Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional.  
*ISAD: Road Infrastructure Support Levels for Automated Driving.*  
*ISO: International Standard Organization.*  
*LOSAD: Level of Service for Automated Driving.*  
*LTE: Long-Term Evolution.*  
MRC: Circunstância de Mínimo Risco.  
*MUTCD: Manual on Uniform Traffic Control Devices.*  
*NCHRP: National Cooperative Highway Research Program.*  
*NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration.*  
NTC&Logística :Associação Nacional de Transporte de Cargas e Logística.  
ODD: Domínio de Design Operacional.  
ONSV: Observatório Nacional de Segurança Viária  
ORS: Seções Rodoviárias Operacionais.  
*PIARC: International Cooperation for Road and Road Transformation.*  
PIB: Produto Interno Bruto.  
PPGT: Programa de Pós-Graduação em Transporte.  
PRF: Polícia Rodoviária Federal.  
*PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses.*

RAC: Rodovia Automática Completa.  
RAss: Rodovia Assistida.  
RAut: Rodovia Automatizada.  
RH: Rodovia Humana.  
ROD: Domínio Operacional Restrito.  
RSL: Revisão Sistemática da Literatura.  
*RSU: Roadside Units.*  
*RTE-T EA: Trans European Transport Network Executive Agency.*  
S1: Simplificando nível 1.  
S2: Simplificando nível 2.  
S3: Simplificando nível 3.  
S4: Simplificando nível 4.  
*SAE: Society of Automotive Engineers.*  
SENATRAN: Secretaria Nacional de trânsito.  
*SpaT: Signal Phase and Timming.*  
*SRC: Smart Road Classification.*  
*TMC/iTMC: Advanced Traffic Monitoring Center Software.*  
*TPU: Tensor Process Unit.*  
UnB: Universidade de Brasília.  
*USDOT: United State Department of Transportation.*  
V1: Vendo nível 1.  
V2: Vendo nível 2.  
*V2BS: vehicle-to-base station.*  
*V2I: Vehicle-to-Infrastructure.*  
*V2R: Roadside Units.*  
*V2RF: Vehicle-to-Road Installation.*  
*V2V: Vehicle-to-Vehicle.*  
*V2X: Vehicle-to-Everything.*  
V3: Vendo nível 3.  
V4: Vendo nível 4.  
VA: Veículo Autônomo.  
VACC: Veículo Autônomo Conectado e Compartilhado.  
*VMBS: Vehicle-to-Mobile Base Station.*  
*WoF: Web of Science.*

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Classificação ISAD .....	20
Quadro 2.2: Níveis de classificação LOSAD .....	22
Quadro 2.3: Níveis de classificações INFRAMIX .....	28
Quadro 2.4: Classificação EAPA de acordo com o nível de prontidão para adoção de veículos autônomos, conectados e compartilhados.....	32
Quadro 2.5: Classificação EAPA de acordo às tecnologias disponíveis para carregar o veículo elétrico.....	32
Quadro 2.6: Estado de conhecimento sobre o impacto da infraestrutura nos veículos autônomos, conectados e compartilhados.....	34
Quadro 2.7: Connected Roadway Classification System – CRCS .....	36
Quadro 2.8: Sumário das cinco principais classificações de rodovias inteligentes .....	39
Quadro 3.1: Componentes CRIs x outras classificações .....	43
Quadro 3.2: Perguntas sobre identificação de especialista .....	49
Quadro 3.3: Perguntas sobre VA .....	50
Quadro 3.4: Perguntas sobre CRIs.....	51
Quadro 4.1: Classificação por grau de importância dos componentes .....	65
Quadro 4.2: Análise específica por perfis dos grupos .....	73
Quadro 4.3: Análise específica: conhecimento sobre VAs.....	74
Quadro 4.4: Análise específica: conhecimento sobre CRIs.....	75
Quadro 4.5: Classificação geral x classificação específica por grupo (grau de importância dos componentes).....	79
Quadro 4.6: Análises das opiniões dos componentes por grupo .....	87

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. APRESENTAÇÃO

O transporte é o reflexo da economia de um país e é um setor que está fortemente ligado ao crescimento e desenvolvimento de uma região. Segundo a Confederação Nacional do Transporte – CNT, considerando todos os modos de transportes, o setor gerou em 2018 mais de 2 milhões e meio de empregos formais, sendo 70% desses empregos no transporte rodoviário (CNT, 2019). As rodovias cumprem um papel importante no crescimento e desenvolvimento econômico pois, por meio delas, além de possibilitar o deslocamento de pessoas e bens, interligar localidades e regiões, as rodovias caracterizam-se como um elemento importante para a execução de inúmeras atividades econômicas, sociais, educacionais etc.

No Brasil, a participação do modo rodoviário representa aproximadamente 61% das movimentações de bens e 95% dos passageiros, sendo assim, o modo com maior participação na matriz de transporte brasileira. Isto significa que, para deslocar e levar os bens de um lugar para outro dependemos fortemente da infraestrutura rodoviária (CNT, 2019a). No entanto, ainda existe uma carência na infraestrutura de ótima qualidade na malha rodoviária brasileira, as principais vias de interligação do país precisam progredir. Segundo o anuário CNT do transporte de 2021, somente 6,34% da malha rodoviária total (incluindo rodovias federais, estaduais, municipais e estaduais transitórias) é pavimentada, o que representa uma extensão de 109.103 km sobre um total de 1.720.700 km (CNT, 2021a).

Entretanto, considerando somente as rodovias federais pavimentadas, que representam uma extensão de 75,8 mil km, 27 mil km de extensão dessas rodovias atualmente não contam com a cobertura de internet (4G e 5G), o que representa aproximadamente um total de 2349 trechos rodoviários pavimentados sem conectividade. Percebe-se uma forte necessidade de investimento e melhoria nas condições das rodovias (IBL, 2021).

Nesse contexto, em 2020 o Governo Federal por intermédio do Ministério da Infraestrutura - MInfra iniciou ações para trazer melhorias no Sistema Nacional de Viação a partir do seu Programa de estímulo à modernização das rodovias federais, O Inov@BR. O

Inov@BR, tinha como objetivo melhorar a fluidez das vias, proporcionando a eficiência logística, modernizar as principais rodovias federais, elevar o padrão de segurança nas rodovias federais e aprimorar processos, procedimentos, instrumentos regulatórios e recursos técnicos, a fim de tornar o Brasil líder na América Latina em infraestrutura de transporte, com a missão de proporcionar uma infraestrutura viária integrada para mobilidade segura e eficiente de pessoas e bens, com vista à competitividade nacional e total respeito à vida, eficiência logística, excelência institucional, responsabilidade socioambiental e planejamento e integração nacional. Esse programa, foi resultado do planejamento estratégico do setor e é sustentado por três pilares: a segurança viária, a fluidez e a tecnologia (MINFRA, 2020).

Concomitante ao programa Inov@BR do MInfra, o Ministério das Comunicações – Mcom realizou o “leilão do 5G”, que tem o compromisso de abrangência de atender a todas as 5.570 sedes municipais com 5G; atender a 1.700 localidades não sedes com 5G até dezembro de 2030; atender 7.430 localidades com conexão 4G ou superior; implantar *backhaul* de fibras óticas em 530 sedes municipais; investir 3,1 bilhões para conectividade de escolas públicas e atender aos 2.349 trechos de rodovias com 4G, totalizando 35.784 km das rodovias federais pavimentadas (ANT, 2022).

Contudo, a tecnologia em parte é sinônimo de constante desenvolvimento ou, ainda, de mudanças significativas. Na área de transporte, a grande mudança é incorporar tecnologias avançadas e sistema de informações e comunicações no sistema de transporte tradicional. Esses sistemas que incorporam tecnologias para um melhor planejamento, gestão e operação no setor são conhecidos como Sistemas Inteligentes em Transporte ou em inglês, *Intelligent Transport Systems – ITS*. Segundo USDOT (2019), um ITS é um sistema de tecnologias e avanços operacionais que, quando combinados e gerenciados, melhoram as capacidades de todo o sistema de transporte. Assim, um ITS pode ser entendido como um conjunto de componentes dos sistemas de transporte (veículos, usuários, ambiente etc.) e infraestruturas (vias de transporte, terminais, praças de pedágio etc.) que, quando combinados, melhoram a segurança, fluidez, e a gestão do sistema, proporcionando qualidade nos deslocamentos.

Nos últimos 20 anos, um desses componentes, o veículo, neste caso os veículos autônomos (VAs), têm começado a movimentar as pesquisas e os investimentos a fim de incorporá-lo ao sistema de transportes. O veículo do futuro, sem motorista, robótico ou, ainda, autônomo são nomes dados aos veículos pessoais, de transporte de bens e/ou

passageiros, munidos de um sistema computacional composto por um conjunto de sensores interligados entre si e atuadores para sensoriar o ambiente, determinar as melhores opções de ação e executar estas tarefas de forma mais segura e confiável do que poderia ser obtido por um condutor humano (PISSARDINI, 2013).

A disseminação global dos veículos autônomos tem atraído muita atenção nos últimos anos no que diz respeito tanto às questões climáticas e preocupações ambientais na necessidade da redução de gases do efeito estufa e o uso de energia limpa no setor de transporte quanto a utilização de novas tecnologias ou tecnologias avançadas no setor de transporte, o transporte inteligente. Nos transportes inteligentes, o grande obstáculo é alcançar um sistema de transporte ideal, eficiente para pessoas e bens, um sistema ecologicamente correto, sustentável, econômico, confortável e seguro (CHAN, 2017).

Entretanto, a operação eficiente e segura do transporte inteligente decorre de uma série de processos relacionados com veículos, pedestres, infraestruturas e dispositivos tecnológicos capazes de se comunicar entre si (TRUBIA *et al.*, 2020). Tal transformação tão relevante deve-se ao avanço tecnológico dos dispositivos embutidos nos veículos e ao progresso obtido na última década com a inovação no setor automotivo perante a introdução de veículos autônomos. Neste sentido, Seuwo *et al.*, (2020) afirmam que com a introdução de veículos autônomos nas vias, o tempo de viagem, a emissão de gases do efeito estufa e a necessidade de vagas no estacionamento serão reduzidos em 30%, 66% e 44%, respectivamente. Ainda, Seuwo *et al.*, (2020) afirmam que a tecnologia autônoma tem a capacidade de reduzir os acidentes de trânsito em aproximadamente 90%.

Todavia, conforme Masinda e Taco (2021) todas essas vantagens e benefícios advindos das tecnologias não seriam possíveis sem uma infraestrutura rodoviária de qualidade e inteligente, que seja capaz de receber esses veículos. Novas vias e infraestruturas serão necessárias, visto que os veículos autônomos precisam compartilhar informações e se comunicar com o ambiente ao seu redor (infraestrutura) – V2I, com outros veículos – V2V, com outros usuários da via – V2X e com o centro de controle da rodovia, que seria responsável por trocar informações em tempo real. Por exemplo, informações e dados relacionados à marcação rodoviária e sinalização, mudanças repentinas na pista etc. Esse tipo de estrutura rodoviária, é chamada de infraestrutura inteligente, que dependendo da sua

extensão e configuração pode conformar uma via inteligente ou um corredor rodoviário inteligente – CRI.

Na atualidade o termo “inteligente” é utilizado em todas as áreas de conhecimento com o significado de “método novo ou ideal”, “genialidade”, “esperteza”, “rápida assimilação” e etc. Na área de transporte, seu sentido é emprestado da área da ciência da computação (ou informática) para se referir a qualquer tipo de tecnologia de informação e comunicação nova ou avançada disponível com uma alta contribuição inovadora no sistema de transporte (TRUBIA *et al.*, 2020).

No entanto, uma definição mais genérica de corredor rodoviário inteligente em inglês - *smart road* - difundido por Barazzetti *et al.*, (2020) pode ser entendido como a combinação da rodovia equipada com aparelhos digitais e tecnologias de ponta que possibilitam uma rápida troca de informações e dados tanto com o sistema de gestão da operação (CCO) e gestores da rodovia quanto com os veículos que as utilizam.

## **1.2. PROBLEMATIZAÇÃO**

Segundo o relatório da Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, - *Sustainable Development Goals* - da Organização das Nações Unidas – ONU, o planeta Terra levou apenas 12 anos para passar de 7 para em torno de 8 bilhões de habitantes até o ano de 2022 e mais da metade dessa população vive nas cidades. Estima-se que até o ano de 2050 sete em cada dez pessoas viverão em meios urbanos. O aumento da população mundial causa preocupações na relação entre economia, crescimento populacional, mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável, por exemplo. Embora as cidades sejam o motor do crescimento da economia global, contribuindo com aproximadamente 80% do Produto Interno Bruto – PIB do mundo, também são responsáveis por mais de 70% das emissões de gás de efeito estufa mundial, sendo o setor do transporte um dos principais geradores de gases poluentes (ONU, 2022).

No Brasil, nos últimos anos houve um aumento significativo na frota de veículos. Segundo o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, a taxa de motorização a cada 100 habitantes passou de 37,1% em 2008 para 65,7% em 2019 sendo que as 17 principais regiões metropolitanas são responsáveis por 40% desse aumento (IPPUR, 2020).

Conforme o Minfra, até agosto de 2021 a frota terrestre total foi de 110.255.577 veículos automotores (MINFRA, 2021).

Simultaneamente ao crescimento da taxa de motorização, mortes prematuras em grande escala e incapacidades por lesões causadas nos sinistros de trânsito também vem aumentando. Os dados compilados pelo Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV) com base nos números de mortalidade em ocorrência de trânsito registrados e publicados pelo DataSUS mostram que houve um aumento de 2% de sinistros de trânsitos em 2020 com um total de 31.945 mortes se comparado ao ano anterior (ONSV, 2020).

Ainda os sinistros de trânsito geram custos para os cofres públicos. Conforme o Conselho de Defesa Nacional (CDN) e a Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2019b), os sinistros de trânsito no ano de 2019 custaram aproximadamente 10,26 bilhões de reais em perda de vida, produção e bens. Desses, quase 4 bilhões são referentes aos sinistros fatais. Já considerando o período acumulado de 2009 até dezembro de 2019, o governo perdeu 156,06 bilhões de reais em sinistros rodoviários. Esse valor se aproxima do total investido em ações de fiscalização e monitoramento da PRF e manutenção das rodovias federais que custaram ao Governo Federal 172,06 bilhões de reais referente ao mesmo período (CNT, 2019b). Já para o IPEA (2020) o custo socioeconômico de sinistros de trânsito no Brasil no período de 2007 até 2018 chegou a 1,584 trilhão de reais.

De acordo com a Polícia Rodoviária Federal - PRF, as principais causas de acidentes de trânsito nas rodovias federais podem ser agrupadas em: i) violação das normas de trânsito (por exemplo, não manter distância de segurança recomendada entre veículos, ingerir drogas ou bebidas alcoólicas, desrespeitar a sinalização, ultrapassagem perigosa e velocidade incompatível); ii) falta de atenção no trânsito e condição de adormecimento; iii) presença de objetos ou animais na pista; iv) problema mecânico no carro; v) defeito viário ou degradação da infraestrutura viária; e, vi) outras causas não especificadas (BRASIL, 2017). Apesar disso, um estudo publicado pela Associação Brasileira de Medicina de Trânsito – Abramet, revelou que nas rodovias federais o erro humano contribuiu em 8 de cada 10 acidentes em 2021 (CNN, 2022).

Em relação às condições das vias, a CNT aponta que a estrutura e as condições da infraestrutura podem interferir na direção do motorista e causar graves acidentes no trânsito.

Foi observado que a maior ocorrência de acidentes fatais aconteceu nos trechos com sinalização classificada como péssima, ou seja, onde não há nenhum tipo de sinalização, com uma média de 13 óbitos a cada 100 acidentes de trânsito (CNT, 2021). Uma estatística de 53% maior em relação aos trechos de rodovias com classificação considerada ótima. No entanto, no que diz respeito à qualidade da pavimentação das rodovias brasileiras, a CNT identificou quatro fatores principais que causam a rápida degradação da pavimentação. Esses fatores estão relacionados à maneira de dimensionamento do pavimento, à tecnologia e ao processo construtivo, à manutenção e gerenciamento e à fiscalização (CNT, 2017). A carência de qualidade na malha rodoviária brasileira foi sinalizada também no *World Economic Forum*. O Brasil teve o seu índice global de competitividade mundial classificado em 116ª posição em relação à qualidade das rodovias e 69 posições no que diz respeito à conectividade entre os 141 países avaliados (SCHWAB, 2019).

Em relação à conectividade, o mapeamento da cobertura do sinal da banda larga móvel realizado pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANT, aponta que somente 46% da extensão total da malha rodoviária pavimentada de jurisdições federais possuem a cobertura do sinal 3G ou 4G. Vinte e sete mil km de extensão de rodovias federais não possuíam a banda larga móvel superior ao 3G (4G ou 5G), o que representava um total aproximado de 2349 trechos rodoviários pavimentados sem conectividade (ANT, 2022).

A baixa taxa de conectividade nas rodovias e as más condições das vias e infraestruturas rodoviárias, principalmente, colocou o Brasil na última posição 30/30 entre os países avaliados pela KPMG segundo o seu índice AVRI de prontidão de veículos autônomos (*Autonomous Vehicle Readiness Index – AVRI*). O índice auxilia a medir o quão pronto um país está preparado para receber os veículos autônomos baseados na aceitabilidade dos consumidores, qualidade das infraestruturas, tecnologia e inovação e, legislações e políticas públicas (KPMG, 2020).

A falta de políticas públicas, normas regulatórias e legislações sobre os veículos autônomos e sua receptibilidade para o seu bom funcionamento nas infraestruturas rodoviárias ainda são um grande desafio a ser superado não somente no Brasil, mas também em todo o mundo, embora já tenham alguns veículos SAE de nível 3 em circulação atualmente nas vias públicas brasileiras (OLIVEIRA & PIRANI, 2021).

Além desses problemas mencionados acima, o Brasil enfrenta um aumento significativo nas ocorrências de roubos de cargas nas rodovias brasileiras, o que coloca em risco a vida dos motoristas e passageiros. Segundo a Associação Nacional de Transporte de Cargas e Logística – NTC&Logística, foram registradas 14.450 ocorrências de roubo de cargas no ano de 2021, totalizando um prejuízo estimado em 1,27 bilhão de reais. A insegurança nas rodovias afeta o preço final do produto, impactando diretamente no valor de custo do transporte (IMPrensa, 2022).

### **1.3. PROBLEMA DE PESQUISA**

A partir da contextualização apresentada, mostra-se claramente a necessidade de adotar novas medidas para a melhoria nas rodovias brasileiras. Os veículos autônomos têm um papel importantíssimo a desempenhar no futuro e presente do transporte rodoviário, oferecendo conforto na viagem, segurança e redução de acidentes e mortes, eliminando parcial ou totalmente a condução humana e trazendo melhoria em várias áreas, tais que o meio ambiente e a economia. No entanto, a utilização de Sistemas Inteligentes em Transportes - SIT e os avanços na implantação de VA que vêm ocorrendo mundo afora requerem de planejamento para sua incorporação no Brasil e, assim, usufruir de seus benefícios e se preparar para os seus desafios. Para extrair todo o potencial dos VA, será preciso adequar ou criar infraestruturas inteligentes, aqui denominadas de Corredores Rodoviários Inteligentes - CRIs capazes de receber e lidar com todas essas novas tecnologias avançadas que têm surgido no transporte.

À vista disso, surgem algumas questões preliminares, tais como: as rodovias brasileiras atuais podem estar suportando ou estão preparadas para lidar com esse novo tipo de fluxo rodoviário de VA? Em que níveis as rodovias poderão atender a esses fluxos? As rodovias apresentam algum nível tecnológico embrionário, intermediário ou avançado para lidar com os VA? Qual será o processo para que as rodovias estejam preparadas, em certo nível de maturidade a fim de atender o fluxo de VA?

Essas questões preliminares permitem formular o problema de pesquisa da seguinte forma: **Quais são os componentes que uma infraestrutura rodoviária deva ter para ser classificada como um corredor rodoviário inteligente e que atenda aos quesitos**

**necessários para a circulação de veículos autônomos de passeio e de carga na realidade brasileira?**

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo geral**

Identificar os componentes para o desenvolvimento e classificação de Corredores Rodoviários Inteligentes– CRI que permitam o fluxo de veículos autônomos de passeio e de carga nas rodovias brasileiras.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- ✓ Identificar os componentes que caracterizam uma rodovia inteligente na realidade brasileira;
- ✓ Classificar os componentes segundo seu grau de importância, na visão dos especialistas para classificação de rodovias ou trechos de rodovias na realidade brasileira.

## **1.5. JUSTIFICATIVA**

Em 2020, o Governo Federal deu um passo à frente buscando melhorar e modernizar as rodovias, mas também adequar a infraestrutura rodoviária para receber os veículos autônomos de passeio e carga de todos os níveis. Assim, do ponto de vista das suas implicações e contribuições práticas esta pesquisa dará subsídio tanto as políticas públicas do Governo como aos concessionários na implementação da modernização das rodovias.

Do ponto de vista teórico e acadêmico, o desenvolvimento desta dissertação, dá continuidade às pesquisas do Grupo de Pesquisa Comportamento em Transportes e Novas Tecnologias (CTNT): de Santos (2017) sobre implantação de veículos autônomos no contexto brasileiro: avaliação dos fatores que influenciam no interesse de uso com equações estruturais; de Silva (2018) sobre aceitabilidade de uso de veículos autônomos de passeio utilizando Modelo Comportamental adaptado à realidade Brasileira; de Alves (2019) sobre análise de cenários da implantação de veículos autônomos rodoviários de carga no contexto brasileiro; de Arrais *et al.*, (2020) sobre estimativa das emissões de gases de efeito estufa no

campus da Universidade de Brasília em cenários futuros com veículos autônomos; de Diniz (2021) sobre aceitabilidade e intenção de uso de veículos autônomos rodoviários de carga no contexto brasileiro e de Romano (2021) sobre o impacto da integração de veículo compartilhado autônomo no sistema de transporte público por metrô em Brasília.

O trabalho faz parte do Projeto CRI proposto na ocasião do processo de seleção para mestrado do Programa de Pós-Graduação em Transporte – PPGT da Universidade de Brasília e da agenda de pesquisa do Grupo de Pesquisa Comportamento em Transportes e Novas Tecnologias do Programa de Pós-Graduação em Transporte da Universidade de Brasília – PPGT onde existe uma linha de estudo sobre novas tecnologias em transporte onde já foram desenvolvidos trabalhos de dissertação e artigos científicos publicados em eventos e congressos.

O produto da dissertação subsidiaria as políticas públicas de telecomunicação do Ministério de Telecomunicação na ótica da infraestrutura em levar a conectividade às rodovias federais e determinar qual faixa de frequência ideal para as rodovias federais para a comunicação veículos com qualquer coisa (C-V2X).

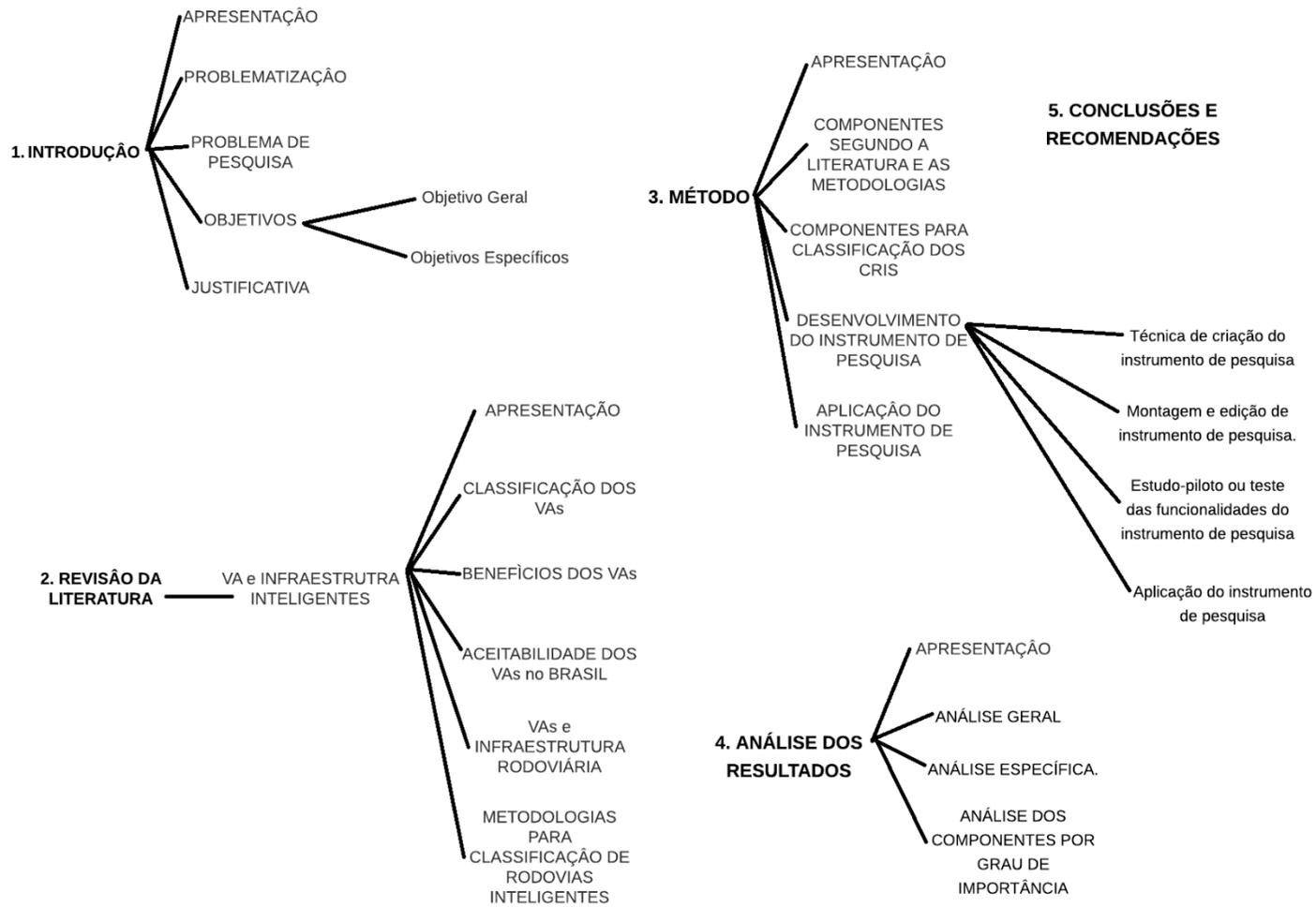
Também, essa dissertação está em conformidade com os objetivos de Desenvolvidos Sustentáveis – ODS em inglês, *Sustainable Development Goals* da agenda 2030 da resolução 70/1 da assembleia geral da Organização das Nações Unidas – ONU em planejar e desenvolver infraestrutura sólida (isto é, transporte, conectividade à internet e serviço público) construindo cidades e comunidades sustentáveis trazendo inovação com compromisso ao meio ambiente.

Esta pesquisa será fundamental para que os princípios e objetivos da Visão Zero e de um sistema de mobilidade segura sejam alcançados, no sentido de trazer inovações e mais segurança às rodovias brasileira através de uma inter-relação e comunicação entre a infraestrutura e o veículo, centro de controle de trânsito, pedestre, usuários das vias e outros componentes que formam todo o sistema de transporte.

## **1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta dissertação, além de conter os elementos pré-textuais e pós-textuais, contém: i) introdução; ii) veículo autônomo e infraestrutura inteligente, iii) método para classificar os

componentes para classificação dos corredores rodoviários inteligentes - CRIs; iv) análises dos resultados e; conclusões e recomendações finais como apresentada na Figura 1.1



**Figura 1.1** Estrutura da dissertação

## 2. VEÍCULOS AUTÔNOMOS E INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA INTELIGENTE

### 2.1. APRESENTAÇÃO

As tecnologias presentes e os sensores embutidos nos veículos para condução automatizada podem ser associados em várias áreas e sob diferentes perspectivas. Esta seção visa apresentar os efeitos da condução automatizada na sociedade em geral principalmente na infraestrutura rodoviária envolvendo os seguintes aspectos: i) classificação dos veículos autônomos; ii) benefícios dos VAs; iii) aceitabilidade dos VAs na realidade brasileira; iv) relação entre veículo autônomo e infraestrutura rodoviária; e, v) são apresentadas as diferentes metodologias para identificação e classificação das rodovias inteligentes.

### 2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Dois sistemas foram criados para classificar e categorizar a tecnologia dos veículos autônomos: a classificação da *Society of automotive Engineers – SAE* e a *National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA*. A classificação da SAE possui seis níveis (começando do nível zero ao nível cinco) enquanto a classificação da NHTSA possui quatro, sendo que o nível mais alto, o quarto nível engloba os dois últimos níveis da classificação da SAE, considerando o veículo totalmente autônomo (SAE, 2020). Os seis níveis da classificação da SAE são:

**Nível 0:** O processo de condução é controlado pelo condutor humano. Nenhuma intervenção de automação;

**Nível 1:** Embora o carro esteja com algumas funções já automatizadas tal como a capacidade do carro acelerar e de controlar a velocidade de forma automática, a condução ainda precisa da ação humana;

**Nível 2:** Os sistemas do veículo conseguem funcionar de forma independente possibilitando a total automatização em algumas circunstâncias através do *cruise control* e

*lane-centering*, que mantém o veículo na faixa de rodagem. Mesmo assim, é indispensável a atenção do condutor para a tomada da condução em qualquer circunstância;

**Nível 3:** O veículo é capaz de assumir o controle em grande parte das situações, embora seja necessária a supervisão do condutor. A maior dificuldade do desenvolvimento da tecnologia passa pela monitorização do ambiente em redor e tomadas de decisões, sendo o elemento-chave para a evolução da tecnologia do nível 2 para o 3;

**Nível 4:** O veículo é capaz de responder a quase todo tipo de circunstância e cenários de condução de forma independente sem a necessidade de intervenção do condutor humano, o sistema consegue tomar o controle. Porém o veículo pode não responder de forma mais eficiente em situações muito delicadas;

**Nível 5:** O veículo consegue operar em quaisquer condições, mesmo em ambientes extremos e face a obstruções na rodovia, da mesma forma ou melhor que um condutor humano.

Os veículos autônomos ainda se distinguem em duas categorias, denominadas de “parcialmente autônomos” e “totalmente autônomos”. A primeira descreve veículos com a capacidade de efetuar determinadas manobras (*cruise control* ou estacionamento automático), sempre com supervisão humana (o condutor), sendo eles os veículos de nível 1 a 3. A segunda categoriza os veículos com capacidade de se auto conduzir sem necessidade de intervenção humana, representando veículos de nível 4 ou 5 (COSTA, 2019).

Conforme relatam Romano e Taco (2021), embora as pesquisas estejam adiantadas e os avanços tecnológicos ultrapassem as expectativas até o presente momento, a introdução de 100% dos veículos autônomos nos espaços de circulação ainda pode ser uma realidade um pouco distante. Muitos mecanismos tecnológicos como freios ABS, comunicação inter-veicular por exemplo, já contribuem no processo de direção automatizada, porém, a decisão final de navegação ainda é do condutor humano (PISSARDINI, 2013).

### **2.3. BENEFÍCIOS DO VEÍCULO AUTÔNOMO**

O Departamento de Transporte dos Estados Unidos – USDOT lista vários benefícios que um VA pode oferecer para a sociedade em geral. São eles: prevenção de colisões,

redução do consumo de energia e das emissões de gás de efeito estufa advindo dos veículos, redução de tempo de viagem, melhoria da eficiência do sistema de transporte, melhoria da acessibilidade, particularmente para pessoas com deficiência e para a população de maior idade (USDOT, 2021).

Na prevenção da vida e redução de acidentes no trânsito, que é um dos problemas que a área de transporte vem enfrentando ao longo dos anos. Bhat *et al.*, (2018) apresentaram um protocolo cooperativo de segurança de VAs em situação de cruzamento ou interseção dinâmica na rodovia usando a percepção de sensores espalhados na via trocando informações a partir da comunicação – V2X, possibilitando a navegação segura entre veículos.

No que diz respeito ao problema de congestionamento, para solucionar o problema, Brennand *et al.*, (2016) criaram um sistema de controle de congestionamento de trânsito capaz de reduzir o tempo médio de viagem em 32%, o consumo de combustível em 14% e o tempo de parada em aproximadamente 60%, baseando-se na metodologia FOX - *Fast Offset Xpath Service* usando o paradigma *FOG computing*. No meio ambiente, a partir de simulação no software SUMO, Arrais *et al.*, (2020), estimaram as emissões de gás de efeito estufa no campus da Universidade de Brasília em um cenário futurista com a introdução de VA e determinou-se que, a inserção de VA tem capacidade de reduzir as emissões de gás de efeito estufa em aproximadamente 78%.

Neste sentido, os benefícios advindos dos veículos autônomos segundo Montgomery (2018) podem ser classificados em duas grandes categorias: os benefícios privados e os benefícios públicos. O primeiro refere-se ao benefício obtido diretamente a partir da posse de um único veículo autônomo independentemente da penetração de VA ou número de VA que estão na rodovia (por exemplo, valor gasto com manutenção e impostos em relação ao veículo convencional), enquanto o segundo diz respeito aos benefícios derivados do conjunto e da quantidade de VA na rodovia. Por exemplo, redução de congestionamento, melhoria de fluxo de tráfego e aumento de velocidade para todos os viajantes.

#### **2.4. ACEITABILIDADE DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO BRASIL**

Nesse sentido, Santos (2017) analisou os fatores que influenciam na aceitabilidade de uso de VA particular e não coletivo na realidade brasileira baseando-se nos aspectos

relacionados à segurança, custos e gastos com veículos, conforto, fluxo de trânsito, tempo de viagem, conectividade, informações e legislação. Os resultados mostraram que 76% da população brasileira estão dispostas em fazer uso de VA particular e não coletivo. Já analisando a aceitabilidade de uso de veículo de passeio realizado por Silva (2018) utilizando o modelo comportamental desenvolvido por Bay (2016) adaptada na realidade brasileira, determinou-se que o consumidor enxerga o veículo autônomo como um produto adequado e compatível ao seu modo de vida e suas necessidades, atribuindo uma forte utilidade ao produto segundo suas percepções. No entanto, numa análise de cenários da implantação de veículos autônomos rodoviários de carga no contexto brasileiro usando o método desenvolvido por Simpson *et al.*, (2019) foi percebido que a sua aceitabilidade enfrenta resistências, porém a pesquisa aponta que essa realidade pode mudar em um horizonte de tempo entre 25 e 40 anos (ALVES, 2019).

Em relação as tecnologias de comunicação e informação que está sendo utilizada na área de transporte, trazendo avanços e benefícios, e que acompanham os VA, Diniz (2021) estudou as intenções dos usuários em usar o sistema de informação e telecomunicação e o seu comportamento ao utilizar os serviços proveniente dos VAs rodoviários de carga. Os resultados do estudo mostraram uma divergência de opinião entre os participantes em saber se as tarefas realizadas pelos transportadores teriam maior velocidade de realização com a utilização desse tipo de veículo. No entanto, todos os participantes concordaram que haverá aumento de produtividade e qualidade de serviço, mesmo que os transportadores não teriam tanta facilidade no aprendizado das operações de um sistema veicular autônomo e dependendo fortemente das condições da rodovia e das tecnologias presentes.

## **2.5. VEÍCULO AUTÔNOMO E INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Não há dúvida sobre os potenciais ganhos que os VA podem trazer à sociedade em termo da redução das emissões de gás a efeito estufa, redução de acidentes, conforto, ganhos logísticos, entre outros. Embora as pesquisas estejam avançadas sobre os elementos que compõem o carro e as tecnologias nelas contidas, ainda há uma forte lacuna no que diz respeito ao que o VA precisa resolver em relação não somente com os aspectos regulatórios, mas principalmente com a qualidade da infraestrutura. Portanto, o foco das pesquisas e das

novas tecnologias não deve ser somente centrado nos veículos, mas também no ambiente onde esses veículos circulam e operam. De fato, as pesquisas demonstram que o funcionamento correto e seguro dos veículos autônomos é alcançado quando esses veículos operam em um ambiente equipado com sistemas inteligentes (WIEGAND, 2019; MASINDA & TACO, 2021; BHAT *et al.*, 2018; POMPIGNA *et al.*, 2021; HAMID *et al.*, 2019; CHEN *et al.*, 2019; TRUBIA *et al.*, 2020).

Esse bom funcionamento é apoiado por uma série de sistemas inteligentes, estabelecendo a comunicação veículo com veículo - V2V, veículo com infraestrutura - V2I e veículo com qualquer coisa - V2X (VEGNI & LITTLE, 2011). Embora o primeiro tipo de comunicação seja realizado somente entre veículo como apresentado por Arena e Pau (2019), Trubia *et al.*, (2020) demonstram que os dois últimos dependem de uma série de tecnologias embutidas nos dispositivos presentes à beira da rodovia. Por exemplo os dispositivos *Road Side Units* – RSU por meio da comunicação V2I ou IV2 que funciona com um sistema de frequência *Dedicated Short Range Communication* – DSRC. O sistema é capaz de trocar informações relacionadas a condição da rodovia em tempo real com o veículo, por exemplo, informações sobre via congestionada ou manutenção na rodovia constituindo assim um sistema de veículos apelidado por Ontario (2019) de conectado e compartilhado.

Considerando que os dados gerados pelas mensagens de fase e temporização do sinal, em sigla inglesa – *SpaT* são bem tratados pelos operadores rodoviários para gerenciar o fluxo de tráfego (USDOT, 2020), a maneira como a comunicação V2I acontece em um segmento rodoviário que pode ser dividido em três tipos de comunicação: a comunicação veículo com instalação rodoviária – V2RF, comunicação veículo com estação de base – V2BS e comunicação veículo com dispositivo de *Road Side Units* – V2R.

O primeiro tipo de Comunicação concerne as mensagens ou notificações pertencentes as instalações rodoviárias, tais como semáforo, limite de velocidade, faixa de pedestre etc. (ZHENG *et al.*, 2015). A segunda comunicação refere-se à comunicação entre veículo e estação de base e serve como um método auxiliar para o terceiro tipo de comunicação que é principalmente suportada por redes celulares, o V2R. A comunicação veículo com RSU é a comunicação gerada pela grande quantidade de dados provenientes de dispositivos RSU referente à informação de tráfego local e info-entretenimento para o veículo (LI *et al.*, 2019).

Esse tipo de sistema pode trazer benefícios aos usuários vulneráveis da rodovia, os pedestres e ciclistas com a adoção da rede da quinta geração 5G (KHAN *et al.*, 2018).

A grande quantidade de dados gerada pelos dispositivos RSU e equipamentos do veículo como, por exemplo, *lidar*, sensores e radares para transmitir informações em tempo real precisam ser corretamente gerenciadas para garantir o bom fornecimento dessas informações. Esse gerenciamento pode ser realizado a partir de dois sistemas, o sistema de estação de base móvel veicular, em sigla inglesa – VMBS proposto por Li *et al.*, (2019) e a plataforma Equinox proposta por Liu *et al.*, (2020).

A VMBS graças aos seus sensores instalados nos veículos, permite a comunicação veículo com veículo - V2V além de melhorar a detecção de ambiente externo do veículo ao seu redor. Também garante por meio dos seus sensores baseados em sistemas de distância visual, o processamento de dados com uma velocidade computacional devido ao sistema todo funcionar como um dispositivo computacional de bordo (LI *et al.*, 2019). Portanto o Equinox é uma plataforma computacional de beira de rodovia composto por três camadas funcionais: à comunicação, os dados e o processo computacional. A comunicação é feita a partir da tecnologia de curto alcance, *Dedicated Short-Range Communication – DSRC*, do Wi-fi, e da tecnologia de comunicação de longo alcance, *Long-Term Evolution – LTE*. A segunda camada de dados, armazena os dados gerados pela comunicação do veículo com os dispositivos RSU e a camada do processo computacional está equipado por processadores, *Tensor Process Unit – TPU* e um acelerador *Field Programmable Gate Array – FGPA* com finalidade de facilitar a operação de VA na rodovia (LIU *et al.*, 2020). Importante salientar que, a integração entre veículo e infraestrutura não é limitada somente na área de transporte, envolve muito outras áreas de conhecimento.

Além das vantagens da integração V2I que pode ser possibilitada pelo trabalho em conjunto considerando a junção dos aspectos da comunicação com os outros aspectos em diferentes áreas de conhecimento, essa integração pode apresentar algumas limitações para a sua realização. Algumas dessas limitações podem ser relacionadas à topologia da via (FRIEDRICH, 2016; RAD *et al.*, 2020; GAVANAS, 2020; NELSON, 1989), ao design geométrico da via (GARCÍA *et al.*, 2020; YANG; YUE; MA, 2019), à marcação da via (DAVIES, 2017; MARR *et al.*, 2020; PIKE *et al.*, 2018), a utilização de Big Data (LI *et al.*, 2019; LIU *et al.*, 2020), aos pontos de interseção na via (POSSATTI *et al.*, 2019); a condição

da pavimentação (CHEN *et al.*, 2019), a condição do meio ambiente (WALLASCHEK *et al.*, 2012), a presença de usuários vulneráveis na via (COMBS *et al.*, 2019; AMBAK *et al.*, 2009), a velocidade da via (KIELA *et al.*, 2020).

## **2.6. METODOLOGIAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE RODOVIAS INTELIGENTES**

Os sistemas de classificações das rodovias ao longo dos anos focaram principalmente nos veículos convencionais para condução humana. Somente alguns anos atrás, começaram a surgir alguns sistemas de classificações que integraram os avanços tecnológicos dos veículos autônomos e consideraram todos os níveis da classificação SAE de veículos para a sua operacionalidade nas rodovias. Nesta subseção, são apresentadas as cinco principais metodologias de classificação de rodovias inteligentes presentes na literatura.

### **2.6.1. Nível de apoio da infraestrutura rodoviária à condução automatizada** *(Road Infrastructure Support Levels for Automated Driving – ISAD)*

É um projeto focado em aspetos técnicos da infraestrutura de forma a estruturar vários meios de apoio que a infraestrutura pode oferecer à condução autónoma dos veículos baseando-se na ideia da classificação de nível SAE do ponto de vista do operador rodoviário. Foi desenvolvido em parceria pela *Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft - ASFINAG e ABERTIS AUTOPISTA*, duas grandes operadoras rodoviárias europeias.

Os níveis de suporte propostos pelas duas operadoras são independentes e não vinculados aos níveis SAE dos veículos autônomos. Por exemplo, um veículo autônomo de classificação SAE de nível 2 não precisa do suporte da infraestrutura para direção autônoma do nível 2 também para operar. Os níveis ISAD são estruturadas em 5 níveis, do nível E (infraestrutura sem nenhum suporte à automação) ao nível A (condução cooperativa). No entanto, esses níveis não são estáticos, porém dinâmicos, pois podem ser atualizados dependendo das circunstâncias nas vias ou da via. Um mesmo trecho de rodovia por exemplo, pode mudar de nível C para nível D ou vice-versa (INFRAMIX, 2020). Os cinco níveis ISAD são descritos a seguir e suas características apresentada no Quadro 2.1.

**Nível ISAD E:** Infraestrutura “convencional” atual, não há nenhum dado de informação digital disponível, e conseqüentemente, não tem nenhum suporte para veículo autônomo. O veículo depende exclusivamente dos seus sensores a bordo e do sistema de condução autônomo – ADS para reconhecer a geometria da via e os sinais de trânsito por conta própria. Não há disponibilidade de uma segunda fonte de informações do ambiente.

**Nível ISAD D:** Disponibilidade de mapa digital estático do trecho da rodovia. Isto quer dizer que os mapas precisam ser solicitados com antecedência aos respectivos provedores de serviços de mapas. Os operadores rodoviários, as autoridades rodoviárias e outros órgãos habilitados fornecem as informações estáticas do mapa digital (incluindo sinais de trânsito). Porém o veículo autônomo por conta própria deverá reconhecer obras nas rodovias, sinais de mensagem variável – VMS e semáforos. Embora o carro esteja com algumas funções já automatizadas tal como a capacidade do carro acelerar e de controlar a velocidade de forma automática, a condução ainda precisa da ação humana.

**Nível ISAD C:** Todas as informações dos dados estáticos e dinâmicos da infraestrutura e do trânsito estão disponíveis em toda a rede do trecho da rodovia. Isto é, são presentes, por exemplo, informações dinâmicas de limite de velocidade variável, informações sobre aviso de acidentes, aviso meteorológico ou obras repentinas ao longo da rodovia. Aqui existe já um padrão de troca de informações.

**Nível ISAD B:** A infraestrutura é capaz de identificar situações microscópicas da rodovia e estabelecer uma comunicação com o veículo. Os dados microscópicos da rodovia podem ser captados por vários sensores dos veículos ao longo do trecho da rodovia e serem compartilhados com a infraestrutura. Em palavras mais simples, a infraestrutura deve possuir a capacidade da “percepção cooperativa”.

**Nível ISAD A:** A infraestrutura tem plena capacidade de gerenciar uma condição cooperativa. Em outras palavras, a infraestrutura deve ser capaz de orientar, guiar e orquestrar um veículo autônomo ou um grupo de veículos autônomos para otimizar o fluxo de tráfego. As mensagens enviadas pela infraestrutura incluem por exemplo, trocas de faixa para controlar o fluxo automatizado.

**Quadro 2.1** Classificação ISAD

Nível e nome		Mapas digitais com sinais de trânsito estático	VMS, aviso, acidentes e meteorologia	Situação de tráfego microscópicos	Orientações, lacunas, velocidade e aviso de faixa
A	Condução cooperativa	✓	✓	✓	✓
B	Percepção de cooperação	✓	✓	✓	
C	Informação Digital Dinâmica	✓	✓		
D	Informação Digital Estática	✓			
E	Infraestrutura Convencional.				

Fonte: INFRAMIX (2020).

**2.6.2. Classificação rodoviária inteligente (*Smart Road Classification – SRC: International Cooperation for Road and Road Transformation – PIARC*)**

A *International Cooperation for Road and Road Transformation* em sigla PIARC é o novo nome dado à antiga *World Road Association* fundada em 1909 e que é composto atualmente por 125 membros governamentais em todo o mundo (PIARC, 2021).

Em 2021, de forma quase que simultânea ao projeto de dissertação, a PIAR lançou uma pesquisa internacional via internet, com o projeto especial de Classificação de Rodovias Inteligentes (*Smart Road Classification, SRC*) com o apoio da *Universitat Politècnica de València* (Espanha). O projeto explorou a viabilidade de um novo quadro de classificação de infraestruturas rodoviárias com base em ambas as suas características físicas bem como em sua capacidade de hospedar Veículos Autônomos, Conectados e Compartilhados – VACC.

A *Smart Road Classification – SRC* apresenta dois sistemas de classificações, o sistema de classificação principal e o detalhado. A SRC classifica as rodovias baseando-se na ideia de que o sistema de classificação de rodovia inteligente chamada de SRC-Principal deve ser universal, ou seja, aplicável a todas as rodovias do mundo e ajustada para ser uma

ferramenta simples de usar e rápida a ser instalada, sem muita responsabilidade para administrações rodoviárias ou operadores rodoviários. Esses últimos, podem usufruir dessa classificação para conceber novas ações, comparar regiões e classificar suas redes rodoviárias. No entanto, para fins da gestão, a SRC-Detalhada é baseada a partir de uma série de fatores subjacentes advindos das características da infraestrutura física e infraestrutura digital, das condições e disponibilidade de conectividade e dos usuários para determinar a classificação.

Vale ressaltar que, para classificar as rodovias, a SRC define um segmento rodoviário como uma porção de rodovia delimitada por grandes interseções ou ambiente urbano e uma seção rodoviária como uma porção mínima de rodovia que apresenta os mesmos fatores, envolvendo geometria, seção transversal e ambiente similares (PIARC, 2021). Um cruzamento menor por exemplo, pode ou não delimitar um segmento rodoviário assim como qualquer curva horizontal e tangente curta não deve ser dividida em seções rodoviárias diferentes. No entanto, uma longa tangente pode ser dividida em diferentes seções rodoviárias se existem propriedades importantes divergentes ao longo da tangente.

Assim, a classificação da SRC refere-se a uma ferramenta estruturada em 5 níveis de inteligência, ou seja, da estrutura de suporte de automação de baixo nível para veículos autônomos, conectados e compartilhados – VACCs a uma estrutura de suporte da automação total dos VACCs de um segmento rodoviário com base nos indicadores de nível de serviço para condução automatizada – LOSAD e nível de suporte de infraestrutura para condução automatizado – ISAD.

O Nível de Serviço para Condução Automatizada – LOSAD (**Quadro 2.2**) é um conceito proposto por Garcia *et al.*, (2020) para designar o quanto um trecho de rodovia está pronto para receber uma condução automatizada. Como qualquer nível de serviço, o LOSAD classifica o segmento rodoviário também em 5 níveis, de nível A (suporte de automação total) ao nível E (suporte de automação mínima). O LOSAD é baseado na Seção Rodoviária Operacional – ORS que pode ser compreendido como uma parte da rodovia que suporta a condução automatizada para qualquer tipo de automação de direção com Domínio de Design Operacional – ODD. Segundo García *et al.*, (2020), o ODD descreve as “condições operacionais sob as quais um determinado sistema de automação de direção ou recurso do

mesmo é projetado especificamente para funcionar, incluindo, mas não limitado ao ambiente, geografia e tempo de operação”.

**Quadro 2.2** Níveis de classificação LOSAD

Níveis	Descrição
<b>A</b>	O segmento rodoviário é compatível com a maioria dos ODDs dos veículos. Os veículos de classificação SAE de nível 4 funcionarão sem muitos problemas. Os veículos SAE de nível 3 podem sofrer desengajamentos ao circular no trecho da via.
<b>B</b>	O segmento rodoviário apresenta características físicas semelhantes ao LOSAD A. Aspectos dinâmicos como o clima podem limitar alguns veículos, exigindo a intervenção da condução humana.
<b>C</b>	O segmento rodoviário não é totalmente compatível com a maioria dos ODDs dos veículos. A condução automatizada é incentivada, porém o condutor humano deve estar atento a qualquer solicitação de aquisição do controle de condução ou desativação do sistema de condução automatizada.
<b>D</b>	O segmento rodoviário apresenta razoavelmente compatibilidade com alguns ODDs. O condutor humano de veículos SAE de nível 4 e nível 3 podem ativar seus sistemas de condução automatizada, estando cientes das condições da rodovia e do tráfego. Os condutores humanos de veículos de nível 2 não são aconselhados a fazer o mesmo.
<b>E</b>	O segmento rodoviário não apresenta nenhuma compatibilidade com quase todos os sistemas de automação. Os condutores humanos devem executar no modo manual.

Fonte: GARCÍA *et al.*, (2020).

Como cada modelo de veículo pode ter recursos para sistemas de automação veicular diferentes, isto é, cada veículo ou modelo de veículo também pode ter seu próprio ODD, é necessário facilitar a utilização e o gerenciamento de ODDs do lado da infraestrutura, assim a RSC generalizou o fluxo de veículos com diferentes capacidades de automação para classificar as rodovias. Vale evidenciar que, em um mesmo segmento rodoviário, cada modelo de veículo apresentará trechos diferentes compatíveis com seu ODD devido a diferentes fatores. No entanto, esses trechos comuns compatíveis a todos os ODDs, que são as zonas que podem receber qualquer modelo de veículo autônomo ou qualquer nível de automação veicular, são chamadas de Seções Rodoviárias Operacionais – ORS. Tanto as ORS quanto os ODD são variáveis, eles evoluem ou se modificam à medida que a tecnologia evolui ou pode terminar em algum ponto, seja de maneira planejada (modelo de veículo atinge seu ODD) ou de forma inesperada (algum fator externo afetou a segurança e o ODD foi encerrado). Em ambos os casos, o veículo deve ser capaz de contornar a situação executando a Tarefa de Condução Dinâmica – DDT, porém uma DDT de emergência deve ser capaz de levar o veículo até um lugar seguro de parada. Essa situação é chamada de Domínio Operacional Restrito – ROD (PIARC, 2021).

A Tarefa de Condução Dinâmica - DDT deve liberar a condução humana idealmente em uma situação de encerramento planejado da ODD, ou seja, na situação em que um ODD se aproxima ao seu fim para o nível SAE 3 e 4 enquanto o veículo estiver se preparando para executar o DDT. Esse tipo de situação já é conhecido pelo Sistema de Direção Automatizada – ADS. No entanto, sabe-se que todo ou qualquer sistema pode apresentar falhas.

Em caso de interrupção indesejada de ODD causada por alguma falha que suspende bruscamente a automação ou o ADS falhar completamente, para o veículo SAE de nível 4 e 5, se o motorista não puder assumir o controle e/ou o sistema de condução dinâmica também não responder, o sistema de direção automatizado – ADS deve ser capaz de levar o veículo a uma Circunstância de Mínimo Risco – MRC. A Piarc (2020) define a MRC como uma condição em que a viagem não pode ser continuada ou não deve ser finalizada causada pelo não funcionamento de DDT e o ADS pode trazer o veículo até uma zona de parada segura para evitar o risco de acidente. A manobra executada para estacionar (parar) de forma segura o veículo para se librar do acidente é chamada de Manobra de Risco Mínimo – MRM. Assim, a classificação SRC destaca 5 tipos de classificações diferentes com características específicas relacionadas aos veículos autônomos, conectados e compartilhados (VACCs):

**Rodovia Humana - RH:** A rodovia ainda não está pronta para receber VACCs, em outras palavras, segundo a classificação SAE, os veículos de nível 2 e 3, apresentarão desengate (ruptura), obrigando o motorista a desligar manualmente o sistema de condução autônoma; os segmentos rodoviários não teriam ORS e, os veículos SAE de nível 4 dependendo da tecnologia do sistema de direção autônoma – ADS, não podem identificar de forma clara seu ODD e conseqüentemente a condução de veículo será executada de forma manual. Já um veículo SAE de nível 5 só pode circular nesse segmento de rodovia se estivesse livre de ODD, porém, a conectividade também com a infraestrutura não é garantida. Se o veículo de nível 5 não operar em uma velocidade razoável, o seu desempenho, a segurança e a sua operação poderiam ser comprometidos.

**Rodovia Assistida – RAss:** A rodovia está adaptada para receber o veículo SAE de nível 2 para cima. Isto é, não haverá muito desengate para veículos SAE de nível 2 e 3 permitindo ao motorista de ligar o ADS. Os administradores da rodovia devem estar atentos à descontinuidade de ORS e a qualquer outro local propenso a isso especialmente para o veículo SAE de nível 3 e assim alertar ao motorista. Embora possa haver ODDs extensos em

comparação ao nível anterior (RH), o segmento rodoviário pode ser dividido em vários ORSs, o que pode não possibilitar uma boa experiência de condução confortável e automatizada para veículo SAE de nível 4, limitada pela infraestrutura física ou pelos recursos de conectividades. Isto é, a rodovia não consegue fornecer informações detalhadas sobre os parâmetros dinâmicos que devem ser comparados aos ODDs.

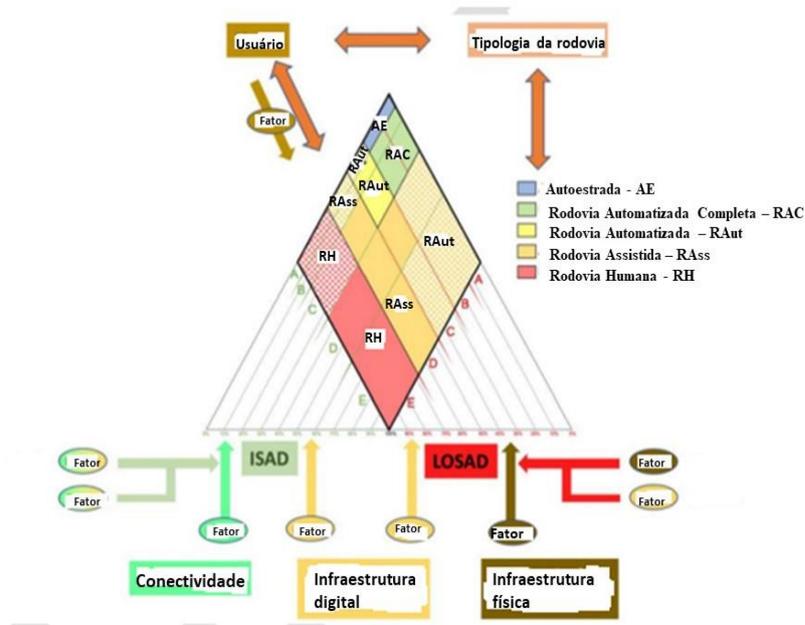
**Rodovia Automatizada – RAut:** O segmento rodoviário com mapas digitais e conectividade melhorada do que no nível RAss tem capacidade de transmitir informações digitais para os CAVs a fim de reconhecer melhor os fatores relacionados aos ODDs. Os veículos SAE de nível 2 apresentariam menos desengates em comparação ao nível RAss e os veículos SAE de nível 3 com as informações digitais recebidas, serão capazes de prever zonas de desengate. A rodovia apresenta vários ORS contínuos e mais longos, o que permite um bom desempenho automatizado dos veículos SAE de nível 4.

**Rodovia Automatizada Completa – RAC:** Rodovia com ORS contínuo permite a operação automatizada de veículo SAE de nível 4 ao longo de todo o segmento. Além disso, o segmento apresenta zonas seguras (portos seguros) inclusive em zona de cruzamento com outros segmentos. É esperado uma redução de desengates e uma conexão melhorada em relação ao nível RAut facilitando assim uma percepção cooperativa de todos os usuários da rodovia e incluindo todas as zonas seguras (portos seguros) no mapa digital.

**Autoestrada - AE:** O segmento rodoviário apresenta condições física semelhantes ao segmento de nível RAC e integra recursos de conectividade excepcionais que permitem a condução cooperativa. Neste segmento, apenas veículos SAE de nível 4 ou posterior podem operar. Os mapas digitais terão não somente as informações de todas as zonas seguras (porto seguro), mas também terão informações detalhadas sobre suas capacidades e disponibilidade de espaços livres.

Na Figura 2.1 Estrutura SRC (PIARC, 2021) proposta e que ilustra as possíveis combinações da classificação de rodovia inteligente principal em função de LOSAD e ISAD. Nem todas as 25 combinações entre LOSAD e ISAD foram consideradas isto porque, por exemplo, uma rodovia que não está pronta para receber um VACC (LOSAD nível E), a sua combinação com rodovia de apoio a condução cooperativa (ISAD nível A e B) não faz sentido. Esses tipos de situações (ou combinações) foram apagadas (representada em cor

branca) e assinalado por um asterisco. No entanto, para a classificação de rodovia inteligente detalhada, além das combinações LOSAD-ISAD que resultaram na classificação de rodovia inteligente principal, foram considerados também outros fatores subjacentes adicionais que estão agrupados em quatro variáveis: infraestrutura física, infraestrutura digital, conectividade e usuário.



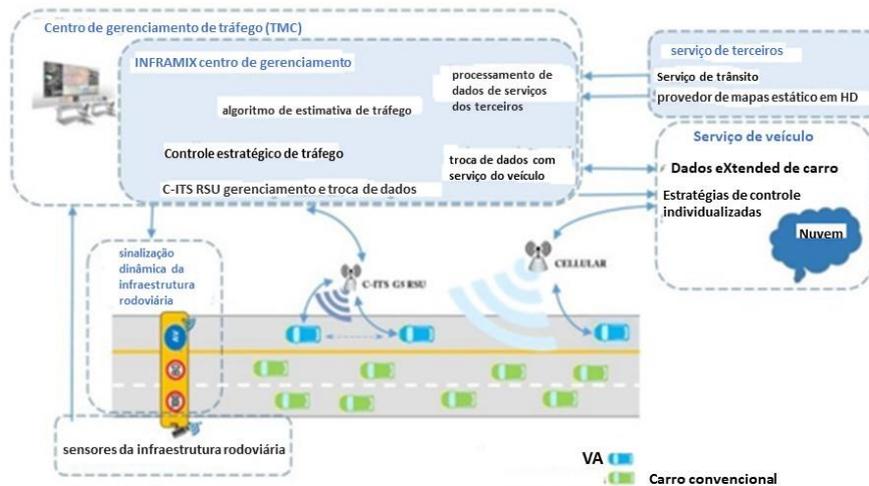
**Figura 2.1** Estrutura SRC (PIARC, 2021)

### 2.6.3. Infraestrutura rodoviária preparada para fluxos de tráfego mistos de veículos (*Road Infrastructure ready for mixed vehicles traffic flows – INFRAMIX*)

O INFRAMIX é um entre outros subprogramas alinhados ao programa Horizon 2020 que objetivam preparar a infraestrutura rodoviária europeia no processo de transição entre o convívio dos veículos tradicionais com os veículos autônomos de todos os níveis. O seu objetivo principal é de projetar, atualizar, adaptar e testar elementos físicos e digitais da infraestrutura rodoviária garantindo um tráfego seguro, previsível, eficiente e ininterrupto criando um esquema de classificação de infraestrutura categorizando “diferentes tipos de rodovias de acordo com a sua capacidade de automação e mapear essas categorias para funções automatizadas específicas e detalhadas” (INFRAMIX, 2020).

A classificação proposta pela INFRAMIX serve de suporte de infraestrutura rodoviária híbrida para condução autônoma de veículo, combinando os elementos da infraestrutura física e digital em um sistema de transporte com inserção versátil, acelerada e econômica dos veículos autônomos de todos os níveis. Na classificação os veículos são entendidos por todos os participantes do tráfego, automatizado ou não para um determinado trecho da rodovia (INFRAMIX, 2020).

A infraestrutura híbrida proposto no projeto Horizonte 2020 - H2020 segue um modelo agrupado em camadas físico-digital-operacional onde a linha base da abordagem é primeiro identificar os diferentes tipos de informações que a infraestrutura pode oferecer aos veículos e em seguida definir os diferentes meios de suas comunicações. O modelo híbrido da INFRAMIX é composto por sinalizações de trânsito, sistema de sensores de entrada, antenas e unidade de beira de rodovia para garantir a conectividade com o centro de controle de tráfego e a conexão C-V2X como apresentada na Figura 2.2.



**Figura 2.2** Estrutura híbrida INFRAMIX (INFRAMIX, 2020)

Esse processo deu luz a classificação de rodovia inteligente progressiva, onde cada classe inclui os recursos da classe anterior, além dos seus próprios recursos adicionais, conforme apresentado no Quadro 2.3.

**Quadro 2.3** Níveis de classificações INFRAMIX

Classe / Nome	Infraestrutura física	Infraestrutura digital	Infraestrutura operacional / funcionalidades
Classe E /  Infraestrutura convencional	Os AVs precisam reconhecer os sinais de trânsito; cores, posição.		Informações sobre as características exatas da rodovia poderia evitar o uso indevido de sistema de assistência avançado de condução.
	Sinais com limites de velocidade, curvatura e inclinação da rodovia.		O reconhecimento preciso do limite de velocidade facilita a percepção do domínio operacional do veículo autônomo.
	Marcações de pista em conformidade com os regulamentos e padrões em ambos os lados.		As funcionalidades automatizadas relacionadas à segurança precisam de reconhecimento e condição de pistas adequadas (suportando localização precisa, por exemplo, posicionamento automatizado de pista, mudança automática de pista).
	Largura da pista com base nos padrões.		A mudança na largura da pista pode representar desafios relacionados à segurança, mesmo no tráfego convencional.
	Sinalização da zona de trabalho (obras).		A sinalização da zona de trabalho pode impedir o uso indevido de funções automatizadas no segmento rodoviário específico, e o motorista humano poderia assumir o controle no momento certo.
	Cobertura parcial de <i>CCTV (closed circuit television)</i> para detecção de veículos em tempo real.		A detecção de tráfego por meio de câmeras pode reduzir as preocupações relacionadas à segurança dos fluxos de tráfego misto em breve.
Classe D /  Informação digital estática	Entrada para sinal de mensagem variável.		Tratamento de informações relacionadas a aviso de obras rodoviárias, acidentes e clima.  + Classe E
		Mapas digitais (incluindo a posição precisa dos sinais, atualização dinâmica da topologia da pista).	Processamento de dados automatizados.
		Software avançado do centro de monitoramento de tráfego.	Priorização, <i>upgrade / downgrade</i> de classe apenas para tipos de veículos específicos (de diferentes níveis SAE, tamanhos diferentes etc.)  Identificação de problemas técnicos do veículo e aviso do veículo/motorista, avisos I2V para a existência de condutores agressivos e perigosos, aviso de estacionamento de caminhões I2V, Conformidade com o regulamento de tráfego I2V, Serviço de pedágio pré-pago (opcional), informações sobre a condição da

Classe / Nome	Infraestrutura física	Infraestrutura digital	Infraestrutura operacional / funcionalidades
Classe C /  Informação Digital dinâmica	Localização de pontos de referências.		rodovia (atrito da rodovia, buracos) (nem sempre em tempo real).  (opcional) Interação V2I de voz e tela.  Localização automatizada de veículos.
		Infraestrutura avançada para comunicação C-V2X.  Processamento de dados automático.  Atualização da infraestrutura digital.	Reconhecimento de sinais de trânsito de veículos através de TMC – Serviços de Terceiros.  O fornecimento de informações digitais de vários sensores e/ou fontes requer processamento automático de dados (por exemplo, de sensores no pavimento, câmera para detecção de veículos parados, medição de rampa).  O fornecimento de informações dinâmicas oportunas (por exemplo, avisos de obras rodoviárias, condições meteorológicas, informações de trânsito) requer uma atualização automática dos sinais de trânsito (nem sempre em tempo real).  + Classe D
Classe B /	Elementos para garantir a conectividade contínua, permitindo uma conexão C-V2X ao longo de todo o segmento de rodovia.	Software avançado do centro de monitoramento de tráfego – TMC/iTMC.	Situação microscópica do tráfego.  Reconhecimento dos sinais de trânsito dos veículos através do TMC – Terceiro.  Informações sobre estacionamento de caminhões I2V, condição da rodovia (atrito da rodovia, buracos).  Serviço de pedágio pré-pago.  Orientação sobre as recomendações de rotas de viagem e em alguns casos, velocidade, aviso de lacunas com base no monitoramento do estilo de direção.  Troca de dados com serviços em nuvem.
		Mapas digitais baseados em nuvens incluindo posição precisa de sinais, atualização dinâmica da topologia	Informações sobre as condições meteorológicas relevantes para o estado da rodovia (por exemplo, rodovia escorregadia, vento lateral forte, chuva forte, neve, visibilidade reduzida) podem ajudar

Classe / Nome	Infraestrutura física	Infraestrutura digital	Infraestrutura operacional / funcionalidades
Percepção Cooperativa		da pista, localização de zona de parada emergencial, estação meteorológica de alta precisão em sensor de pavimento para detectar umidade, temperatura e tensão.	o veículo automatizado a perceber seu domínio operacional, evitando assim incidentes de mau uso das funções automatizadas.  Avaliação do estado de reparo da infraestrutura.  + Classe C
Classe A /  Condução Cooperativa	Elementos para garantir a conectividade contínua, permitindo uma conexão C-V2X ao longo de todo o segmento de rodovia.  Sensores para trajetórias dos veículos.	Software avançado de centro de monitoramento de tráfego – TMC/iTMC.	Orientação Dinâmica: velocidade, distância, orientação de pista com base também no monitoramento do estilo de direção (comunicação <i>unicast</i> para veículos individuais).  Conformidade com o regulamento de tráfego I2V.  Avisos I2V para a existência de condutores agressivos e perigosos.  Formações meteorológicas detalhadas.  + Classe B

Fonte: (INFRAMIX, 2020).

#### **2.6.4. Classificação do grau de preparação das autoestradas europeias para adoção de veículos conectados, automatizados e elétricos (*Classification of Readiness of European Highways for Adopting Connected, Automated and Electric Vehicles – EAPA*)**

A Associação Européia de Pavimentos Asfálticos em inglês, *European Asphalt Pavement Association – EAPA* propôs uma classificação de rodovia inteligente. A classificação depende do nível de suporte que as rodovias fornecem aos veículos sob certo nível de automação e eletrificação baseada na combinação dos conceitos do nível de suporte da infraestrutura rodoviária para direção automatizada – ISAD proposta pela Inframix (2020) e do nível de automação dos veículos proposta pela SAE (2020) e ERS (2020).

Esta combinação de abordagens deu lugar a classificação de rodovia estruturada em seis níveis (de A até E) de acordo com o nível de prontidão para adoção de veículos autônomos, conectado e compartilhados (Quadro 2.4) e uma classificação de estrelas (de 0 a 3) que indicam as tecnologias disponíveis para carregar os veículos elétricos, conforme apresentado no Quadro 2.5 (ERS, 2020).

Para classificação da rodovia para adoção dos veículos autônomos, a ERS definiu os parâmetros chaves para cada nível, conforme descrito a seguir:

- **Classe F:** visibilidade óptica não clara em pelo menos 100 m; ineficiência ou inexistência de marcação, sinais e luz na rodovia; estado de pavimentação inadequado.
- **Classe E:** visibilidade óptica clara em 50 m; existência de marcação, sinais e luz de rodovia em boas condições e ótima visibilidade; estado de pavimentação adequado.
- **Classe D:** visibilidade óptica clara em 100 m; existência de marcação, sinais e luz de rodovia em boas condições e ótima visibilidade; informações digitais disponíveis sobre geometria da rodovia e sinais estáticos; estado de pavimentação satisfatório.
- **Classe C:** todas as informações estáticas e digitais da infraestrutura disponíveis em forma digital; sistema de assistência de visibilidade; estado de pavimentação ótima; sistema de comunicação V2I; faixa de estacionamento de emergência; trabalhos de construção ou manutenção na rodovia atualizados no sistema de avaliação das propriedades de subsolo de uma região; sistema de detecção de dados em tempo real.

- **Classe B:** todos os parâmetros da classe B + sistema de detecção de tráfego microscópico em tempo real.
- **Classe A:** todos os parâmetros da classe B + sistema de gerenciamento integral dos veículos.

**Quadro 2.4** Classificação EAPA de acordo com o nível de prontidão para adoção de veículos autônomos, conectados e compartilhados

ISAD	Nível de automação SAE					
	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
<b>E</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
<b>D</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>
<b>C</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>
<b>B</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>A</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>

Fonte: ERS (2020).

**Quadro 2.5** Classificação EAPA de acordo às tecnologias disponíveis para carregar o veículo elétrico

Classe	Descrição
<b>0 – Estrela</b>	Nenhum equipamento.
<b>1 – Estrela</b>	Sistema de carregamento disponível somente para alguns tipos de veículos.
<b>2 – Estrelas</b>	Sistema de carregamento estático disponível para quaisquer tipos de veículos parados em uma área específica.
<b>3 – Estrelas</b>	Sistema dinâmico de recarregamento de energia para quaisquer tipos de veículos em circulação ao longo da rodovia.

Fonte: ERS (2020).

### 2.6.5. Sistema de classificação de rodovias conectadas (*Connected Roadway Classification System – CRCS*)

O sistema de classificação de rodovia conectadas em inglês, *Connected Roadway Classification System – CRCS* é um projeto desenvolvido pelo Programa Nacional de Pesquisa Cooperativa em inglês, *National Cooperative Highway Research Program – NCHRP* patrocinado pela *American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO* e pela *Federal Highway Administration – FHWA* do Departamento de Transportes dos Estados Unidos – USDOT (KUCIEMBA, 2019).

A classificação CRCS está baseada em três abordagens: i) “conversar com a rodovia”, aumentando a conectividade nas rodovias para facilitar a conexão entre veículo e infraestrutura; ii) “ver a rodovia”, melhorando os elementos da rodovia tais como, marcação de pavimento e sinalização e a precisão dos sensores embutidos nos veículos autônomos; e, iii) “simplificar a rodovia”, tendo o conhecimento dos designs operacionais dentro dos quais os veículos operarão melhorando a prontidão da infraestrutura rodoviária para operação segura e eficiente dos veículos autônomos de todos os níveis (KUCIEMBA, 2019).

A abordagem “conversar com a rodovia” concentra-se na conectividade entre veículo e infraestrutura e não especifica as tecnologias neles contidas, porém identifica alguns elementos da infraestrutura que ajudarão na comunicação V2I. Já a abordagem “ver a rodovia” foca nos sinais e marcação e “simplificar a rodovia” concentra-se em atender às orientações do projeto geométrico da rodovia. O sistema de classificação de rodovias conectadas, em sigla inglesa – CRCS classifica as rodovias em quatro níveis de capacidades diferentes conforme o Quadro 2.6 e Quadro 2.7 que se aplicam para as três abordagens (conversar, ver e simplificar), descritos a seguir:

- **Precisa de melhoria e manutenção:** projetos geométricos ou funcionalidades de rodovias que não atendem às orientações ou recomendações existentes para acomodar futuras tecnologias.
- **Atende às práticas atuais:** projetos geométricos ou funcionalidades de rodovias que atendem às orientações ou recomendações existentes para acomodar futuras tecnologias.
- **Atende ao mercado emergente (1-5 anos):** projetos geométricos ou funcionalidades de rodovias que suportam a adoção antecipada das tecnologias dos veículos autônomos, conectados e compartilhados ou coloca os elementos da via para interação/comunicação V2X.
- **Atende ao mercado futuro (10 anos):** projetos geométricos ou funcionalidades de rodovias que suportam a operação da maioria das aplicações dos veículos autônomos, conectados e compartilhados ou coloca os elementos da via para interação/comunicação V2X de forma proativa.

**Quadro 2.6** Estado de conhecimento sobre o impacto da infraestrutura nos veículos autônomos, conectados e compartilhados

Infraestrutura (abordagem)	O que significa	Níveis CRCS			
		Precisa de melhoria e manutenção	Atende às práticas atuais	Atende ao mercado emergente (1-5 anos)	Atende ao mercado futuro (10 anos)
Conversando	Comunicação entre dispositivo eletrônico da rodovia e veículo	C1	C2	C3	C4
Vendo	Infraestrutura (por exemplo – sinais e marcações – legíveis pelos sensores do veículo)	V1	V2	V3	V4
Simplificando	Design e operação dos VAs e seus usos	S1	S2	S3	S4

Fonte: KUCIEMBA (2019). **Cor verde:** existe conhecimento e certeza significativo; **Cor laranja:** já há pesquisas suficientes para começar com algumas implantações, mas a incerteza permanece até o mercado amadurecer mais ainda; **Cor vermelha:** existe incerteza significativa.

- **C1 (conversar nível 1) – precisa de melhoria e manutenção:** Nenhum tipo de conexão com ou sem fio na rodovia ou no corredor rodoviário. Os elementos da infraestrutura atendem às funções básicas mesmo assim a tecnologia neles estão desatualizadas ou precisam de manutenção.
- **C2 (conversar nível 2) – atende às práticas atuais:** Os elementos das infraestruturas funcionam com tecnologias atuais e atendem às funções mais avançadas com as melhores práticas no gerenciamento e operação de sistema de transporte e no apoio as operações regionais.
- **C3 (conversar nível 3) – atende ao mercado emergente (1 – 5 anos):** Os elementos da infraestrutura fornecem recursos adicionais para apoio aos serviços de suporte aos VA e VACC tais como a mensagem de fase de sinal e temporização em sigla inglesa, SpaT ou outros tipos de comunicações V2I.
- **C4 (conversar nível 4) – atende ao mercado futuro (10 anos):** Os elementos da infraestrutura incluindo tecnologias futuras fornecem um caminho para migração de futuras aplicações de tecnologias e métodos de comunicação.

- **V1 (vendo nível 1) – precisa de melhoria e manutenção:** Os elementos da infraestrutura tais como sinais e marcação atendem as suas funções básicas, porém podem apresentar baixa visualização ao olho humano e necessitam de manutenção com base na orientação de retro refletividade.
- **V2 (vendo nível 2) – atende às práticas atuais:** Os elementos da infraestrutura fornecem ótimo padrão de visibilidade atuais de retro reflexibilidade e as melhores práticas de visibilidade ao olho humano.
- **V3 (vendo nível 3) – atende ao mercado emergente (1 – 5 anos):** Os elementos da infraestrutura apresentam visibilidade necessária para apoiar as tecnologias emergentes de sensores embutidos nos VA e VACC para visibilidade, leitura e reconhecimento de sinais na rodovia, por exemplo.
- **V4 (vendo nível 4) – atende ao mercado futuro (10 anos):** Os elementos da infraestrutura incluindo tecnologias futuras fornecem um caminho para migração de futuras aplicações de tecnologias e métodos de comunicação.
- **S1 (simplificando nível 1) precisa de melhoria e manutenção:** a geometria da infraestrutura não obedecer às normas de padronização regional ou internacional, norma ISO por exemplo.
- **S2 (simplificando nível 2) – atende às práticas atuais:** a infraestrutura atende as normas e padrões atuais.
- **S3 (simplificando nível 3) – atende ao mercado emergente (1 – 5 anos):** a infraestrutura é projetada para possuir as tecnologias que atendem as necessidades de navegação de VA e VACC.
- **S4 (simplificando nível 4) – atende ao mercado futuro (10 anos):** a infraestrutura é projetada para acomodar especificamente as necessidades de navegação e operação de VA e VACC.

**Quadro 2.7 Connected Roadway Classification System – CRCS**

	Elementos da infraestrutura	Níveis de avaliação CRCS			
		Precisa de melhoria e manutenção	Atende às práticas atuais	atende ao mercado emergente (1 – 5 anos)	atende ao mercado futuro (10 anos)
<b>Abordagem da infraestrutura</b>	Rodovia	Sem capacidade de comunicação com fio ou sem fio.	Fibra ótica ao longo da rodovia com acesso aos pontos e boa cobertura da rede da internet no corredor rodoviário.	DRSC ou C-V2X ligados à estrutura <i>backbones</i> e de fibra ótica.	Pequenas células implantadas ao longo da rodovia com boa cobertura e conexão da rede 5G e da estrutura <i>backbones</i> e de fibra ótica.
<b>Conversando</b>	Sinal de tráfego	Sinal de tráfego atende ao MUTCD, porém tecnologia interna está desatualizada ou não há conexão	Sinal de tráfego atende ao MUTCD e a tecnologia atual; sinal de tráfego faz parte do sistema de conexão	Sinal de tráfego está equipada com a tecnologia V2I atualizada e há conexão.	Sinal de tráfego transmite a mensagem SPaT
Comunicação entre dispositivos eletrônicos da rodovia e veículos	Dispositivo à beira de rodovias (equipamento ITS, DMS, sensores etc.)	Não tem ou somente alguns dispositivos à beira de rodovia com conexão.	Equipamento ITS (DMS, sensores etc.) estão ligados a fibra ótica ou comunicação celular para comunicação TMC	Elementos da infraestrutura equipado com capacidade de se comunicar através DSRC ou C-V2X	elementos (dispositivo) portátil da infraestrutura comunica informação de condição e performance com o processamento da capacidade local.
	Dispositivo de controle de tráfego temporária (cones, barricadas, DMS temporária)	Dispositivos de controle de tráfego são implantados sem capacidade de comunicação	Dispositivos de controle de tráfego implantados com capacidade de comunicação celular	Os elementos portáteis da infraestrutura são equipados com tecnologia capaz de se comunicar entre eles	Os elementos portáteis da infraestrutura comunicam as informações sobre as condições e desempenho da via
Vendo	Rodovia	Os componentes da rodovia não são registrados em formatos digital	Existe um inventário digital dos componentes da rodovia	Principais corredores ou área da rodovia tem mapa digital	Toda a rodovia tem mapa digital
Infraestrutura (por exemplo – sinais e marcações –	Sinalização	Não há sinalizações ou se estiverem presentes, não tem visibilidade desejada ou não responde às orientações de retro reflexibilidade	Há sinalizações visíveis baseado nas orientações de retro reflexibilidade	Sinalização necessária reconhecimento e operação de VA	Sinalização inclui tecnologia que fornece visibilidade e processamento para operação de VA
	Marcação	Não há marcação ou se estiverem presentes, não	Marcações visíveis baseadas nas orientações de retro	Marcação presente e consistente	Marcação inclui tecnologia que fornece visibilidade e processamento para

		Níveis de avaliação CRCS			
legíveis pelos sensores do veículo)		tem visibilidade desejada ou não responde às orientações de retro reflexibilidade	reflexibilidade		operação de VA
	Sinal de tráfego	Sinal de tráfego precisa atualização ou manutenção	O equipamento de sinalização de trânsito cumpre os requisitos do MUTCD	Os principais sinais de trânsito são consistentes na concepção e utilização da tecnologia. Utilização de placa traseira para eliminar o encandeamento. Remoção de toda a obstrução visual	Necessita de pesquisa
Simplificando  Design e operação dos VA e seus usos	Rodovia	Péssima condição de pavimentação e a geometria da infraestrutura não atende às normas e diretrizes nacionais ou internacionais.	Boa condição de pavimentação e a geometria da infraestrutura atende às normas e diretrizes nacionais ou internacionais.	A geometria da infraestrutura é projetada para facilitar a navegação e operação de VA e VACC.	A geometria da infraestrutura é especificamente designada a acomodar a navegação e a operação de VA e VACC.
	Geometria de rodovia temporária (zonas de trabalho, zonas de serviços públicos).	Auxílio mínimo de navegação.	Auxílio de navegação (cones, barricadas etc.) geometria temporária em conformidade com MUTCD.	Auxílio de navegação (cones, barricadas etc.) geometria temporária em conformidade com MUTCD e equipado com tecnologia V2I para a rodovia é projetada para visibilidade de VA e VACC.	Auxílio de navegação (cones, barricadas etc.) geometria temporária troca informações com veículo e a rodovia é projetado para suportar a navegação e operação de VA e VACC.
	Ambiente de baixa velocidade.	Nenhuma designação de zona de trabalho	A geometria da infraestrutura atende às normas	Necessidade de pesquisa	Necessidade de pesquisa
	Instalações especializadas.	Nenhuma designação para instalação de VACC.	Faixas gerenciadas que têm requisito de acesso ao usuário.	Necessidade de pesquisa	Necessidade de pesquisa

O Quadro 2.8 apresenta a sumarização das cinco metodologias apresentadas nesta seção identificando de forma mais clara os diferentes componentes e estruturas de classificações usados por cada uma delas para construção de sistema de classificação dos corredores rodoviário inteligentes – CRIs.

**Quadro 2.8** Sumário das cinco principais classificações de rodovias inteligentes

	<b>Componentes</b>	<b>Missão e Objetivo</b>	<b>Estrutura de classificação</b>
<b>Road Infrastructure Support levels for Automated Driving – ISAD</b>	Aspeto técnico da infraestrutura física rodoviária.	Estruturar meios de apoio da infraestrutura rodoviária para condução autônoma de veículos.	5 níveis de classificações independentes e não vinculados aos níveis SAE dos VAs
	Aspeto técnico da infraestrutura digital rodoviária.	Classificar a rodovia baseado na classificação de nível SAE de VAs de ponto de vista do operador rodoviário	
<b>Smart Road Classification – PIARC</b>	Aspetos física da infraestrutura rodoviária.	Propor um quadro de classificação de infraestruturas rodoviárias com base em ambas as suas características físicas bem como em sua capacidade de hospedar VACC	5 níveis de classificações graduais (da estrutura de suporte de automação de baixa nível para VACC à estrutura de suporte da automação total dos VACCs)
	Aspeto digital da infraestrutura rodoviária.		
	Conectividade.	Classificar a rodovia baseado em segmento rodoviário com base nos indicadores LOSAD e ISAD	
<b>Road Infrastructure Ready for Mixed vehicle Traffic Flow – INFRAMIX</b>	Infraestrutura rodoviária híbrida em camada física.	Projetar, atualizar, adaptar e testar elementos físicos e digitais da infraestrutura rodoviária garantindo um tráfego seguro, previsível, eficiente e ininterrupto para condução autônoma de veículo	5 níveis de classificações graduais (de A até E)
	Infraestrutura rodoviária híbrida em camada digital		
	Infraestrutura rodoviária híbrida em camada operacional	Classificar a rodovias de acordo com a sua capacidade de automação e mapeamento de diferentes funções automatizadas do veículo combinando os elementos da infraestrutura física e digital em um sistema de transporte	

	<b>Componentes</b>	<b>Missão e Objetivo</b>	<b>Estrutura de classificação</b>
<b><i>Classification of Readiness of European Highways for Adopting Connected, Automated and Electric Vehicles – EAPA</i></b>	Infraestrutura rodoviária física	Propor uma classificação que garanta a utilização da pavimentação asfáltica para construção de infraestrutura rodoviária e dependendo do nível de suporte que as rodovias fornecem aos VAs sob certo nível de automação e eletrificação	6 níveis (A - E) de acordo com o nível de prontidão para adoção de VACC + 4 níveis de classificações de estrelas (de 0 a 3) que indicam as tecnologias disponíveis para carregar os veículos elétricos
	Infraestrutura rodoviária digital	Classificar a rodovia baseada na combinação dos conceitos ISAD e ERS	
	Tecnologia de carregamento de veículo elétrico		
<b><i>Connected Roadway Classification System – CRCS</i></b>	Infraestrutura rodoviária física	Projetar um esquema de classificação de rodovia para melhorar a prontidão da infraestrutura rodoviária para operação segura e eficiente de VA a partir de três abordagens (falar, ver e simplificar)	4 níveis de capacidades de rodovia que se aplicam para todas as três abordagens
	Infraestrutura rodoviária digital	Classificar as rodovias baseadas em três abordagens: conectividade para facilitar a conexão V2I (falar com a rodovia); melhora os elementos da rodovia (ver a rodovia) e conhecimento dos designs operacionais dentro dos quais os veículos operarão (simplificar a rodovia).	

Fonte: autor.

### **3. MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DOS CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES**

#### **3.1. APRESENTAÇÃO**

Neste capítulo é apresentado o método utilizado para identificar os componentes para classificação dos corredores rodoviários inteligentes– CRIs no Brasil. A descrição do método foi dividida nos seguintes tópicos: i) componentes segundo a literatura e as metodologias; ii) componentes para classificação dos CRIs; iii) desenvolvimento do instrumento de pesquisa e coleta de dados; e; iv) aplicação de instrumento de pesquisa.

#### **3.2. COMPONENTES SEGUNDO A LITERATURA E AS METODOLOGIAS**

Esta pesquisa além de se basear nas cinco principais metodologias presentes na literatura, apresentadas na seção 2.6, juntando todos os componentes e variáveis presentes em todas elas e em seguida, excluir aqueles que se repetiam, sem considerar os modelos ou arquiteturas de construção dos esquemas de classificação, no entanto, somente sim, aqueles componentes e variáveis que foram utilizados para classificar as rodovias.

Também se apoiou na revisão sistemática da literatura (RSL) para identificar outros estudos sobre Corredores Rodoviários Inteligentes (CRIs) presente na literatura. Para isto, foi utilizado o método PRISMA, análises textuais de metadados e análise bibliométrica. As bases de dados utilizadas foram a *Scopus* e *Web Of Science*. Como resultados foram identificados cinco linhas de pesquisas relacionadas com os CRIs considerando cada base de forma independente e ao se analisar as bases em conjunto foram identificadas três linhas de pesquisas. Constatou-se que os temas relatam os CRIs nos sistemas de transporte inteligente cooperativo; sua operabilidade, e a necessidade de ter sistemas conectados com todos os dispositivos da rodovia. O estudo completo apresentado e publicado em forma de artigo científico por Masinda e Taco (2021) encontra-se no anexo desta dissertação.

A partir das cinco metodologias e do entendimento dos estudos sobre corredores rodoviários inteligentes, identificou-se seis componentes gerais para classificação dos CRIs apresentada na seção 3.3 desta dissertação.

O Quadro 3.1 mostra uma visão geral entre os componentes identificados nesta dissertação em relação às cinco metodologias apresentadas.

**Quadro 3.1** Componentes CRIs x outras classificações

<b>Componentes CRIs / esquemas de classificações selecionados</b>	<b>Road Infrastructure Support levels for Automated Driving – ISAD</b>	<b>Smart Road Classification – PIARC</b>	<b>Road Infrastructure Ready for Mixed vehicle Traffic Flow – INFRAMIX</b>	<b>Classification of Readiness of European Highways for Adopting Connected, Automated and Electric Vehicles – EAPA</b>	<b>Connected Roadway Classification System – CRCS</b>
<b>Infraestrutura física</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Infraestrutura digital</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Conectividade</b>	Não	Sim	Não	Não	Não
<b>Segurança do sistema Segurança do usuário Segurança cibernética</b>	Não Não Não	Não Não Não	Não Não Não	Não Não Não	Não Não Não
<b>Automação veicular</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Usuário</b>	Não	Sim	Não	Não	Não
<b>Outros</b>	Não apresentado	Não apresentado	Não apresentado	Utilização da pavimentação asfáltica com tecnologia de carregamento de veículo elétrico.	Não apresentado

### 3.3. COMPONENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DOS CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES

Os seis componentes gerais para classificação dos CRIs identificados na seção anterior são: infraestrutura física, infraestrutura digital, conectividade, segurança, automação veicular e usuários:

- A **infraestrutura física** envolve todos os fatores, dispositivos e variáveis relacionados à topologia da rodovia, geometria da rodovia, característica e condição da pavimentação, sinalização, marcação e iluminação rodoviária, ponto de interseções (cruzamento e rotatória), elementos estáticos e centro de controle operacional da rodovia;
- A **infraestrutura digital** envolve todos os fatores, dispositivos e variáveis relacionados a sensores e sistema de informações e telecomunicação, mensagens de sinalização variável, SpaT, mapas digitais, informações meteorológica e do ambiente, informações de tráfego e dispositivos RSU;
- A **conectividade** envolve todos os fatores, dispositivos e variáveis relacionados à comunicação veículo com veículo (V2V), veículo com infraestrutura (V2I) e veículo com qualquer coisa (C-V2X), a comunicação de longa alcance (*long range communication*), 5G ou outras, DSRC, a latência e estabilidade de sinal;
- A **segurança** envolve todos os fatores, dispositivos e componentes relacionados às quatro principais classes (ou componentes de nível 2) de segurança na rodovia que podem ser agrupadas em segurança do veículo; segurança de sistema de transporte; segurança da sociedade e segurança cibernética. Como por exemplo, a área da via coberta por câmera de vigilância digital; confidencialidade e tratamento de dados compartilhados; detecção e prevenção aos ataques cibernéticos e acidentes de trânsito; fiscalização (móvel / portátil);

- A **automação veicular** envolve todos os fatores, dispositivos e variáveis relacionados à classificação SAE de nível de automação veicular (SAE, 2020), ao ISO 22737:2021 (ISO, 2021) e ao ISO/TC 204 (ISO, 2019).

Embora os veículos façam parte dos usuários de sistema de transporte nas rodovias, nesta pesquisa especificamente, somente são considerados usuários vulneráveis nas rodovias. Isso porque o veículo já está sendo considerado a partir da sua automação para determinar os componentes para classificação dos corredores rodoviários inteligentes. São considerados nesta pesquisa como usuários vulneráveis nas rodovias, todos aqueles que tem menos proteção e se expõem ao maior risco de tráfego tais como os pedestres, os ciclistas e similares, os motociclistas, crianças, idosos e pessoas com necessidade especiais, trabalhadores nas rodovias e, podendo incluir até animais na rodovia.

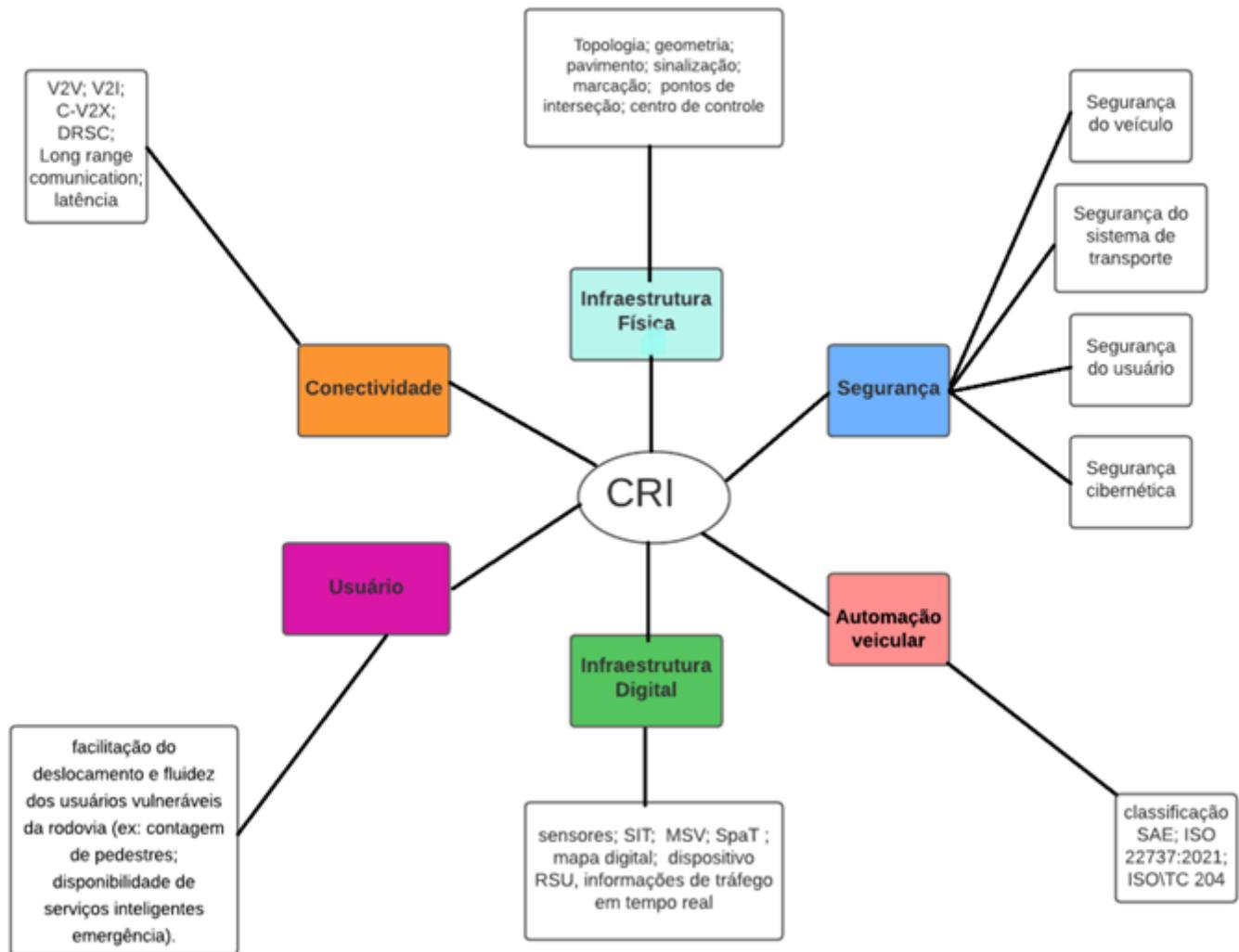
- O **usuário** envolve todos os fatores, dispositivos e variáveis relacionados a facilitação do deslocamento e fluidez dos usuários vulneráveis da rodovia tais como à contagem de pedestres e detecção de bicicletas e ciclomotores em tempo real, aviso em tempo real de veículo parado, de incidentes ou obras na rodovia, da disponibilidade de serviços inteligentes e avançados para atendimento e/ou emergência.

A fim de classificar o corredor rodoviário inteligente, baseando-se nos componentes apresentados acima, esta pesquisa, apresenta oito metas ou objetivos a considerar para garantir uma classificação robusta, objetiva, dinâmica e que seja adaptada ao longo do tempo conforme as mudanças tecnológicas e características locais. Estes objetivos são:

- **simplicidade:** para garantir a compreensão de todos os usuários;
- **linguagem clara:** para favorecer a comunicação entre as partes interessadas;
- **dinâmica:** para se ajustar ao grau da inteligência atribuído após variações rápidas no meio ambiente e nos fatores operacionais;
- **flexível:** para se adaptar aos avanços e variações súbitas da tecnologia;
- **útil:** para apoiar a sua aplicação pelas administrações rodoviárias ou operadores rodoviários;

- **padronizado:** para que seu desenvolvimento seja simples e aplicável de forma fácil em todas as rodovias e em qualquer tipo de rodovia;
- **integridade:** para possibilitar a transição/atualização do sistema de classificação dos CRIs; e,
- **disponibilidade:** para que haja dados de qualidade disponíveis ou possibilidade de iniciar um processo de monitoramento seguro e confiável para providenciar os dados no futuro.

A Figura 3.1 mostra a estrutura do modelo conceitual dos componentes proposto nesta dissertação. Para facilitar o entendimento, análise e visualização adotou-se tanto na Figura 3.1 como no Quadro 4.5 desta dissertação associar a cor laranja para o componente conectividade, azul para segurança, azul clara para infraestrutura física, verde para infraestrutura digital, vermelho para automação veicular e rosa para o componente usuário.



**Figura 3.1** Componentes para classificação dos CRI

### **3.4. DESENVOLVIMENTO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS**

Para o desenvolvimento do instrumento de pesquisa foi usada a técnica de interrogação por meio de um questionário e sua elaboração seguiu as seguintes etapas: i) técnica de criação do instrumento de pesquisa; ii) montagem e edição de instrumento de pesquisa e; iii) estudo-piloto ou teste das funcionalidades do instrumento de pesquisa.

#### **3.4.1. Técnica de criação do instrumento de pesquisa**

Considerando que esta pesquisa se baseou nas cinco principais metodologias ou esquemas de classificação das rodovias inteligentes dos quais, seus instrumentos de pesquisas foram desenvolvidos em um contexto e realidade econômica, cultural e linguística diferente ao do Brasil, para esclarecer todo o processo e procedimento realizado nesta pesquisa, é importante e crucial diferenciar a noção de “adaptar o instrumento de pesquisa”, “traduzir o instrumento de pesquisa” e “basear-se no instrumento de pesquisa”. Como afirma Silva (2020), a tradução de um instrumento de pesquisa é um procedimento que faz parte da metodologia de adaptação de instrumento de pesquisa enquanto, esse último, vai além de uma simples tradução literal, envolve a avaliação, a validação e a aplicabilidade dos indicadores em um idioma ou língua diferente que segue seis etapas propostas por Borsa *et al.*, (2012): i) tradução do instrumento do idioma original para o idioma alvo; ii) síntese da versão traduzida; iii) avaliação da síntese por especialistas; iv) avaliação do instrumento pelo público-alvo; v) tradução reversa e; vi) estudo-piloto. Já o processo de baseamento de um instrumento de pesquisa, tira seus fundamentos e apoia-se ao instrumento original sem necessariamente adaptá-lo.

Nesse sentido, na primeira etapa, tradução do instrumento do idioma original para o português, houve participação de três tradutores independentes e bilíngues, nativos em língua portuguesa e fluentes em língua inglesa como orienta Beaton *et al.*, (2000), possuindo compreensão dos construtos avaliados, familiaridade e habilidade na escrita científica como recomenda (BORGES *et al.*, 2010; HAMBLETON, 2005; ITC, 2010).

Na segunda e terceira etapa, foram enviadas as três versões para especialistas da área de transportes, formando assim, uma comissão de “*experts*”, avaliando os critérios de sintetização proposto por Borsa *et al.*, (2012) para se obter um único instrumento com objetivo de ter compatibilidade entre as três versões produzidas com a versão original. A quarta etapa verificou-se se as instruções, os itens, as escalas de respostas no instrumento de pesquisa apresentados nesta dissertação eram claros e compreensíveis (ver: APÊNDICE B – Questionário).

Isto é, se as palavras e termos estavam adequados e refletiam as expressões utilizadas na área de transporte, principalmente nos sistemas de transportes inteligentes – ITS visto que, a pesquisa diz respeito a corredores rodoviários inteligentes. Vale ressaltar que, como o estudo e o instrumento de pesquisa se baseou nas cinco principais metodologias de classificações presentes na literatura e não as adaptaram, não se fez necessário a realização da etapa cinco de “tradução reversa” que tem como objetivo de verificar se a versão traduzida reflete os conteúdos da versão original. A sexta etapa de “estudo-piloto” é apresentado na seção de “estudo-piloto ou teste das funcionalidades do instrumento de pesquisa”.

### 3.4.2. Montagem e edição de instrumento de pesquisa

A montagem e edição do instrumento de pesquisa foi dividido em quatro seções. A primeira seção diz respeito ao termo de consentimento livre e esclarecimento sobre a pesquisa, apresentando um resumo geral sobre o que se trata a pesquisa e seu objetivo; a segunda foi relacionada ao veículo autônomo como consta no Quadro 3.3; a terceira trata dos componentes do corredor rodoviário inteligente (CRIs) apresentado no Quadro 3.4 e; a última seção capta o perfil dos respondentes ou especialistas (ver: Quadro 3.2).

**Identificação de especialista:** contém as perguntas relacionadas ao gênero do especialista, escolaridade, área e tempo de atuação.

**Quadro 3.2** Perguntas sobre identificação de especialista

Perguntas	Opções de respostas
Qual é seu gênero?	Feminino; masculino e; outro
Qual é o seu nível de escolaridade?	Médio Incompleto; médio completo; superior incompleto; superior completo e; pós-graduação
Qual categoria profissional você pertence? Especifique em caso de outro por favor.	Acadêmico (aluno); acadêmico (professor); agente regulatório; concessionária rodoviária; indústria automobilístico; empresa de consultoria de transporte; Motorista (caminhoneiro); transportador autônomo rodoviário de carga; transportador de empresas rodoviária de carga; transportador de cooperativa rodoviária de carga; transporte público inter-regional e; outro
Na área de transporte, há quanto tempo você se desempenha?	Menos de 1 ano; 1 - 3 anos; 3 - 5 anos; 5 - 8 anos; 8 - 10 anos e; 10+ anos

**Veículo autônomos:** contém as perguntas sobre veículo autônomo e é composto por: conhecimento sobre VA; conhecimento sobre classificação de VA; circulação de VAs no Brasil; entendimento sobre comunicação veicular; conhecimento sobre operação e fluxo de VA; modelo de fluxo de tráfego de VA e contribuição de VA nas rodovias brasileiras.

### Quadro 3.3 Perguntas sobre VA

Perguntas	Opções de respostas
Você já ouviu falar em veículo autônomo - VA?	Não ou sim.
De que forma você ouviu falar sobre o Veículo Autônomo - VA?	Internet / Redes Sociais; Palestra; Faculdade; conversa com amigos / familiares; faz parte do meu cotidiano ou trabalho; Televisão e; outro.
Você acha que atualmente no Brasil existem estes tipos de veículos já em circulação?	Não ou sim.
Você já ouviu falar sobre a classificação dos veículos autônomos - VAs?	Não ou sim.
Você sabia que um veículo autônomo - VA pode transitar em rodovias urbanas como em rodovias entre as cidades?	Não ou sim.
Já pensou em um veículo autônomo - VA circulando, por exemplo, nas rodovias que ligam as cidades de Rio de Janeiro - São Paulo ou Brasília - Goiânia?	Não ou sim.
Você sabia que os veículos autônomos - VAs podem se conectar entre si, com outros dispositivos conectados à internet e com a infraestrutura compartilhando informações e dados?	Não ou sim.
No seu entendimento, um veículo autônomo - VA transitando pela rodovia ele pode ajudar em quê?	Redução de sinistros de trânsito; redução da poluição no trânsito; melhoria na fluidez de tráfego; melhor aproveitamento de tempo no trânsito; redução de infrações de trânsito; redução da necessidade de vagas de estacionamento e; outro.
Na sua opinião, como deve ser o fluxo de tráfego de veículos autônomos transitando nas rodovias com veículos convencionais?	Fluxo de tráfego misto sem necessidade de faixa exclusiva; fluxo de tráfego misto, porém deve ter faixas exclusivas; Fluxo exclusiva (não podem transitar com veículos convencionais.)
Você sabia que podem ter rodovias nas quais transitem veículos autônomos ou veículos autônomos com outros veículos convencionais em um fluxo de tráfego misto?	Não ou sim.

**Corredor rodoviário inteligente:** Contém as perguntas sobre corredor rodoviário inteligente - CRI e envolve: conhecimento sobre corredor inteligente; sua existência ou estado atual no Brasil; conhecimento de projetos em desenvolvimento sobre corredor inteligente mundo afora; necessidade de ter-se um projeto de classificação de corredor inteligente no Brasil; os benefícios e vantagens; os desafios e barreiras de implementar-se um projeto de corredor inteligente no Brasil; necessidade das indústrias automobilísticas de explicitar os ODDs dos seus modelos de veículos; participação dos órgãos regulatórios públicos; órgão regulatório público ou privado habilitado a executar o projeto de corredor inteligente e, a classificação por nível em ordem crescente de importância e necessidade dos componentes propostos neste projeto de pesquisa.

**Quadro 3.4** Perguntas sobre CRIs

<b>Perguntas</b>	<b>Opções de respostas</b>
Você já ouviu falar sobre rodovias inteligentes?	Não ou sim.
Na sua opinião, você acha que existem algumas rodovias inteligentes no Brasil?	Não ou sim.
Você sabia que em outros países já estão sendo desenvolvidos corredores rodoviários inteligentes para veículos autônomos?	Não ou sim.
Você acha necessário ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs no Brasil?	Não ou sim.
Na sua opinião, quais seriam os benefícios e/ou vantagens de se ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs no Brasil?	Monitoramento de ambiente de condução; maior cobertura da internet nas rodovias; gestão de tráfego; tecnologia emergente nas rodovias; contribuição ao meio ambiente; marcos regulatórios (novas legislações/regulamentos); pelotões de caminhões; Melhoria na fluidez de tráfego; redução dos sinistros de trânsito; padronização da infraestrutura rodoviária alcançada por meio da classificação; redução de congestionamento; mobilidade compartilhada; MaaS (Mobilidade as a Service) e; outro
Na sua opinião, quais seriam os desafios e/ou barreiras de se ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs no Brasil?	Falta de legislação/regulamento no momento para os veículos autônomos; conectividade (falta de cobertura da rede 4G/5G nas rodovias); péssimas condições das rodovias; falta de tecnologias de pontas (ou emergentes); aspecto social, cultural ou comportamental; falta de esquema de classificação de domínio de Design Operacional – ODD; Coexistência de veículo convencional com veículo autônomo – VA; falta (ou indisponibilidade) de dados de VA em condições reais de condução; segurança cibernética; privacidade com as informações / dados compartilhados; responsabilidade por acidentes; volume de dados gerados e; outro
Na sua opinião, você acha necessário que os fabricantes dos veículos explicitem seus Domínios de Design Operacionais - ODDs para servir de base para determinar as Seções Rodoviárias Operacional - ORSs para classificação dos corredores rodoviários inteligentes?	Não ou sim.
Na sua opinião, como os órgãos regulatórios públicos devem participar para implementação de um sistema de classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil?	Participação direta; Participação indireta e; Participação compartilhada.
Na sua opinião, qual é o órgão regulatório habilitado a implementar a política de um sistema de classificação dos Corredores Rodoviários Inteligentes - CRIs?	SENATRAN; ANTT; Congresso Nacional; DNIT; Minfra; Setor privado e; outro
Na sua opinião, por que seria importante ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil?	Apoiar a interoperabilidade de sistema de transporte; padronizar as tecnologias nas rodovias; apoiar na tomada de decisão de investimento, política e estratégico; comparar as regiões; planejar novas ações; subsidiar na implementação dos veículos autônomos – VAs e; outro
Na sua opinião, identifique em ordem crescente os aspectos mais importantes e necessários para se classificar um corredor rodoviário inteligente?	Classificação por ordem de: Infraestrutura física; Infraestrutura digital; Conectividade; Usuário; Segurança e; Nível de automação veicular
Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto	Escala de 0 a 5 em formato de estrelas.

" <b>infraestrutura física</b> " para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs?	
Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto " <b>infraestrutura digital</b> " para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs?	Escala de 0 a 5 em formato de estrelas.
Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto " <b>conectividade</b> " para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs?	Escala de 0 a 5 em formato de estrelas.
Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto " <b>usuário</b> " para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs?	Escala de 0 a 5 em formato de estrelas.
Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto " <b>segurança</b> " para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs?	Escala de 0 a 5 em formato de estrelas.
Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto " <b>automação veicular</b> " para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs?	Escala de 0 a 5 em formato de estrelas.

### 3.4.3. Estudo-piloto ou teste das funcionalidades do instrumento de pesquisa

Inicialmente, foram testadas todas as funcionalidades de instrumento de pesquisa pelo próprio autor a partir da plataforma online da Microsoft, a "*Microsoft Form*" e em seguida enviadas para alguns especialistas e colegas de turma 2020 do programa de pós-graduação em transporte da Universidade de Brasília – PPGT/UnB com finalidade de detectar falhas, de verificar a compreensão e assimilação de perguntas, a clareza dos itens e a ambiguidade de perguntas e respostas. Dessa forma, foi possível estimar o tempo de resposta determinada pela própria plataforma a 16 minutos.

### 3.5. APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO DE PESQUISA

O instrumento de pesquisa foi aplicado de forma online por meio da plataforma "*Microsoft Form.*" para um total de 53 especialistas que atuam diretamente na área de transporte no período de 15 de novembro de 2022 até 05 de janeiro 2023. Foram entrevistadas empresas de consultoria em transporte, transportadores autônomos rodoviários de carga, transportadores de empresas rodoviárias de cargas, transportadores de cooperativas rodoviárias de carga, agentes de trânsito

rodoviário, engenheiros civis, associação de classe ou sindicato de transporte rodoviário, agentes regulatórios e acadêmicos (professores e alunos) de todo o Brasil.

Foram enviados diretamente os e-mails para todas as empresas de transporte afiliadas a ANTT, a todas as associações dos concessionários de rodovias, aos sindicatos de transportadores autônomos rodoviários de cargas, transportadores de empresas rodoviárias de cargas, transportadores de cooperativas rodoviárias de carga cujos dados e informações de contatos estavam disponíveis no site da ANTT. Enquanto alguns especialistas respondiam, foi possível, detectar outros especialistas a partir da última pergunta disponível no instrumento de pesquisa que perguntava se “tem algum outro especialista que o respondente gostaria de nos recomendar”. Também, por meio da página do LinkedIn do Grupo de Pesquisa Comportamento em Transporte e Novas Tecnologias, foi lançada uma campanha para divulgação da pesquisa com objetivo de captar outros especialistas.

## **4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1. APRESENTAÇÃO**

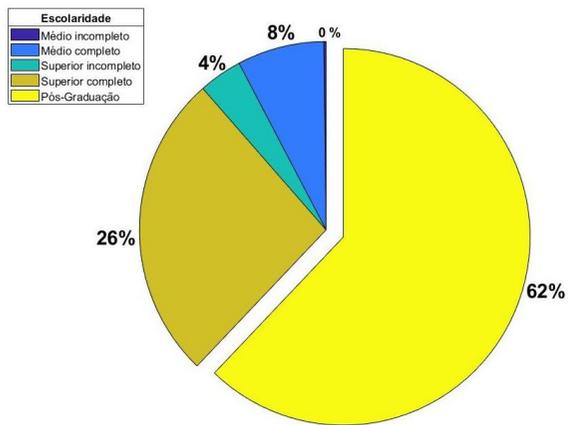
Este capítulo tem como finalidade de apresentar e discutir os resultados obtidos na coleta de dados após aplicação do instrumento de pesquisa. Em primeiro lugar é apresentado o perfil geral dos especialistas, em seguida, a visão geral sobre o veículo autônomo e corredor rodoviário inteligente conforme descrito na seção 3.4.2.

A análise geral captou as áreas de atuações dos especialistas e as agruparam em: acadêmicos (professores e estudantes); agentes regulatórios ou funcionários públicos que atuam diretamente com a área de transporte rodoviário; transportadoras de cargas, empresas de consultoria em transporte e, a sociedade (os diferentes atores, gestores e especialistas da área de transportes). Acrescentou-se também para análise específica, o grupo formado por todos os entrevistados, porém, somente com aqueles especialistas que atuam na área de transporte rodoviário há mais de 5 anos.

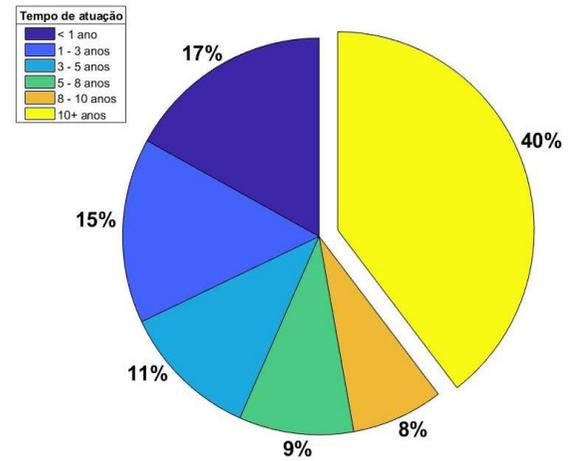
Esta subdivisão por perfil, possibilitou uma análise geral e específica do grau de importância de cada componente na visão dos especialistas. Para cada grupo foram feitos três tipos de análises: análise de perfil, análise sobre veículo autônomo e análise sobre corredores rodoviários inteligentes.

### **4.2. ANÁLISE GERAL**

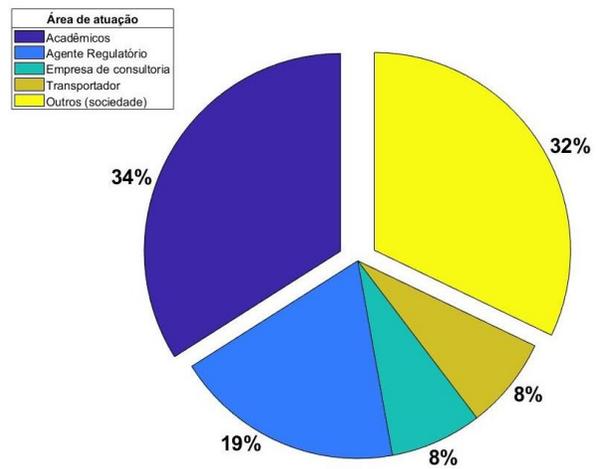
No geral, os entrevistados são de sexo masculino representando um total de 68%. O nível de escolaridade dominante é a pós-graduação com 62,3%. A maioria dos respondentes são acadêmicos, agentes regulatórios e de empresa de consultoria em transporte juntos totalizando 60,4%. Aqueles que atuam há mais de 5 anos representam, 56,5% como apresentado nas Figuras: Figura 4.1 Figura 4.2 e Figura 4.3.



**Figura 4.1** Análise geral: escolaridade



**Figura 4.2** Análise geral: tempo de atuação



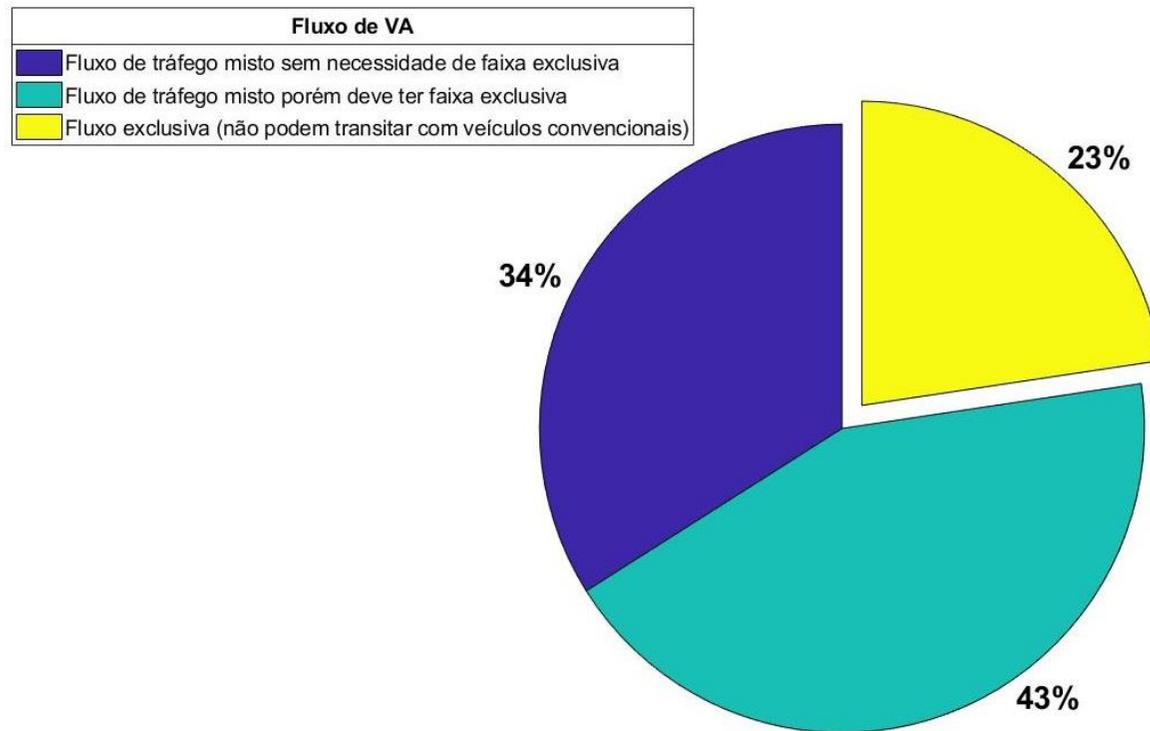
**Figura 4.3** Análise geral: área de atuação

#### 4.2.1. Veículos autônomos

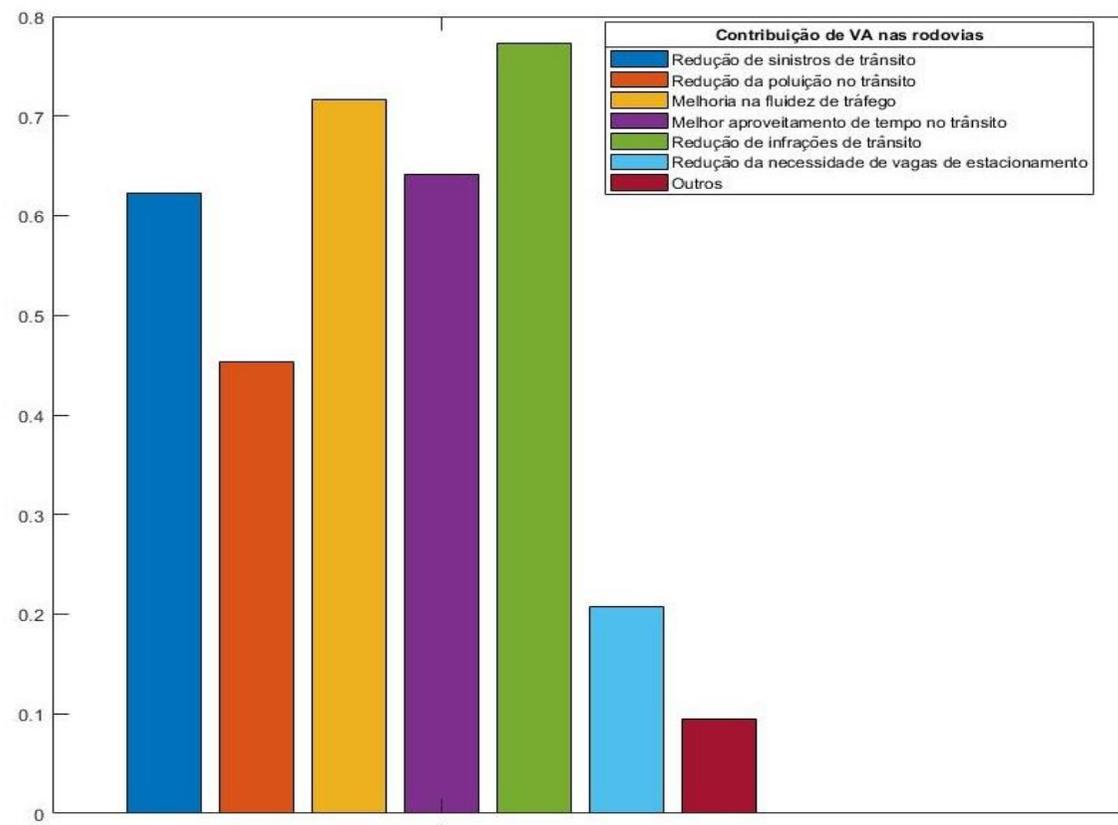
Ao analisar os assuntos relacionados sobre o veículo autônomo, observou-se que 85% dos entrevistados têm conhecimento do que é um veículo autônomo. No entanto, mais da metade dos entrevistados (51%) não acreditam ter esses tipos de veículos circulando nas rodovias do Brasil. Mas sabe-se que segundo a classificação SAE de nível até 3, existem veículos circulando nas vias brasileiras com essas características de VAs. Em relação aos níveis de automação SAE, 62% dos entrevistados demonstraram não ter conhecimento sobre essa classificação. Quando foi perguntado se os participantes sabiam que os VAs podem se comunicar entre si, com a infraestrutura e com qualquer outro dispositivo conectado à internet compartilhando dados e informações, 70% deles responderam que sim.

Em relação à circulação dos VAs nas rodovias, 62% dos respondentes demonstraram ter ciência de que os VAs podem transitar nas rodovias federais. Porém, ao perguntar sobre como deveria ser planejado o fluxo de tráfego com a introdução de veículo autônomos de todos os níveis, nível 4 e 5 particularmente nas rodovias (Figura 4.4), 43% acham que deve haver um fluxo de tráfego misto, porém com faixa exclusiva para VAs; 34% concordam com o fluxo de tráfego misto, mas sem necessidade de faixa exclusiva para VAs e 22,6% acreditam que os VAs não podem transitar com veículos convencionais conseqüentemente, devem ter um fluxo exclusivo de tráfego.

Segundo a visão geral dos entrevistados, 77,3% afirmaram que os VAs transitando nas rodovias brasileiras podem ajudar na redução de infrações de trânsito; 71,6% na fluidez do tráfego; 64,1% no melhor aproveitamento de tempo no trânsito; 62,2% na redução dos sinistros de trânsito; 45,2% na redução da poluição e 30% na redução da necessidade de vaga de estacionamento, no custo da logística e na redução do preço do transporte compartilhado (Figura 4.5).



**Figura 4.4** Análise geral: fluxo de tráfego dos VAs



**Figura 4.5** Análise geral: contribuições dos VAs nas rodovias

#### **4.2.2. Corredores Rodoviários Inteligentes – CRI**

Ao analisar os CRIs foi perguntado aos participantes se já ouviram falar sobre corredor rodoviário inteligente e se existe esse modelo de infraestrutura no Brasil. Dos entrevistados, 70% responderam que já ouviram falar e 89% acreditam ainda não ter esses tipos de infraestruturas no Brasil.

Também foram perguntados se sabiam que existem projetos em desenvolvimento mundo afora sobre corredores rodoviários inteligentes e se era importante e porque ter um projeto de classificação dos corredores rodoviários inteligentes no contexto brasileiro. A grande maioria, com 71,7% não sabia que já estão sendo desenvolvidos esses tipos de projetos, no entanto 90,6% acharam importante ter um projeto de classificação dos corredores rodoviário inteligente no contexto brasileiro. 75,4% acreditam que a classificação do CRIs no Brasil ajudará na padronização das tecnologias nas rodovias; 60,7% no apoio na tomada de decisão de investimento, política e estratégica nas rodovias; 58,4% no planejamento de novas ações e 56,6% no apoio à interoperabilidade do sistema de transporte como consta na Figura 4.6.

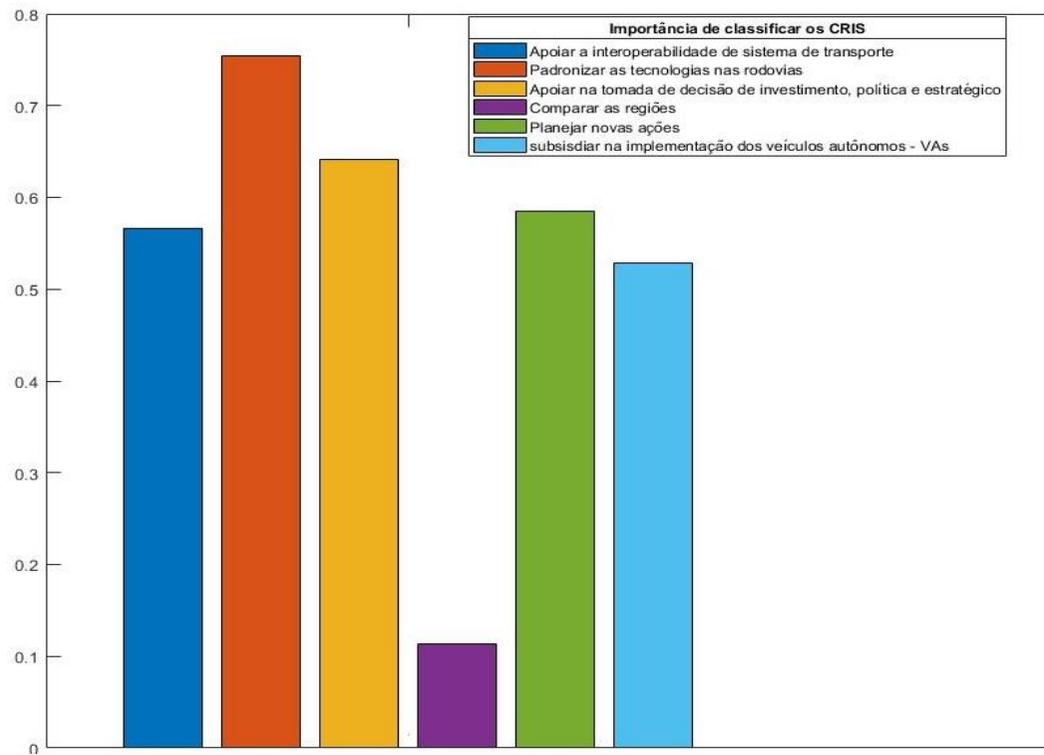
Existem numerosos benefícios e/ou vantagens que uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes pode trazer a sociedade brasileira. Dentre os entrevistados 66% acreditam que haverá melhoria na fluidez de tráfego; 64,1% na gestão de tráfego; 60,3% na redução de congestionamento; 58,4% na redução de sinistros de trânsito e na padronização das infraestruturas comparando regiões; 54,7% no monitoramento do ambiente de condução; 52% nas tecnologias emergentes nas rodovias e novas legislações; 47,1% no meio ambiente; 43,3% na mobilidade compartilhada; 39,6% no aumento da cobertura da internet nas rodovias; 35,8% nos pelotões de caminhões e 28,3% na mobilidade como um serviço (MaaS), Os resultados são apresentados na Figura 4.7.

No entanto, há também diversos desafios e/ou barreiras a superar para implementação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil. A Figura 4.8 mostra que, 71,6% dos interrogados responderam que a grande dificuldade seria na conectividade (falta da cobertura da rede 4G/5G) nas rodovias; 69,8% na falta de legislação ou normas; 64,15% na segurança

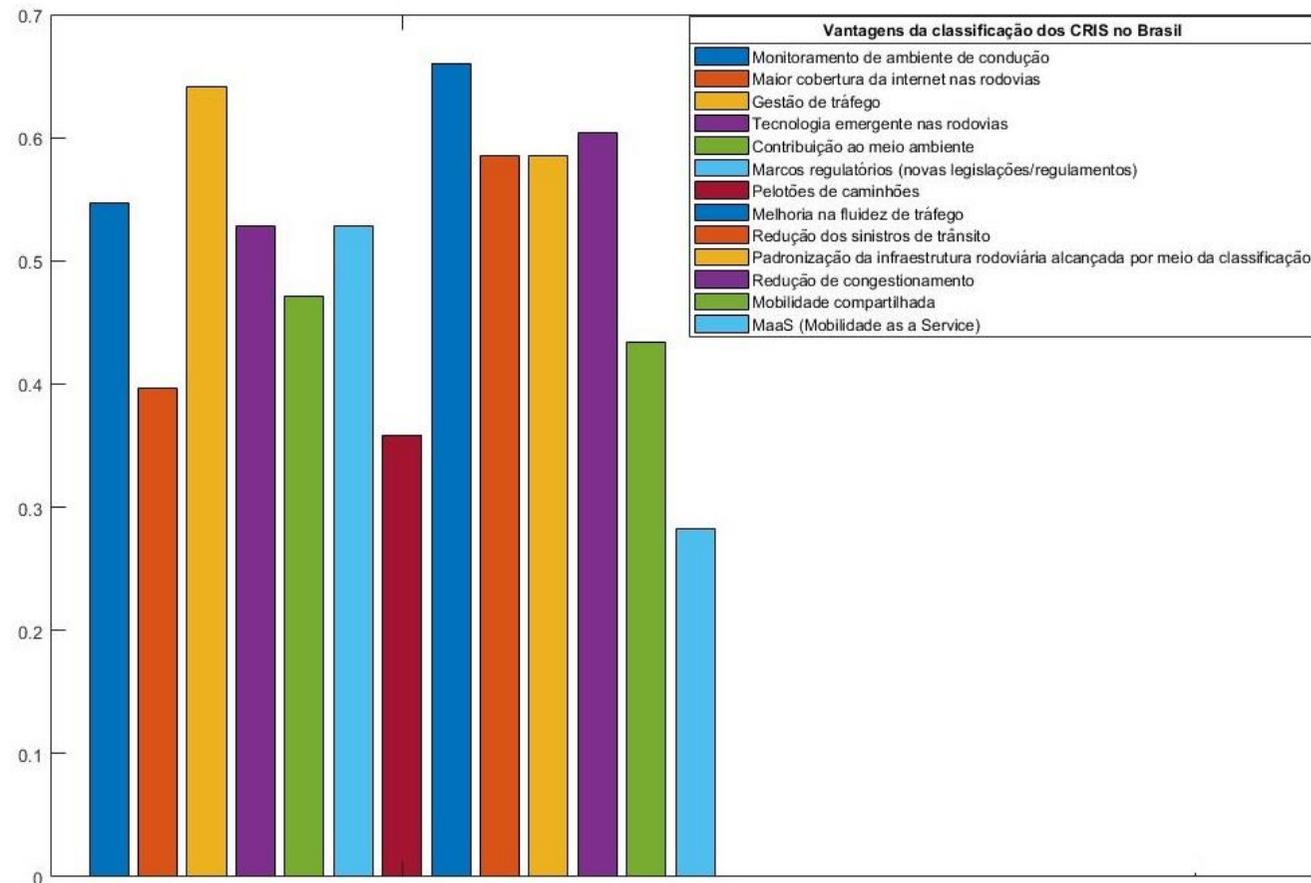
cibernética; 60,3% na responsabilidade por acidentes; 56,6% nas péssimas condições das rodovias; 50,9% na falta de tecnologia de ponta; 45,2% no aspecto social, cultura ou comportamental; 41,5% na coexistência de veículo convencional com VA; 39,6% na falta (ou indisponibilidade) de dados de VA em condições reais de circulação; 32% na falta de esquema de classificação do ODD e privacidades com informações e dados compartilhados; e, 20,7% no tratamento e quantidade de dados gerados.

Outra grande dificuldade é na operabilidade dos VAs nas rodovias pois cada modelo de veículo possui seu próprio domínio de design operacional - ODD. Ao perguntar se os fabricantes dos automóveis precisavam explicitar seus ODDs para servir de base para determinar as Seções Rodoviárias Operacionais – ORSs para classificação dos corredores rodoviários inteligentes, 87% dos entrevistados disseram que sim.

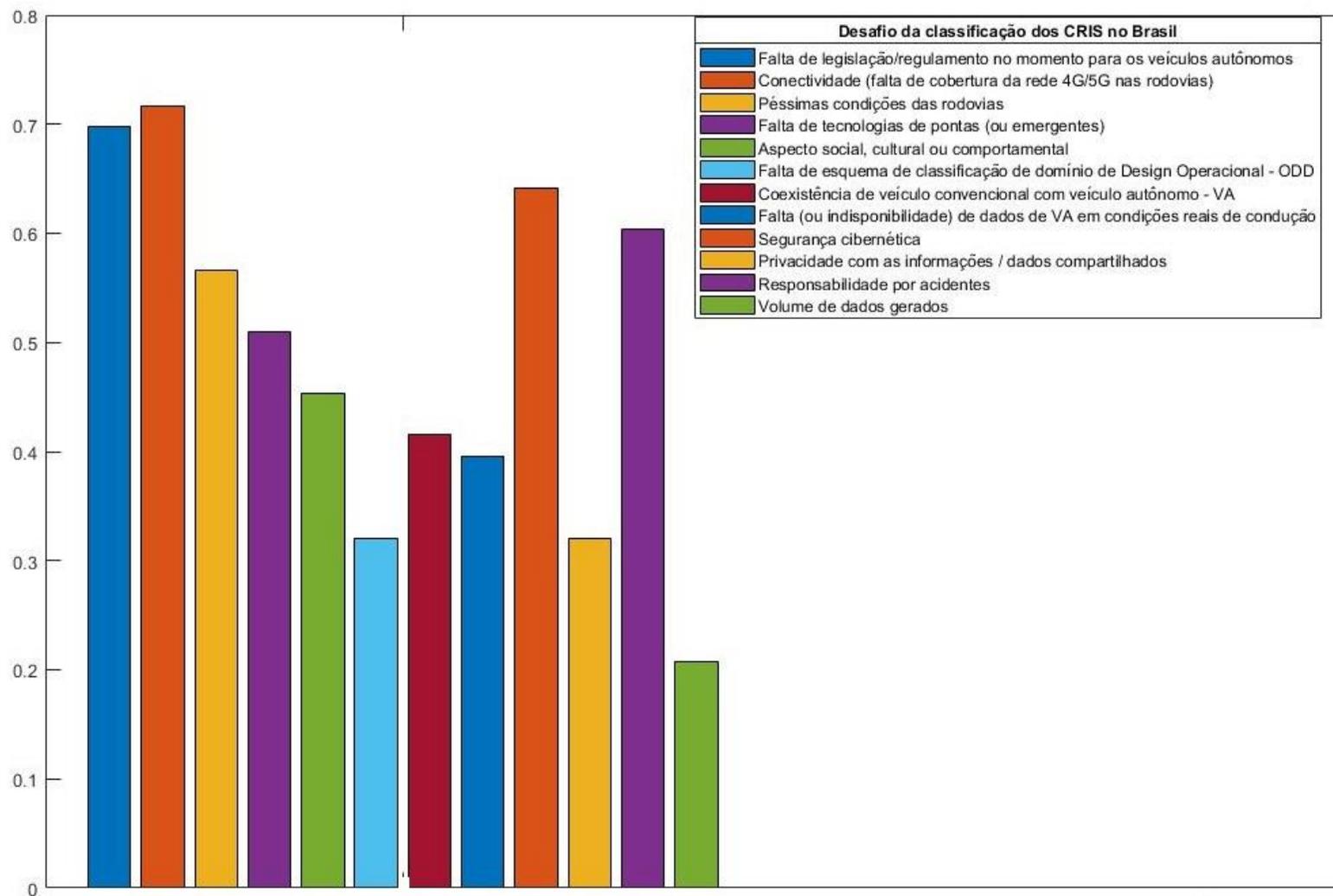
No entanto, todo ou qualquer projeto existente ou que venha a ser desenvolvido, a sua aplicação e manutenção precisa de um arcabouço legal bem definido. Mais da metade, 55% dos respondentes pensam que a participação dos órgãos regulatórios públicos na implementação de um sistema de classificação dos CRIs no Brasil deve ser compartilhada com o setor privado, enquanto os restantes 45% afirmam que os órgãos regulatórios públicos devem ter uma participação direta e o órgão habilitado a executar esse projeto na visão dos interrogados é a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (ver Figura 4.9 e Figura 4.10).



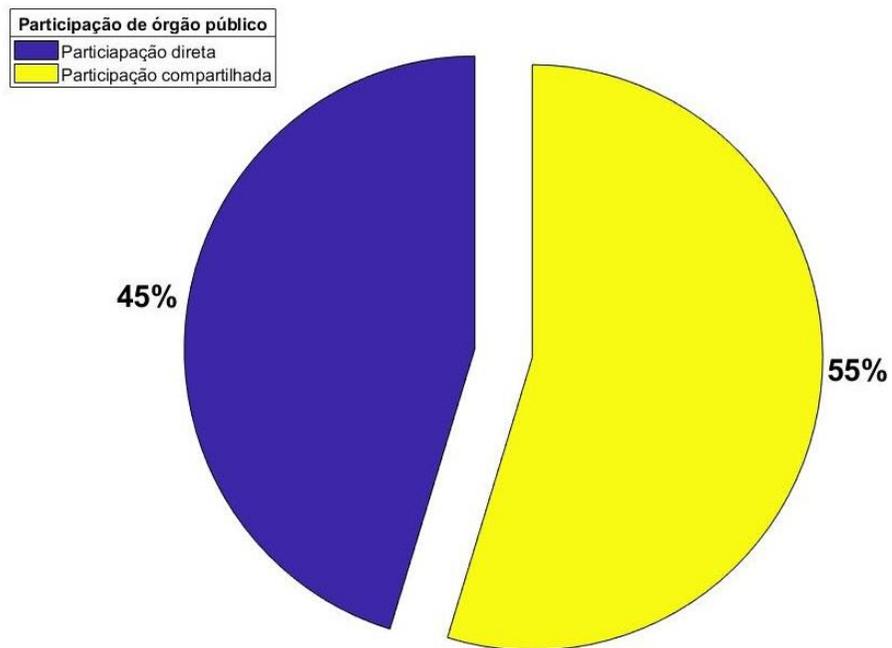
**Figura 4.6** Análise geral: importância de classificar as rodovias



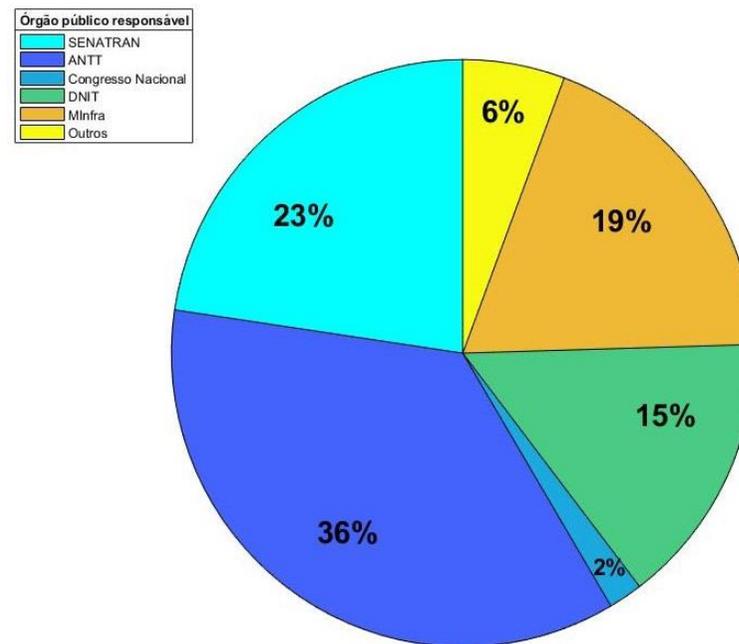
**Figura 4.7** Análise geral: vantagens de classificar as rodovias



**Figura 4.8** Análise geral: desafio para classificar as rodovias



**Figura 4.9** Análise geral: tipo de participação do órgão público na classificação



**Figura 4.10** órgão público responsável

### 4.2.3. Classificação por Grau de Importância dos Componentes de um CRIs

Foram apresentados cinco componentes (infraestrutura física, infraestrutura digital, conectividade, segurança, usuário e nível de automação veicular) aos especialistas e solicitado classificá-los em ordem crescente de importância e necessidade para se classificar um corredor rodoviário inteligente no Brasil.

Entre os seis componentes identificados, em uma escala crescente de 0 a 5, onde 0 significava nenhuma importância e 5, muito importante, o componente bem avaliado com média por grau de importância de 4,68 foi “conectividade”, seguida de “segurança” com 4,57, “infraestrutura física” com 4,55 e “infraestrutura digital” com 4,53. As duas variáveis menos avaliadas foram a “automação veicular” com média de 4,34 e usuário com 4,06. (Quadro 4.1)

**Quadro 4.1** Classificação por grau de importância dos componentes

	Conectividade	Segurança	Infraestrutura física	Infraestrutura digital	Automação veicular	Usuário
<b>Média</b>	4,68	4,57	4,55	4,53	4,34	4,06
<b>DesvPad</b>	0,64	0,75	0,87	0,87	0,96	1,07
<b>Mínimo</b>	3,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00
<b>Máximo</b>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

## 4.3. ANÁLISE ESPECÍFICA

Para a análise específica foram criados seis grupos, conforme as especificidades dos entrevistados: i) acadêmicos; ii) agentes regulatórios; iii) empresas de consultoria; iv) sociedade; e, vi) entrevistados com 5 anos ou mais de tempo de atuação. Para cada grupo foram realizados três tipos de análises: análise de perfil; análise sobre veículo autônomo e; análise sobre corredores rodoviários inteligentes

### 4.3.1. Acadêmicos

A escolaridade dos acadêmicos é composta por 66,6% de pós-graduados, 22,2% de graduados e 11,1% dos estudantes com ensino superior incompleto. A metade dos

acadêmicos (50%) atuam na área de transporte há pelo menos 5 anos, 16% há pelo menos 3 anos e 33% a menos de 3 anos. Nos acadêmicos, 89% já ouviram falar de veículo autônomo e a metade deles consideram já ter esse tipo de veículo em circulação nas vias brasileiras. No entanto, do total, 72,2% nunca ouviram falar dos níveis de classificação dos VAs, porém têm ciência de que os VAs podem se comunicar tanto com a infraestrutura como com qualquer outro dispositivo conectado à internet. Dos entrevistados desta categoria 67% sabem de que os VA podem transitar nas rodovias e 83,3% acreditam que o fluxo de tráfego dos VAs nas rodovias deve ser misto (44,4% sem necessidade de faixa exclusiva e 38,8% com faixa exclusiva). Na visão dos entrevistados os VAs podem ajudar na redução de infrações, no melhor aproveitamento de tempo no trânsito, na fluidez nas rodovias e na redução de sinistros de trânsito.

Ao perguntar se já ouviram falar de corredor rodoviário inteligente e se pensam que esse tipo de infraestrutura se encontra presente no Brasil, 67% disseram que já ouviram falar e entre eles, 92% acham que não há ainda esse tipo de infraestrutura no Brasil. Embora 72% confirmaram ter conhecimento de que esses modelos de infraestrutura já estão sendo projetados e desenvolvidos em outros países. Também foi questionado se era necessário ter um projeto de classificação dos corredores rodoviários inteligentes na realidade brasileira, 89% concordaram e acham que a classificação teria impacto na padronização das tecnologias nas rodovias, no apoio a tomada de decisão estratégica, política e investimento, no planejamento de novas ações e no subsídio da implantação dos VAs nas rodovias.

Para a sua implementação, os acadêmicos consideram que as grandes vantagens ou benefícios de se ter uma classificação de corredores rodoviários inteligentes na realidade brasileira será na padronização das rodovias, na gestão de tráfego, nas tecnologias emergentes nas rodovias e na redução dos sinistros de trânsito. No entanto apontaram como desafios e barreiras a falta de legislação, conectividade e privacidade com as informações compartilhadas e que o órgão regulatório público habilitado a implementar as políticas, com participação direta seria a ANTT.

Neste grupo dos acadêmicos, 78% pensam que os fabricantes dos veículos devem explicitar os ODDs dos modelos de seus veículos e que os componentes mais importantes por ordem de prioridade são: conectividade, segurança, infraestrutura digital, infraestrutura física, nível de automação veicular e usuário.

### 4.3.2. Agentes regulatórios

A escolaridade dos agentes regulatórios ou agentes públicos que atuam diretamente na área de transporte é composta por 69% dos pós-graduados e 31% dos graduados, sendo que 69% do total deste grupo trabalha há mais de 5 anos na área de transporte, 6% há pelo menos 3 anos e 25% a menos de 3 anos. A maior parte, 87,5%, já ouviram falar do VA e 56,2% afirmam não ter esse tipo de veículo em circulação atualmente no Brasil, embora eles já tenham ouvido falar da classificação dos VAs. Dos agentes, 75% têm conhecimento de que os VAs podem transitar tanto nas vias urbanas como nas rodovias federais e 82% sabem que os VAs podem estabelecer a conexão C-V2X, ou seja, conversa com qualquer dispositivo conectado à internet. Ao perguntar como deve ser o fluxo de tráfego dos VAs nas rodovias, por um lado 75% dos respondentes defendem um fluxo de tráfego misto (44% sem necessidade de faixa exclusiva e 31% com faixa exclusiva) e por outro lado a outra parcela de 25%, afirmam que o fluxo de tráfego dos VAs nas rodovias deve ser exclusivo, não podendo transitar com veículos convencionais. Os agentes pensam que, os VAs circulando nas rodovias ajudarão a reduzir as infrações de trânsito, melhorar a fluidez no tráfego, reduzir os sinistros de trânsito e melhorar o tempo de aproveitamento no trânsito.

No que diz respeito ao corredor rodoviário inteligente e sua existência no Brasil, 86% já ouviram falar e sabem que estão sendo desenvolvidos projetos para este tipo de infraestrutura em outros países, porém aqui no Brasil, os participantes acreditam que ainda não tem essas infraestruturas. Um total de 94% dos agentes respondeu que é necessário ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil para padronizar as tecnologias nas rodovias, apoiar na interoperabilidade de sistema de transporte e apoiar na tomada de decisão de investimentos, políticas e estratégias.

O grupo dos agentes regulatórios ou agentes públicos que atuam diretamente na área de transporte afirmam que as vantagens ou benefícios que uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes traria nas rodovias brasileiras seriam no monitoramento de ambiente de condução, na melhoria na fluidez de tráfego, na logística com pelotões de caminhões e na redução dos sinistros de trânsito. Portanto os desafios e/ou barreiras seriam na falta de legislação, na conectividade (falta da cobertura da rede 4G/5G nas rodovias) e outros fatores envolvendo aspectos sociais, culturais ou comportamentais nas rodovias. Eles ainda responderam que deve haver uma participação compartilhada entre os órgãos regulatórios

públicos e o setor privado para implementação da classificação dos corredores rodoviários inteligentes. Sobre qual órgão público deve ser responsável para essa implementação, os participantes se dividem na escolha entre a ANTT e o Minfra.

Os respondentes deste grupo com 94% acham necessário que os fabricantes automobilísticos explicitem os ODDs dos seus modelos de veículos e as variáveis com mais importância por ordem de prioridade para classificação dos corredores rodoviários inteligentes, sendo estes: conectividade, infraestrutura física e segurança com mesmo grau de prioridade, seguidos pela infraestrutura digital, nível de automação veicular e usuário.

### **4.3.3. Transportadores rodoviários de cargas**

O grau de escolaridade dos transportadores rodoviários de carga é de 50% com ensino médio completo e 50% com ensino superior completo, sendo que todos atuam há mais de 8 anos na área. A metade (50%) deste grupo já ouviu falar sobre VAs e afirmam ter esses tipos de veículos já em circulação nas vias brasileira. Embora todo o grupo não tivesse ouvido falar da classificação dos veículos autônomos, ainda assim 75% têm conhecimento de que os VAs podem operar em rodovias e se comunicar entre eles, com a infraestrutura e com quaisquer dispositivos conectados à internet. No quesito de como deve ser o fluxo de tráfego dos VAs nas rodovias, 100% concordam com fluxo exclusivo, sendo que 50% defendem um fluxo de tráfego com faixa exclusiva e outra metade defende um fluxo de tráfego totalmente exclusivo dos VAs sem operação dos veículos convencionais compartilhando espaço. Os transportadores pensam que os VAs transitando nas rodovias vão ajudar na redução da poluição, das infrações e dos sinistros no trânsito.

Dos transportadores rodoviários de carga, 50% já ouviram falar dos corredores rodoviários inteligentes, desses que ouviram falar 25% têm conhecimento de que já estão tendo projetos em desenvolvimentos mundo afora sobre corredores rodoviários inteligentes. Por unanimidade, 100% pensam que não há essas infraestruturas atualmente no Brasil e que estão a favor do desenvolvimento de uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil para ajudar na padronização das tecnologias nas rodovias, no apoio a interoperabilidade do sistema de transporte, no planejamento de novas ações e no subsídio na implantação de VAs.

Ao perguntar quais seriam as vantagens ou benefícios de se ter uma classificação dos CRIs na realidade brasileira para receptibilidade dos VAs, este grupo respondeu que haverá contribuição no meio ambiente, na redução de sinistros de trânsito, na maior cobertura da internet, nas tecnologias emergentes nas rodovias, e nos marcos regulatórios (novas leis, legislações e regulamentos). Elencam como barreiras ou desafios, a conectividade nas rodovias, falta (ou indisponibilidade) de dados de VA em condições reais de condução e a segurança cibernética. A metade (50%) pensam que os órgãos regulatórios públicos devem ter uma participação direta, enquanto outra metade pensam em uma participação compartilhada com o setor privado e que a ANTT é o órgão público habilitado a implantar um projeto de CRIs.

Os transportadores rodoviários de carga em ordem de importância classificaram os componentes propostos da seguinte forma: infraestrutura física, seguida da segurança, conectividade e usuário com mesmo grau de importância e infraestrutura digital e nível de automação por último. Também indicaram que os fabricantes dos veículos precisam explicitar os ODDs dos seus modelos de veículos.

#### **4.3.4. Empresas de consultoria**

A escolaridade dos respondentes das empresas de consultoria em transporte é formada por 100% dos pós-graduados sendo que 50% trabalham há mais de 10 anos, 25% têm entre 3 e 5 anos de atuação e outros 25% atuam a menos de 3 anos. A totalidade dos interrogados já ouviram falar do veículo autônomo e 50% deles afirmam que há esse tipo de veículo já em circulação nas vias brasileiras. Ao perguntar se tem conhecimento dos VAs poderem estabelecer uma conexão com qualquer coisa, a metade respondeu que sim. 75% deles, sabem que os VAs podem transitar tanto nas vias urbanas como nas rodovias federais embora eles nunca tenham ouvido falar sobre a classificação dos VAs. Sobre como deve ser o fluxo de tráfego dos VAs nas rodovias brasileiras, 75% dos respondentes concordaram com fluxo exclusivo dos VAs nas rodovias (25% com faixa exclusiva e 50% via totalmente exclusiva somente com VAs) e que esses veículos operando nas rodovias podem ajudar na redução dos sinistros de trânsito, dos acidentes e melhor a fluidez de tráfego.

Já sobre o corredor rodoviário inteligente, somente 25% não sabiam do que se tratava o assunto, no entanto 75% já tinham ouvido falar. 75% têm conhecimento de que já estão

sendo desenvolvidos projetos sobre corredores rodoviários inteligente em outros países e acreditam que ainda não há corredor rodoviário inteligente no Brasil. Neste sentido, a mesma parcela dos entrevistados, acha necessária ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes para realidade brasileira a fim de padronizar as tecnologias nas rodovias, planejar novas ações e subsidiar na implementação dos VAs.

No que diz respeito às vantagens e/ou benefícios que a classificação dos corredores rodoviários inteligentes tem a oferecer na sociedade brasileira, os respondentes deste grupo afirmam que haverá impacto na redução dos sinistros de trânsito, no marco regulatórios (novas leis, legislações ou regulamento) e no monitoramento de ambiente de condução. Apontam como barreiras e/ou desafios a segurança cibernética e a falta de legislação/regulamento no momento para os veículos autônomos no país. Por unanimidade, as empresas de consultoria em transporte rodoviário entendem que os órgãos regulatórios públicos devem ter uma participação compartilhada com o setor público e o órgão habilitado a implementar essas políticas é a Secretaria Nacional de Trânsito – SENATRAN.

Dos respondentes dessa categoria, 75% afirmam que as empresas automobilísticas devem explicitar os ODDs dos modelos dos seus veículos autônomos para facilitar a classificação dos corredores rodoviários inteligentes. Por ordem de importância, os componentes para classificar um corredor rodoviário inteligente foram: segurança, seguido por infraestrutura física, conectividade e nível de automação veicular com o mesmo grau de importância e, por último, infraestrutura digital e usuário também tiveram a mesma classificação.

#### **4.3.5. Demais perfis dos respondentes ou sociedade**

O perfil escolar dos demais respondentes é composto por 54,5% de pós-graduados, 27% de graduados e 18% com ensino médio completo sendo que, deste total, 36% atuam a menos de 3 anos na área de transporte, 18% entre 1 e 3 anos, 9% entre 3 e 5 anos e outros 36% há mais de 8 anos. Deste grupo 82% já ouviram falar dos VAs, 55,5% concordam que já há VAs operando atualmente no Brasil e 54,5% têm conhecimento sobre os tipos de comunicação que os VAs podem ter. De todos eles, 64% sabem que os VAs podem transitar tanto nas vias urbanas como nas rodovias. Em relação a como deve ser planejado o fluxo de VAs de todos os níveis nas rodovias, 82% acham que o fluxo deve acontecer de maneira

exclusiva (73% com faixa exclusiva e 9% em vias totalmente exclusiva). Na visão dos respondentes os CRIs poderão auxiliar na melhoria da fluidez de tráfego, na redução de infração de trânsito e no melhor aproveitamento de trânsito.

Sobre o corredor rodoviário inteligente, 55% dos entrevistados responderam que já ouviram falar sobre o assunto, dos quais, 83% afirmam não ter esse tipo de infraestrutura no Brasil. 64% têm conhecimento de que estão sendo desenvolvidos projetos sobre corredor rodoviário inteligente em outros países. 91% concordam que seria importante ter um projeto de classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil para planejar novas ações, apoiar na interoperabilidade do sistema de transporte, padronizar as tecnologias nas rodovias e apoiar na tomada de decisão de investimento, políticas e estratégico. O órgão regulatório público com participação direta para implementar esse tipo de projeto seria a ANTT.

Os desafios e/ou barreiras para sua implementação no Brasil seriam relacionados a falta de tecnologias emergentes (ou de ponta), péssimas condições atuais das rodovias, falta de conectividades e privatização com as informações e dados compartilhados. No entanto, suas vantagens e/ou benefícios na visão deste grupo seriam na gestão de tráfego, melhoria na fluidez de tráfego, monitoramento de ambiente de conexão e padronização da infraestrutura alcançada por meio da classificação dos corredores rodoviários inteligentes.

Os respondentes deste grupo por unanimidade acham necessário que os fabricantes automobilísticos explicitem os ODDs dos seus modelos de veículos e os componentes com mais importância por ordem de prioridade para classificação dos CRIs, sendo: a conectividade e a infraestrutura digital com mesmo grau de prioridade, seguido pelo nível de automação veicular depois infraestrutura física e segurança também com as mesmas avaliações e por último, usuário.

#### **4.3.6. Entrevistados com 5 anos ou mais de tempo de atuação**

Esta categoria representa mais da metade do total dos entrevistados, representando 57% deles. O nível de escolaridade deste grupo é composto por 73% de pós-graduados, 20% com ensino superior e 7% com ensino médio completo. Do total deste grupo, 93% já ouviram falar sobre VA dos quais um pouco mais da metade com 53,5% afirmam ter atualmente os VA já em circulação no Brasil e 57% sabem o que é a classificação dos VAs. 76%

reconhecem que os VA podem transitar nas rodovias e 87% têm conhecimento que os VAs podem se comunicar entre eles, com a infraestrutura e com qualquer dispositivo conectado à internet. Ao perguntar como deve ser o fluxo de tráfego de VAs nas rodovias, 70% acham que o fluxo deve ser exclusivo (43,3% com faixa exclusiva e 27% com via totalmente exclusiva) para ajudar na redução de infração de trânsito, na melhoria de fluidez no tráfego, na redução dos sinistros de trânsito e no melhor aproveitamento de tempo de no trânsito.

Todavia, 90% já ouviram falar sobre corredor rodoviário inteligente dos quais, 89% acreditam não ter esse tipo de infraestrutura ainda no Brasil. Também 90% sabem que existem projeto em desenvolvimento em outros países sobre corredor rodoviário inteligente e que 93% acham necessário ter um projeto de classificação dos CRI no Brasil para padronização das tecnologias nas rodovias, no apoio a tomada de decisão de investimento, políticas e estratégico e no apoio na interoperabilidade de sistema de transporte.

Os desafios e/ou barreiras para sua implementação no Brasil seriam relacionados na falta de uma boa conectividade nas rodovias brasileiras, nas péssimas condições de vias, na segurança cibernética, na responsabilidade por acidente e nos aspetos sociais e culturais. Porém, as vantagens e/ou benefícios na visão deste dos especialistas que trabalham há mais de 5 anos seriam na melhoria na fluidez de tráfego, na gestão de tráfego e na redução dos sinistros de tráfegos. 93% acreditam que os fabricantes automobilísticos devem explicitar os ODDs dos modelos dos seus veículos e os componentes mais importantes. Quanto a importância, em ordem crescente foram: infraestrutura física, segurança, conectividade, infraestrutura digital, automação veicular e usuário.

**Quadro 4.2** Análise específica por perfis dos grupos

Grupo / Indicadores	Análise específica: perfis dos grupos		
	% (total)	Escolaridade	Tempo atuação (anos)
<b>Acadêmico</b>	34 %	66,6% pós-graduação; 22,2 % graduados e 11,1% superior incompleto.	50% (5+ anos); 17% (5-3 anos); 17% (1 – 3 anos) menos de 3 anos e 17 % (-1 ano).
<b>Agente regulatório</b>	18,9 %	69% pós-graduação e 31% graduados	69% (5+ anos); 6% (3-5 anos); 12,5% (1-3 anos) e 12,5% (-1ano)
<b>Empresas Consultoria</b>	7,5 %	100% pós-graduação	50% (10+ anos); 25% (3 – 5 anos) e 25% (1 – 3 anos).
<b>Sociedade</b>	32,1 %	55% pós-graduação; 27% graduados e 18% médio completo	36% (5+ anos); 10% (3 – 5 anos); 18% (1 – 3 anos) e 36% (-1 ano)
<b>Transportadoras de cargas</b>	7,6 %	50% graduado e 50% médio completo	100% (8+ anos)
<b>5 anos ou +</b>	57 %	73% pós-graduação; 20% graduados e 7% médio completo	100 % (5+ anos)

Fonte: autor.

**Quadro 4.3** Análise específica: conhecimento sobre VAs

Grupo / Indicadores	Análise específica: conhecimento sobre VAs					
	Existência (%)	Sistema de Classificação (%)	Comunicação (%)	Operação nas vias brasileira (%)	Fluxo de tráfego nas rodovias	Contribuições nas rodovias
<b>Acadêmico</b>	89	28	72	50	83,3% fluxo misto	Redução de infrações; melhor aproveitamento de tempo no trânsito; fluidez nas rodovias; redução de sinistros de trânsito.
	11	72	28	50		
<b>Agente regulatório</b>	87,5	56,25	81,25	36	75% fluxo misto	Redução de infrações; fluidez nas rodovias; reduzir os sinistros de trânsito; redução de sinistros de trânsito; melhor aproveitamento de tempo no trânsito.
	12,5	43,75	18,75	64		
<b>Empresas Consultoria</b>	100	25	50	50	75% fluxo exclusivo	Redução de sinistros de trânsito; fluidez nas rodovias.
	0	75	50	50		
<b>Sociedade</b>	82	45	55	56	75% fluxo exclusivo	Fluidez nas rodovias; Redução de infrações; melhor aproveitamento de tempo no trânsito.
	18	55	45	44		
<b>Transportadoras de cargas</b>	50	0	87	100	100% fluxo exclusivo	Redução de infrações; redução da poluição.
	50	100	23	0		
<b>5 anos ou +</b>	93	57	54	54	70% fluxo exclusivo	Fluidez nas rodovias; Redução de infrações; melhor aproveitamento de tempo no trânsito.
	17	43	46	46		

Fonte: Autor. Cor verde: respostas “sim” e cor vermelha: respostas “não”

**Quadro 4.4** Análise específica: conhecimento sobre CRIs

Grupo / Indicadores	Análise específica: conhecimento sobre CRIs									
	Existência (%)	CRIs no Brasil (%)	Desenvolvimento mundo afora (%)	Necessidade de projeto CRIs no Brasil (%)	Importância da classificação CRIs	Participação órgão regulatório público	Órgão reg. público habilitado	Vantagens e/ou benefícios CRIs	Desafios e/ou barreiras	Explicitar ODD (%)
<b>Acadêmico.</b>	67	8	72	89	Padronização das tecnologias nas rodovias; apoio a tomada de decisão; planejamento de novas ações; subsídio da implantação dos VAs nas rodovias.	Participação direta.	ANTT.	Padronização das rodovias; gestão de tráfego; tecnologias emergentes nas rodovias; redução dos sinistros de trânsito.	Falta de legislação; falta de conectividade; privacidade com as informações compartilhadas.	78
	33	92	28	11						22
<b>Agente regulatório.</b>	87,5	14	87,5	94	Padronização das tecnologias nas rodovias; apoio na interoperabilidade e de sistema de transporte; apoio a tomada de decisão.	Participação compartilhada.	ANTT ou Minfra.	Monitoramento de ambiente de condução; fluidez no tráfego; logística; redução dos sinistros de trânsito.	Falta de legislação; falta de conectividade; fatores envolvendo aspectos sociais, cultura ou comportamental nas rodovias.	94
	12,5	86	12,5	16						6

Grupo / Indicadores	Análise específica: conhecimento sobre CRIs									
<b>Empresas Consultoria.</b>	75	0	75	75	Padronização das tecnologias nas rodovias; planejamento de novas ações; subsídio da implantação dos VAs nas rodovias.	Participação compartilhada	SENATRAN.	Redução dos sinistros de trânsito; novas leis, legislações ou regulamento; monitoramento de ambiente de condução.	Segurança cibernética; falta de legislação/regulamento no momento para os veículos autônomos no país.	75
	25	100	25	25						25
<b>Sociedade.</b>	55	17	64	91	Padronização das tecnologias nas rodovias; planejamento de novas ações; apoio na interoperabilidade e de sistema de transporte; apoio a tomada de decisão	Participação direta.	ANTT.	Fluidez no tráfego; monitoramento de ambiente de condução; padronização das rodovias.	falta de tecnologia emergentes (ou de ponta); péssimas condições atuais das rodovias; falta de conectividade; privacidade com as informações compartilhadas.	100
	45	83	36	9						0
<b>Transportadoras de cargas.</b>	50	0	25	100	Padronização das tecnologias nas rodovias; apoio na interoperabilidade e de sistema de transporte; planejamento de novas ações; subsídio da implantação dos VAs.	Participação compartilhada.	ANTT.	Contribuição no meio ambiente; redução dos sinistros de trânsito; maior cobertura da internet; tecnologias emergentes nas rodovias; novas leis, legislações ou regulamento.	Falta de conectividade; falta de dados de VA em condições reais de condução; segurança cibernética.	100
	50	100	75	0						0

Grupo / Indicadores	Análise específica: conhecimento sobre CRIs									
5 anos ou +	90	11	90	93	Padronização das tecnologias nas rodovias; apoio a tomada de decisão; apoio na interoperabilidade e de sistema de transporte.	Participação compartilhada.	ANTT ou SENATRA ou DNIT	Redução dos sinistros de trânsito; tecnologias emergentes nas rodovias; Fluidez no tráfego	Conectividade; péssimas condições atuais das rodovias; segurança cibernética; responsabilidade por acidente; aspetos sociais e culturais.	93
	10	89	10	7						7

Fonte: Autor. Cor verde: respostas “sim” e cor vermelha: respostas “não”

Na análise comparativa entre a avaliação geral dos componentes por grau de importância e a avaliação específica dos componentes por grau de importância dividido por grupo, percebe-se que a prioridade entre os grupos muda. Enquanto os grupos dos “acadêmicos”, “agentes regulatórios” e “sociedade” classificaram a conectividade na avaliação por ordem de prioridade como o componente mais importante de um corredor rodoviário inteligente no contexto brasileiro, o grupo de “transportadores de cargas” e o grupo de “5+ anos” pensam que a infraestrutura física é componente mais importante de um CRI. Já as “empresas de consultorias” acreditam que a segurança deve vir em primeiro lugar como componente com maior grau de importância. As classificações completas dos componentes de cada grupo por grau de importância por ordem de prioridade estão descritas no Quadro 4.5.

**Quadro 4.5** Classificação geral x classificação específica por grupo (grau de importância dos componentes)

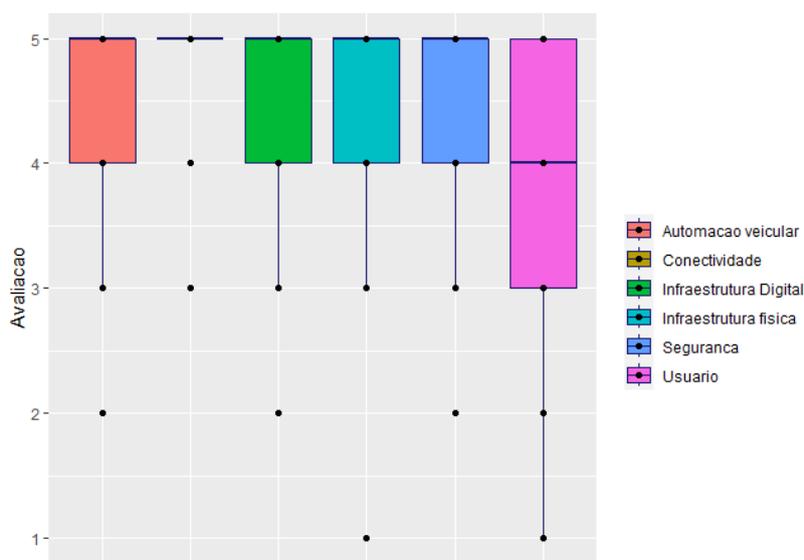
Avaliação geral		Avaliações específicas											
Posição	Componente	Acadêmicos		Agente regulatório		Transportadores de cargas		Empresas de consultoria		Sociedade		5+ anos	
		Posição	Componente	Posição	Componente	Posição	Componente	Posição	Componente	Posição	Componente	Posição	Componente
1	Conectividade	1	Conectividade	1	Conectividade	1	Infraestrutura física	1	Segurança	1	Conectividade	1	Infraestrutura física
2	Segurança	2	Segurança	2	Infraestrutura física	2	Segurança	2	Infraestrutura física	1	Infraestrutura Digital	2	Segurança
3	Infraestrutura física	3	Infraestrutura Digital	2	Segurança	2	Usuário	3	Conectividade	3	Automação veicular	3	Conectividade
4	Infraestrutura Digital	4	Infraestrutura física	4	Infraestrutura Digital	2	Conectividade	3	Automação veicular	4	Infraestrutura física	4	Infraestrutura Digital
5	Automação veicular	5	Automação veicular	5	Automação veicular	5	Infraestrutura Digital	5	Infraestrutura Digital	4	Segurança	5	Automação veicular
6	Usuário	6	Usuário	6	Usuário	6	Automação veicular	5	Usuário	6	Usuário	6	Usuário

#### 4.4. ANÁLISE DOS COMPONENTES POR GRAU DE IMPORTÂNCIA

Nesta sessão é analisada a avaliação da classificação por nível de importância dos componentes identificados e selecionados na seção 3.3. Para isso, foram realizadas duas análises: i) avaliação geral por grau de importância dos componentes; e, ii) avaliação específica por grau de importância de cada componente segundo a visão de cada grupo de especialistas.

##### 4.4.1. Avaliação geral

Na avaliação geral, observa-se na Figura 4.11, que as variáveis “conectividade” e “usuários” têm distribuições simétricas. Isto é, as avaliações estão igualmente distribuídas em torno da mediana. A “conectividade” apresenta a menor variabilidade de todos, enquanto “usuário” tem a maior variabilidade de opinião segundo os especialistas na avaliação da classificação por grau de importância. “Automação veicular”, “infraestrutura física”, “infraestrutura digital” e “segurança” apresentam distribuições assimétricas e dados assimetricamente negativos, isto é, há maior concentração das respostas das avaliações por grau de importância dos respondentes concentradas próximo à zona dos valores mais elevados como apresentada na Figura 4.11.



**Figura 4.11** Análise geral do grau de importância dos componentes na visão de cada grupo de especialistas

#### 4.4.2. Avaliação específica por grau de importância das variáveis por grupo

Esta subseção tem como finalidade de entender como cada diferente grupo, sob a ótica de cada um, avalia e percebe os componentes por grau de importância para classificação dos CRIs na realidade brasileira.

##### a) Componente 1: Infraestrutura física

Percebe-se que tanto para aqueles que atuam há mais de 5 anos na área de transporte como para os outros dois grupos (acadêmicos e os agentes regulatório), embora haja *outliers*, respostas (ou avaliações) fora do contexto, para esses três grupos, o entendimento é o mesmo, com a menor variabilidade possível de opinião (ou avaliação) por grau de importância atribuído ao componente infraestrutura física. No entanto, para a categoria de empresa de consultoria e a sociedade, mesmo concentrando as suas opiniões (ou avaliação) perto da zona dos maiores valores, atribuindo uma importância relevante ao componente infraestrutura física, dentro do grupo da sociedade, a opinião ainda diverge um pouco mais quando comparado à opinião do grupo das empresas de consultoria. Já o último grupo de transportadores de cargas, é o grupo cuja opinião diversifica mais quando o assunto é grau de importância da infraestrutura física como pode se observar na Figura 4.12.

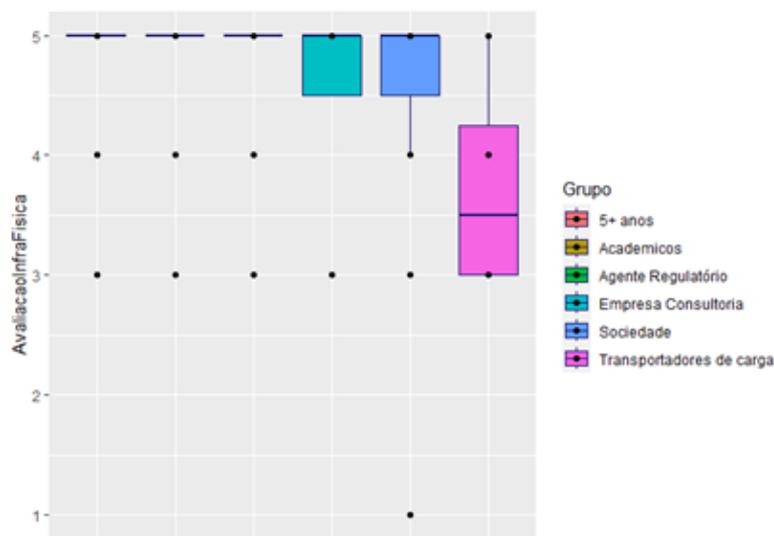
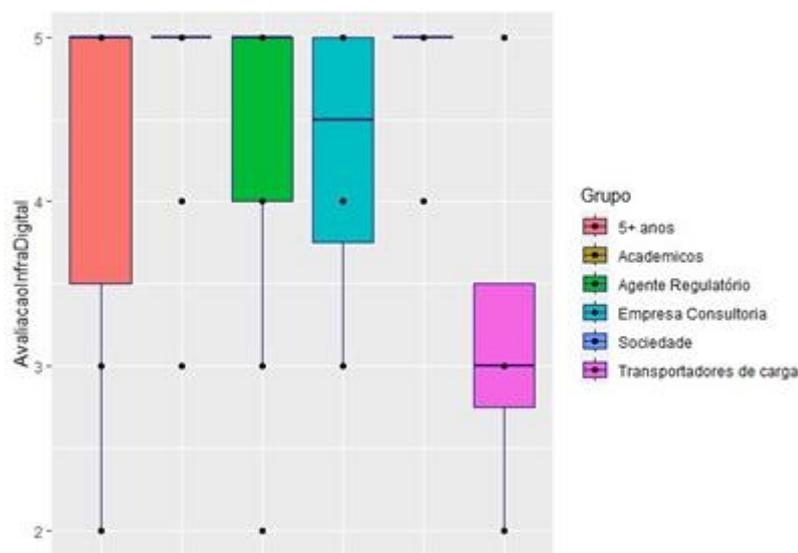


Figura 4.12 Análise específica do componente "infraestrutura física"

## b) Componente 2: Infraestrutura Digital

De todos os grupos analisados sobre o grau de importância do componente infraestrutura digital como mostra a Figura 4.13, somente os acadêmicos e a sociedade compartilham a mesma visão e entendimento sobre o grau de importância deste componente. Para os respondentes da categoria “5+ anos” embora seja atribuído na maioria dos casos o grau de importância elevada para o componente infraestrutura digital, há uma forte variedade de ponto de vista em relação a todos os outros grupos, ou seja, sua percepção ligada ao seu grau de importância não está clara. Do outro lado, a categoria de transportadores de carga foi o grupo que deu menos importância a este componente, tendo a sua mediana igual a 3 e as avaliações assimetricamente positivo.

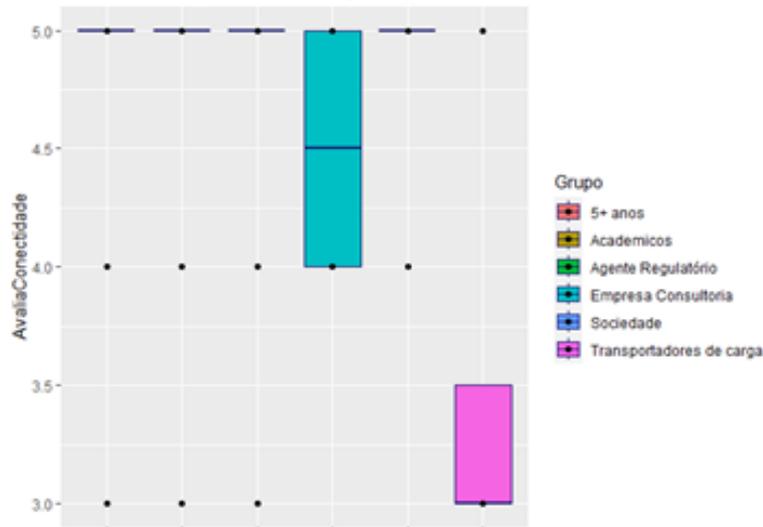


**Figura 4.13** Análise específica do componente "infraestrutura digital"

## c) Componente 3: Conectividade

Para este componente, além de ter a sua pior avaliação cotada a 3 ou seja, nível de importância moderado, também há uma forte homogeneidade sobre o seu entendimento e grau de importância para quatro das seis categorias (os acadêmicos, agentes regulatórios, especialista que atuam a mais de 5 anos na área de transporte e a sociedade) ou seja, não há variabilidade de opinião entre eles. No entanto, o grupo de empresas de consultoria apresenta uma simetria, opinião

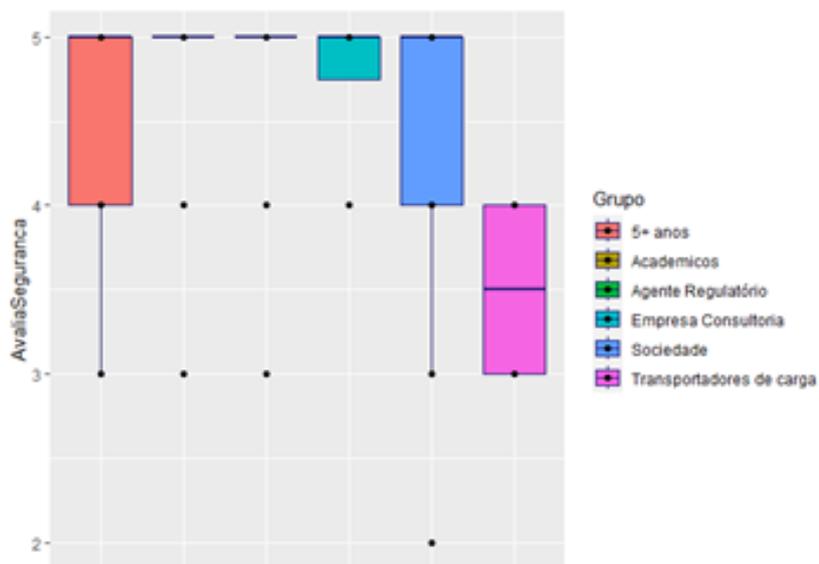
igualmente dividida entre eles no que diz respeito ao grau de importância do componente conectividade, mesmo tendo uma boa avaliação do grau de importância. Os transportadores de carga, se mostraram menos entusiasmados com a conectividade para classificação dos CRI (ver Figura 4.14).



**Figura 4.14** Análise específica do componente "conectividade"

#### d) Componente 4: Segurança

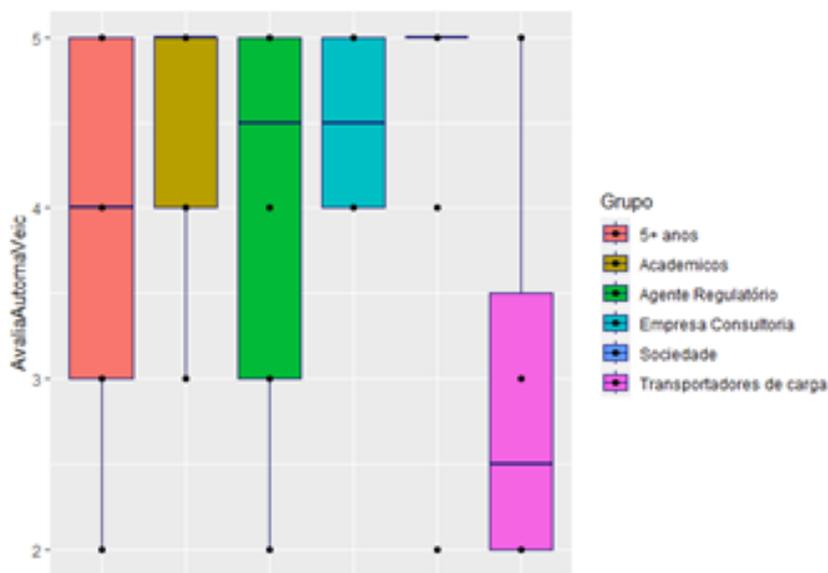
Na sua avaliação do grau de importância os acadêmicos e os agentes regulatórios tiveram uma mesma interpretação sem nenhuma variabilidade no entendimento sobre a segurança. Já as categorias que apresentaram as maiores variabilidades de opiniões foram os grupos de empresa de consultoria e dos respondentes que atuam há mais de 5 anos na área de transporte, categoria de 5+ anos, porém com suas avaliações concentradas nas zonas de maiores valores. Embora os transportadores de cargas tenham uma distribuição simétrica, a sua mediana foi maior do que 3.



**Figura 4.15** Análise específica do componente "segurança"

#### e) Componente 5: Automação veicular

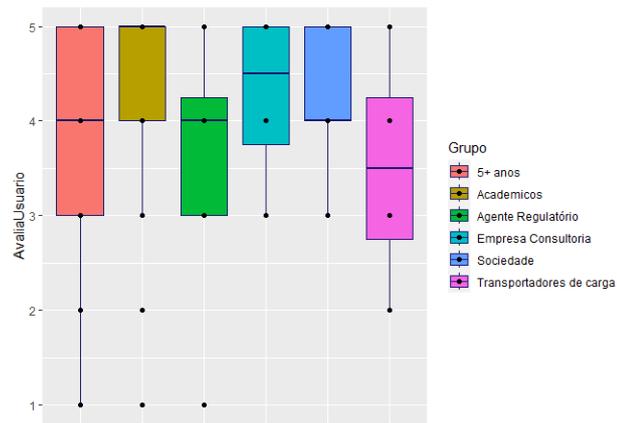
Somente o grupo da sociedade teve sua opinião formada, padronizada e com mediana igual a 5 sem nenhuma variabilidade sobre o grau de importância da automação veicular. As demais categorias tiveram variabilidade, sendo que o grupo de 5+ anos, de agente regulatório e transportadores de cargas tiveram a maior variabilidade de todos. No grupo dos agentes regulatórios embora haja variabilidade, tiveram a melhor mediana. O grupo de 5+ anos teve a sua mediana igual a 4 enquanto a mediana do grupo de transportadores de carga foi inferior a 3 e os dados da sua avaliação, assimetricamente positivos. Em outras palavras, o entendimento do grau de importância para classificação do CRI está concentrada nas zonas de menores valores (ver Figura 4.16).



**Figura 4.16** Análise específica do componente "automação veicular"

#### f) Componente 6: Usuário

É o componente cujo há diversidade de entendimento entre os grupos. Além disso, somente os acadêmicos e a sociedade apresentaram menor variabilidade. Embora esses dois grupos tenham homogeneidade nas suas variabilidades, ou seja, os limites superiores e limites inferiores sejam iguais, a categoria de acadêmicos tem uma distribuição assimétrica negativa, enquanto a categoria de empresas de consultoria tem uma distribuição assimétrica positiva. O grupo com maior variabilidade de opiniões é de 5+ anos, seguidos de transportadores de cargas. Esse último teve a menor mediana de todos (ver Figura 4.17).



**Figura 4.17** Análise específica do componente "usuário"

O Quadro 4.6 apresenta a comparação das opiniões convergentes e divergentes resultantes das análises por grau de importância dos componentes dos CRIs propostos nesta pesquisa na realidade brasileira divididos por grupos.

**Quadro 4.6** Análises das opiniões dos componentes por grupo

<b>Componente</b>	<b>Opinião convergente (por grupo)</b>	<b>Opinião divergente (por grupo)</b>
<b>Infraestrutura física</b>	5+ anos	Empresas de consultoria
	Acadêmicos	Transportadores de carga
	Agente regulatório	Sociedade
<b>Infraestrutura digital</b>	Acadêmicos	5+ anos
	Sociedade	Agente regulatório
		Empresas de consultoria
<b>Conectividade</b>	5+ anos	Empresas de consultoria
	Acadêmicos	
	Agente regulatório	Transportadores de carga
	Sociedade	
<b>Segurança</b>	Acadêmicos	5+ anos
		Empresas de consultoria
	Agente regulatório	Transportadores de carga
<b>Automação veicular</b>		Sociedade
		5+ anos
		Acadêmicos
		Agente regulatório
		Empresas de consultoria
<b>Usuário</b>		Transportadores de carga
		5+ anos
		Acadêmicos
		Agente regulatório
		Empresas de consultoria
		Transportadores de carga
	Sociedade	

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta dissertação buscou identificar e definir os componentes que caracterizam um corredor rodoviário inteligente na realidade brasileira. A pesquisa se baseou nas cinco principais metodologias de classificações de rodovias inteligentes e outros documentos presentes na literatura. Esta pesquisa usa o arcabouço dos especialistas primeiro a partir de uma visão geral de suas opiniões, e segundo do ponto de vista dos especialistas agrupados conforme suas especificidades de atuação.

Para determinar os componentes, se realizou uma revisão sistemática da literatura sobre as infraestruturas rodoviárias inteligentes, onde foi possível identificar três grupos ou grandes linhas de pesquisas (sistema de transporte inteligente cooperativo, operabilidade de corredor rodoviário inteligente e conexão e dispositivo na rodovia) a partir das análises textuais de metadados (ou resumos) por meio da análise de especificidade e a análise fatorial confirmatória das bases de dados *Scopus* e *Web Of Science* e cinco principais esquemas de classificações dos corredores rodoviários inteligentes. Do entendimento das três principais linhas de pesquisas obtidas e da análise das metodologias selecionadas para definir os componentes para classificação dos CRIs, resultou-se ao um total de seis componentes que são: infraestrutura física, infraestrutura digital, conectividade, segurança, automação veicular e usuários.

A conectividade foi o componente bem avaliado por grau de importância na análise geral. No entanto, quando se agrupou os especialistas por áreas de atuações, descobriu-se que a ordem de prioridades muda conforme as avaliações de cada grupo. Assim, constatou-se que para cada grupo existem diferentes visões e vários pontos de vistas quando o assunto é corredor rodoviário inteligente.

De ponto de vista prático, o operador rodoviário está limitado às leis e normas (nacionais ou internacionais) estabelecidos pelos órgãos reguladores onde ele atua. Demonstrando mais preocupação em como deve ser gerenciado e planejado o corredor rodoviário inteligente e o órgão responsável na execução da classificação dos CRIs no Brasil, no caso citando que deve ser a ANTT.

Sabe-se que o ambiente acadêmico trabalha com a pesquisa e entende-se que para esse grupo, a visão ultrapassa os limites das leis e está restrito ao recurso disponível para pesquisas, testes e simulações tanto em ambientes virtuais quanto ambientes fechados e somente depois, adequados aos limites das leis e normas onde o estudo será aplicado. Para os agentes reguladores, as modificações e/ou adaptações das leis e normas (nacionais ou internacionais) dependem das vantagens e/ou benefícios trazidos na área da economia, cultura, tecnologia ou ainda no meio ambiente e para a sociedade em geral.

Para a sociedade e as empresas de consultorias de transporte rodoviário, qualquer classificação que venha a ser desenvolvida precisa ser feita a partir das funcionalidades disponibilizadas ao veículo autônomo, em um trecho de rodovia bem determinado. Para os transportadores de cargas, por ser o grupo que tem mais contato com a infraestrutura rodoviária, quaisquer modificações ou avanços tecnológicos precisam primeiramente garantir a segurança e conforto nas rodovias.

Considerando todos esses pontos de vistas e visões a partir do entendimento dos componentes propostos nesta dissertação, os corredores rodoviários inteligentes podem ser entendidos como rodovias que combina vários tipos de dispositivos que possibilitam a troca de informações por meio de tecnologias de comunicação e informação entre dois polos (origem/destino) ou áreas entre os quais existe, ou se prevê em futuro próximo, um fluxo intenso de tráfego misto ou totalmente automatizado, tendo como seu principal objetivo viabilizar, com economicidade, com qualidade e com segurança a movimentação de pessoas e/ou mercadorias utilizando para isso as tecnologias inteligentes de transporte.

Como implicações teóricas, esta dissertação conseguiu resumir de forma satisfatória e apresentar várias metodologias internacionais, trazendo um entendimento claro na realidade brasileira um conjunto de perguntas nos quais vários avaliadores, de forma propositiva, conseguiram compreender adequadamente o instrumento de pesquisa, responder a pesquisa e dar opiniões válidas sobre o que eles compreendem sobre os componentes para classificação dos corredores rodoviários inteligentes.

Também a partir das metodologias apresentadas foi possível elencar os principais componentes que venham a compor a construção, adequação e classificação completa dos corredores rodoviários inteligentes, incorporando todos os componentes de todas as

principais classificações das rodovias inteligentes e ainda, acrescentar mais um componente, a segurança.

Os componentes das metodologias das classificações dos corredores rodoviários inteligentes podem ser agrupados em três abordagens: “ver a rodovia”, “conversar com a rodovia” e “simplificar a rodovia”. Com o novo componente acrescentado, a segurança, também se adiciona o quarto conceito proposto nesta pesquisa que é de “preservar a rodovia”.

Como recomendações para estudos futuros, esta pesquisa possibilitou a identificação dos componentes para classificação geral dos CRIs, servindo assim de base para quaisquer outras classificações mais específicas para a construção detalhada das variáveis que compõem os componentes para classificação completa dos CRIs no Brasil.

Sugere-se realizar análises estatísticas de teste entre grupos e fazer um levantamento para identificar como os componentes propostos nesta pesquisa estão incluídos dentro da regulamentação da atual gestão de governo que iniciou no 1 de janeiro de 2023 e como as concessionárias de principais rodovias irão incorporar esses componentes para uma avaliação específicas das suas rodovias.

No presente, período no qual está sendo publicada esta pesquisa, o novo governo do Brasil reformulou o antigo Ministério da Infraestrutura da antiga gestão governamental em Ministério de Transporte, Ministério de porto e aviação. Propõe-se descobrir, nas novas políticas que o governo atual está implementando, qual seria o rumo em relação a incorporação dos VAs nas rodovias brasileira.

Solicita-se uma avaliação da agenda política do presente governo a fim de ver a possibilidade ou necessidade de incorporar e/ou estender esse estudo para dar continuidade principalmente a linha de pesquisa/projeto de incorporação dos VAs e modernização das rodovias.

Indica-se que a partir desses componentes, determinar uma ou várias rodovias ou trechos de rodovias para aplicações práticas da metodologia desta dissertação.

Compreende-se que a aplicabilidade desta pesquisa ainda levará tempo para a sua execução no Brasil. As tecnologias ITS avançam constantemente e conseqüentemente o

contexto desta pesquisa na realidade brasileira pode sofrer mudanças conforme a gestão pública e operacional durante a sua execução.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C. T. (2019) Análise de cenários da implantação de veículos autônomos rodoviários de carga no contexto brasileiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, p. 96.

AMBAK, K., ATIQ, R. & ISMAIL, R. (2009) Intelligent transport system for motorcycle safety and issues. *European Journal of Scientific Research*, v. 28, n. 4, p. 600–611.

ANT (2022) Compromissos de Abrangência do Leilão do 5G. Disponível em: <<https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/universalizacao/compromissos-do-leilao-do-5g>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

ARENA, F. & PAU, G. (2019) An overview of vehicular communications. *Future Internet*, v. 11, n. 2, p. 27.

ARRAIS, C. DE S. M. & TACO, P. W. G. (2020) estimativa das emissões de gases de efeito estufa no campus da universidade de Brasília em cenários futuros com veículos autônomos. *Anais do XXXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes–ANPET*, p. 12.

BARAZZETTI, L., PREVITALI, M. & SCAIONI, M. (2020) Roads Detection and Parametrization in Integrated BIM-GIS Using LiDAR. *Infrastructures*, v. 5, n. 7, p. 55

BAY, S. A. J. T. (2016) Innovation adoption in robotics: consumer intentions to use autonomous vehicles. Master's Thesis (Energy, Natural Resources and the Environment). Norwegian school of economics, Bergen, p. 125.

BHAT, A., AOKI, S. & RAJKUMAR, R. (2018) Tools and methodologies for autonomous driving systems. *Proceedings of the IEEE*, v. 106, n. 9, p. 1700–1716.

BRENNAND, C. A., DA CUNHA, F. D., MAIA, G., CERQUEIRA, E., LOUREIRO, A. A. & VILLAS, L. A. (2016) FOX: A traffic management system of computer-based vehicles FOG. In: 2016 IEEE symposium on computers and communication (ISCC). IEEE, 2016. p. 982-987.

CHAN, C.-Y. (2017) Advancements, prospects, and impacts of automated driving systems. *International Journal of Transportation Science and Technology, Safer Road Infrastructure and Operation Management*. v. 6, n. 3, p. 208–216.

CHEN, B., SUN, D., ZHOU, J., WONG, W. & DING, Z. (2017) A future intelligent traffic system with mixed autonomous vehicles and human-driven vehicles. *Information Sciences*, v. 529, p. 59–72.

CHEN, F., SONG, M., MA, X. & ZHU, X. (2019) Assess the impacts of different autonomous trucks' lateral control modes on asphalt pavement performance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 103, p. 17–29.

CNN (2022) Erros humanos contribuem para 8 em cada 10 acidentes em rodovias federais. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/erros-humanos-contribuem-para-8-em-cada-10-acidentes-em-rodovias-federais/>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CNT (2019) Transporte em números: setor contribui para a geração de empregos. Disponível em: <<https://cnt.org.br/agencia-cnt/transporte-numeros-setor-contribui-geracao-empregos>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CNT (2019a) Transporte Rodoviário – Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Disponível em: <<https://cnt.org.br/por-que-pavimentos-rodovias-nao-duram>>. Acesso em: 9 jan. 2023a.

CNT (2019b) A maior e mais completa base de dados sobre infraestrutura rodoviária brasileira. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em: 9 jan. 2023b.

CNT (2021) Pesquisa CNT de Rodovias. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CNT (2021a) Anuário CNT do Transporte. Disponível em: <<https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021/Rodoviario/1-1-/Principais-dados>>. Acesso em: 9 jan. 2023a.

COMBS, T. S., SANDT, L. S., CLAMANN, M. P. & MCDONALD, N. C. (2019) Automated vehicles and pedestrian safety: exploring the promise and limits of pedestrian detection. *American journal of preventive medicine*, v. 56, n. 1, p. 1–7.

COSTA, J. A. F. D. (2019) Análise dos impactos energéticos de veículos autônomos. Tese de mestrado (Faculdade de Ciências integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente), Universidade de Lisboa, Lisboa, p. 102.

DAVIES, C. (2017) Effects of pavement marking characteristics on machine vision technology, in: *Transportation Research Board 96th Annual Meeting*, Washington, District of Columbia, United States, 8-12 January, p. 17–03724.

DINIZ, M. B. D. (2021) Aceitabilidade e intenção de uso na adoção de veículos autônomos rodoviários de carga no contexto brasileiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) — Universidade de Brasília, Brasília, p. 109.

ERS (2020) Electric Road Systems (ERS) Disponível em: <<https://www.ri.se/en/what-we-do/expertises/electric-road-systems>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

FRIEDRICH, B. (2016) The effect of autonomous vehicles on traffic. *Autonomous driving: Technical, legal and social aspects*. Springer, p. 317–334.

GARCÍA, A., CAMACHO-TORREGROSA, F. J. & BAEZ, P. V. P. (2020) Examining the effect of road horizontal alignment on the speed of semi-automated vehicles. *Accident Analysis & Prevention*, v. 146, p. 105732.

GAVANAS, N. (2020) Autonomous Road vehicles: challenges for urban planning in European cities. *Urban Science*, v. 3, n. 2, p. 61.

HAMID, U. Z. A., ZAMZURI, H. & LIMBU, D. K. (2019) Internet of vehicle - IoV applications in expediting the implementation of smart highway of autonomous vehicle: A survey. in: *Performability in Internet of Things*. Springer. p. 137–157.

IBL (2021) 5G NAS RODOVIAS FEDERAIS ibl. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=5G+NAS+RODOVIAS+FEDERAIS+ibl&oq=5G+NAS+RODOVIAS+FEDERAIS+ibl&aqs=chrome.69i57j69i60.3623j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

IMPrensa (2021) NTC&Logística divulga pesquisa do Roubo de Cargas. Portal NTC, 18 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.portalntc.org.br/ntclogistica-divulga-pesquisa-do-roubo-de-cargas-2021/>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

INFRAMIX (2020) Infrastructure Categorization. Inframix EU Project, Disponível em: <<https://www.inframix.eu/infrastructure-categorization/>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

IPPUR (2020) Mapa da motorização individual no brasil. Disponível em: <[https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/wp-content/uploads/2019/09/mapa\\_moto2019v2.pdf](https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/wp-content/uploads/2019/09/mapa_moto2019v2.pdf)>. Acesso em: 9 jan. 2023.

ISO (2019) ISO/TC 204 - Intelligent transport systems. Disponível em: <<https://www.iso.org/committee/54706.html>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

ISO (2021) Intelligent transport systems — Low-speed automated driving (LSAD) systems for predefined routes — Performance requirements, system requirements and performance test procedures. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/73767.html>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

KHAN, H., LUOTO, P., BENNIS, M. & LATVA-AHO, M. (2018) On the application of network slicing for 5G-V2X. In: European Wireless; 24th European Wireless Conference. VDE, p. 1-6.

KIELA, K., BARZDENAS, V., JURGO, M., MACAITIS, V., RAFANAVICIUS, J., VASJANOV, A. & NAVICKAS, R. (2020) Review of V2X-IoT standards and frameworks for ITS applications. Applied Sciences, v. 10, n. 12, p. 4314.

KPMG (2020) Autonomous Vehicles Readiness Index. Disponível em: <<https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2020/06/autonomous-vehicles-readiness-index.html>>. Acesso em: 20 mars 2022.

KUCIEMBA, S. (2019) Connected Roadway Classification System Development. Report number NCHRP, p. 20-24.

LI, C., LUO, Q., MAO, G., SHENG, M. & LI, J. (2019) Vehicle-mounted base station for connected and autonomous vehicles: Opportunities and challenges. IEEE Wireless Communications, v. 26, n. 4, p. 30–36.

LIU, L., YAO, Y., WANG, R., WU, B. & SHI, W. (2020) Equinox: A road-side edge computing experimental platform for cavs. International Conference on Connected and Autonomous Driving (MetroCAD). IEEE, p. 41-42.

MARR, J, SCOTT, B. & ZHANG, A. (2020) Implications of pavement markings for machine vision. Research Report (No. AP-R633-20); Austroads Ltd.: Sydney, Australia.

MINFRA (2020) Inov@BR. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/inovabr/capa>>. Acesso em: 9 jan 2023.

MINFRA (2021) Frota de Veículos. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2021>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

MONTGOMERY, W. D. (2018) Public and private benefits of autonomous vehicles. Disponível em: < <https://avworkforce.secureenergy.org/wp-content/uploads/2018/06/W.-David-Montgomery-Report-June-2018.pdf>>. Acesso em: 08 set 2022.

NELSON, W. (1989) Continuous-curvature paths for autonomous vehicles. In: Proceedings, International Conference on Robotics and Automation. IEEE, p. 1260-1264.

OLIVEIRA, M. P. D. & PIRANI, M. C. (2021). A reforma do código de trânsito brasileiro e a chegada de veículos autônomos: a previsão do “condutor virtual”. Leopoldianum: Revista de Estudos e Comunicações da Universidade Católica de Santos, Santos, 47(131), 111-129.

ONSV (2020) CRESCE O NÚMERO DE MORTES NO TRÂNSITO EM 2020. OBSERVATÓRIO, 2020. Disponível em: <<https://www.onsv.org.br/cresce-o-numero-de-mortes-no-transito-em-2020/>>. Acesso em : 9 jan. 2023.

ONTARIO (2019) Ontario cav ecosystem analysis. Disponível em: <<https://www.ovinhub.ca/wp-content/uploads/2021/04/avin-ecosystem-analysis-final-report-2019.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2023.

ONU (2022) Rapport sur les objectifs de développement durable. Disponível em: < <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/rapports-sur-les-objectifs-de-developpement-durable/> >. Acesso em: 9 jan. 2023.

PIARC (2021) PIARC | Smart Roads Classification. Disponível em: <[https://www.piarc.org/en/order-library/36443-en-Smart Roads Classification](https://www.piarc.org/en/order-library/36443-en-Smart-Roads-Classification)>. Acesso em: 9 jan. 2023.

PIKE, A. M., BARRETTE, T. P. & CARLSON, P. J. (2018) Evaluation of the Effects of Pavement Marking Characteristics on Detectability by ADAS Machine Vision. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP): Washington, DC, USA.

PISSARDINI, R. (2013) Veículos Autônomos: conceitos, histórico e estado-da-arte. Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes–ANPET, p. 13.

POMPIGNA, A. & MAURO, R. (2021) Smart roads: A state of the art of highways innovations in the Smart Age. Engineering Science and Technology, an International Journal., v. 25, p. 100986.

POSSATTI, L. C., GUIDOLINI, R., CARDOSO, V. B., BERRIEL, R. F., PAIXÃO, T. M., BADUE, C., & OLIVEIRA-SANTOS, T. (2019) Traffic light recognition using deep learning and prior maps for autonomous cars. international joint conference on neural networks (IJCNN). IEEE, p. 1-8.

RAD, S. R., FARAH, H., TAALE, H., VAN AREM, B. & HOOGENDOORN, S. P. (2020) Design and operation of dedicated lanes for connected and automated vehicles on motorways: A conceptual framework and research agenda. Transportation research part C: emerging technologies, v. 117, p. 102664.

ROMANO, A. B. & TACO, P. G. (2021) Veículo Autônomo: Uma Visão Geral da Produção Científica baseada na Análise Bibliométrica. *Processos Urbanos*, v. 8, n. 1, p. e516–e516.

ROMANO, A. B. (2021) Impacto da integração de veículo compartilhado autônomo no sistema de transporte público por metrô em Brasília. *Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília*, p. 99.

SAE (2020) Levels of Driving Automation Refined for Clarity and International Audience. Disponível em: <<https://www.sae.org/site/blog/sae-j3016-update>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

SANTOS, L. C. B. (2017) Implantação de veículos autônomos no contexto brasileiro: avaliação dos fatores que influenciam no interesse de uso com equações estruturais. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília. p. 171.

SCHWAB, K. (2019) The Global Competitiveness Report. World Economic Forum. Disponível em: <[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf)>. Acesso 20 dez 2022.

SEUWOU, P., BANISSI, E. & UBAKANMA, G. (2020) The Future of Mobility with Connected and Autonomous Vehicles in Smart Cities. Em: FARSI, M. (Eds.). *Digital Twin Technologies and Smart Cities. Internet of Things*. Cham: Springer International Publishing. p. 37–52.

SILVA, P. H. D. (2020) Modelagem comportamental das reclamações dos passageiros do transporte público de Brasília perante a ocorrência de eventos disruptivos utilizando equações estruturais. *Dissertação (Mestrado em Transportes) —Universidade de Brasília, Brasília*, p. 112.

SILVA, Y. R. M. DA. (2018) Aceitabilidade de uso de veículos autônomos de passeio utilizando modelo comportamental adaptado à realidade brasileira. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) —Universidade de Brasília, Brasília, p. 128.

SIMPSON, J. R., MISHRA, S., TALEBIAN, A. & GOLIAS, M. M. (2019) An estimation of the future adoption rate of autonomous trucks by freight organizations. *Research in Transportation Economics*, v. 76, p. 10073.

TRUBIA, S., SEVERINO, A., CURTO, S., ARENA, F. & PAU, G. (2020) Smart Roads: An Overview of What Future Mobility Will Look Like. *Infrastructures*, v. 5, n. 12, p. 107.

USDOT (2019) Intelligent Transportation System. Disponível em: <<https://www.its.dot.gov/factsheets/AutomationUSDOT.htm>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

USDOT (2020) Signal Phase and Timing (SPaT). Disponível em: <[https://www.google.com/search?q=SPaT+Challenge\\_FINAL&oq=SPaT+Challenge\\_FINAL&aqs=chrome.69i57j69i60.1208j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=SPaT+Challenge_FINAL&oq=SPaT+Challenge_FINAL&aqs=chrome.69i57j69i60.1208j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)>. Acesso em: 13 jan. 2023.

USDOT (2021) Highlighted ITS benefits. Disponível em: <<https://www.itskrs.its.dot.gov/benefits#:~:text=Highlighted%20ITS%20Benefits&text=Featu>>

red%20technologies%20include%20traffic%20and,safety%20and%20reduce%20environmen-  
tal%20impacts.>. Acesso em: 13 jan. 2023.

VEGNI, A. M. & LITTLE, T. D. (2011) Hybrid vehicular communications based on V2V-  
V2I protocol switching. *International Journal of Vehicle Information and Communication  
Systems*, v. 2, n. 3–4, p. 213–231.

WALLASCHEK, J., HONSEL, H. & KLEINKES, M. (2012) Autonomous vehicle front  
lighting systems. *International journal of vehicle autonomous systems*, v. 10, n. 3, p. 256–  
267.

WIEGAND, G. (2019) Benefits and Challenges of Smart Highways for the User. IUI  
Workshops. Disponível em: < <https://ceur-ws.org/Vol-2327/IUI19WS-IUIoT-4.pdf>>. Acesso  
em: 22 set 2022.

YANG, L., YUE, M. & MA, T. (2019) Path following predictive control for autonomous  
vehicles subject to uncertain tire-ground adhesion and varied road curvature. *International  
Journal of Control, Automation and Systems*, v. 17, n. 1, p. 193–202.

ZHENG, K., ZHENG, Q., YANG, H., ZHAO, L., HOU, L. & CHATZIMISIOS, P. (2015)  
Reliable and efficient autonomous driving: the need for heterogeneous vehicular networks.  
*IEEE Communications Magazine*, v. 53, n. 12, p. 72–79.

# APÊNDICE A – ARTIGO: CRI uma revisão sistemática da literatura

XVIII Congresso Rio de Transportes



## CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES (CRIs): UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA UTILIZANDO O MÉTODO PRISMA

**Kevin Masinda Mahema**  
**Pastor Willy Gonzales Taco**

Grupo de Pesquisa Comportamento em Transportes e novas tecnologias - GCTNT  
Programa de pós graduação em transporte - PPGT  
Universidade de Brasília

---

**Resumo:** O Governo Federal do Brasil vem implementando o Programa InovaBR, no intuito de preparar o sistema rodoviário brasileiro no patamar de inovação tecnológica. Nos últimos anos, as inovações tecnológicas, como os veículos autônomos vem motivando pesquisas no âmbito internacional. A fim de adequar a infraestrutura rodoviária a essa nova tecnologia, o presente artigo tem como objetivo fazer uma revisão sistemática da literatura (RSL) para identificar estudos sobre Corredores Rodoviários Inteligentes (CRIs). Para isto, foi utilizado o método PRISMA, análises textuais de metadados e análise bibliométrica. As bases utilizadas foram a Scopus e Web Of Science. Como resultado foram identificados cinco linhas de pesquisas relacionadas com os CRIs considerando cada base de forma independente. Ao se analisar as bases em conjunto foram identificadas três linhas de pesquisas. Constatou-se que os temas relatam os CRIs nos sistemas de transporte inteligente cooperativo; sua operabilidade, e a necessidade de ter sistemas conectados com todos os dispositivos da rodovia.

**Palavras-chave:** Corredor Rodoviário Inteligente. Inovação. InovaBR. Veículos Autônomos,

### 1. INTRODUÇÃO

Na área de transportes, pesquisas e desenvolvimento de tecnologia avançada e sistema de comunicações e informações tem se tornado uma alternativa para solução dos problemas de transportes. Esses tipos de sistemas são geralmente chamados de Sistemas Inteligentes em Transportes. Segundo USDOT (2020) um Sistema Inteligente em Transporte (Intelligent Transport Systems – ITS) é um sistema de tecnologias e avanços operacionais que, quando combinados e gerenciados, melhoram as capacidades de todo sistema de transporte. Assim, um ITS pode ser entendido como um conjunto de componentes dos sistemas de transporte (veículos, usuários, ambiente etc.) e infraestruturas (vias de transporte) que quando combinados, melhoram a mobilidade e a qualidade de vida.

Nos últimos anos, um desses componentes, o veículo, neste caso os veículos autônomos tem começado a movimentar as pesquisas e os investimentos a fim de incorporá-lo no sistema de transportes. O veículo do futuro, sem motorista, robótico ou ainda autônomo são nomes dados aos veículos pessoais, de transporte de bens e/ou passageiros, munidos de um sistema

computacional composto por um conjunto de sensores interligados entre si e atuadores para sensoriar o ambiente, determinar as melhores opções de ação e executar estas tarefas de forma mais segura e confiável do que poderia ser obtido por um condutor humano (PISSARDINI, 2013).

Nos transportes inteligentes, o grande obstáculo é alcançar um sistema de transporte ideal, eficiente para pessoas e bens, um sistema ecologicamente correto, sustentável, econômico, confortável e seguro (CHAN, 2017). Neste sentido SEUWOU (2020) afirma que com a introdução de carros autônomos nas vias, o tempo de viagem, a emissão de gases do efeito estufa e a necessidade de vagas no estacionamento são reduzidos de 30%, 66% e 40%, respectivamente, e que a tecnologia autônoma tem a capacidade de reduzir os acidentes de trânsito em aproximadamente 90%. Chan (2017) apresenta as vantagens de um carro autônomo em três níveis, usuário, o impacto no meio ambiente e a infraestrutura.

Todavia, todas essas vantagens, benefícios e tecnologias não seriam possíveis sem uma infraestrutura, boa, de qualidade e inteligente, dando conta de receber esses veículos. Novas vias e infraestruturas serão necessárias, visto que esses veículos precisam compartilhar informações e comunicar-se com o ambiente ao seu redor, tais como outros veículos e o centro de controle da rodovia, que seria responsável para passar informações em tempo real. Por exemplo, relacionadas à marcação rodoviária e sinalização, mudanças repentinas na pista etc. Esse tipo de estrutura é chamado de infraestrutura inteligente, via inteligente ou corredor inteligente.

No Brasil, segundo pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2019) sobre as rodovias, apresenta que "mais de 60% dos transportes de cargas e mais de 90% dos descolamentos de passageiros no Brasil são feitos por rodovias". Realizar estudos e investimentos em infraestrutura de transporte é fundamental para oferecer segurança aos motoristas, passageiros e pedestres, mas também para favorecer o desenvolvimento do setor de transporte e o crescimento econômico no país.

Nesse sentido, considerando a importância estratégica das rodovias para o Brasil, o Ministério de Infraestrutura - MINFRA vem implantando o Programa InovaBR (BRASIL, 2021) com o intuito de modernizar e tornar as rodovias federais em rodovias inteligentes por meio de um dos três pilares do programa, a inovação. Dessa forma, com a finalidade de contribuir para o avanço de estudos envolvendo as rodovias e os avanços tecnológicos, essa pesquisa tem como objetivo realizar a revisão sistemática da literatura (RSL) sobre Corredores Rodoviários Inteligentes (CRIs) aplicando o método PRISMA, uma análise textual de especificidade e análise fatorial confirmatória (AFC) e indicadores bibliométricos de coocorrência. Como suporte às análises foram utilizados o software IramuTeQ para análise textual e o software VOSviewer para representação dos indicadores bibliométricos.

Este artigo é composto em quatro seções considerando a introdução na primeira seção, a segunda seção apresenta conceitos sobre RSL, na terceira seção os procedimentos empregados para selecionar os documentos e as técnicas utilizadas para analisá-los, e os resultados, e na quarta seção as considerações finais da pesquisa.

## 2. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A revisão sistemática da literatura (RSL) é um método preciso, explícito e sistematizado de buscas que é utilizado para examinar e validar a produção científica disponível sobre um dado tema, assim como possibilita organizar e entender as diversas linhas de pensamento, ideias ou conceitos a partir dos estudos publicados em bases de dados (MATTOS, 2021).

A RSL se apoia em indicadores bibliométricos tais como citação, co-publicação e analisa a coocorrência de palavras-chave nos artigos e nos resumos, elenca as publicações por país/região, entre outros (GIL, 2017). Embora a utilização de indicadores bibliométricos seja a base de qualquer estudo exploratório e uma etapa introdutória da pesquisa científica (MICHEL, 2015), todavia é necessário o suporte da análise textual para discutir sobre os assuntos relacionados a essa pesquisa. Para Antiqueira (2020) a análise textual é uma metodologia de pesquisa qualitativa cujo objetivo principal é gerar novos entendimentos claros sobre as perguntas que norteiam todas as ações do pesquisador relacionado a um determinado assunto.

Existem várias aplicações sobre revisão RSL em diferentes áreas de conhecimentos. Na área de transporte, por exemplo, Aruwajoye e Taco (2019) identificam os fatores que influenciam na prática da Mobilidade Corporativa usando análise de citações. Romano e Taco (2021) apresentam uma visão geral sobre os veículos autônomos usando indicadores de acoplamento bibliográfico.

Ainda, a RSL requer também de protocolos de busca que possam ser replicados com facilidade em qualquer tempo, por diversos pesquisadores e que os resultados da revisão sejam adequadamente estruturados a fim de contribuir no conhecimento do tema em questão e servir como subsídio à pesquisa científica (TACO, 2020). Nesse sentido, o autor sugere a utilização do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), como um instrumento metodológico de sumarização dos resultados da RSL e da meta-análise. Conforme Liberati et al. (2009) o protocolo de declaração PRISMA consiste de uma lista de verificação de 27 itens e um diagrama de fluxo de quatro fases. A lista de verificação inclui itens considerados essenciais para relatórios transparentes de uma RSL.

### 3. MÉTODO, APLICAÇÃO E RESULTADOS

#### 3.1. Aplicação das Quatro Fases do Fluxograma do PRISMA nas Bases de Dados

Na identificação e preparação da pesquisa, como critérios de elegibilidade a busca envolveu documentos disponíveis em inglês, em todas as áreas de conhecimento, nas duas bases de dados acadêmicas selecionadas, Web of Science e Scopus. O período de publicação compreendeu desde a data da primeira publicação até 21 de setembro de 2021, data em que foram realizadas as buscas. A escolha dessas duas bases dá-se pela facilidade de manuseio, extração, exportação e análise dos parâmetros presentes usados para analisar os dados bibliométricos gerados a partir dos documentos publicados tais como, ano de publicação, país ou região, palavras chaves, autores, citações, resumo etc.

A seguir foram montadas as strings de pesquisas com base nas palavras chaves. Primeiramente foi inserido a string 1: ("intelligent" OR "smart") AND ("highway\*" OR "freeway\*" OR ("way to go") OR "city\*" OR "road\*" OR ("smart city infrastructure" OR "SCI")) AND (("intelligent transport\* system\*") OR "ITS") que retornou na web of science 11043 registros e no Scopus 31518 documentos. E depois, foi inserida a string 2 em intersecção com a string 1: TS=(((("intelligent" OR "smart") AND ("highway\*" OR "freeway\*" OR ("way to go") OR "city\*" OR "road\*" OR ("smart city infrastructure" OR "SCI")) AND (("intelligent transport\* system\*") OR "ITS")) AND ALL=("sensor\*" OR ("wireless sensor network") OR "WSN") OR "actuator network\*" OR "device\*")) que retornou 2960 documentos no web of science e 7222 no Scopus.

Logo após, foi acrescida a string 3 em intersecção com a string 1 e 2: TS=(((("intelligent" OR "smart") AND ("highway\*" OR "freeway\*" OR ("way to go") OR "city\*" OR "road\*" OR ("smart

city infrastructure" OR "SCI")) AND (("intelligent transport\* system\*" OR "ITS")) AND ALL=("sensor\*" OR (("wireless sensor network") OR "WSN") OR "actuator network\*" OR "device\*") AND ALL=((("vehicular communication\*") OR ("vehicular AND communication\*")) OR (("vehicular network\*") OR ("vehicular AND network\*")) OR "VANET" OR ("connective vehicle\*" OR ("internet of vehicle\*") OR ("IP addressing" OR "IP") AND ("vehicular network\*")) OR ("I2V" OR "V2V" OR ("V2X" OR ("PAC V2X"))) OR "R2V") OR ("Connected and autonomous vehicle\*" OR "cats") OR ("cooperative" AND "connected" AND ("automated mobility")) OR "C-ITS") OR ("car protocol" OR "vehicle protocol")). Como resultado, uma redução no número de registros para 414 na web of science e 831 no scopus.

Assim, a string principal da busca foi a junção (aplicando a intersecção) entre a string 1, 2, 3 e a string 4, a última inserida: TS=((("intelligent" OR "smart") AND ("highway\*" OR "freeway\*" OR ("way to go") OR "city\*" OR "road\*" OR ("smart city infrastructure" OR "SCI")))) AND (("intelligent transport\* system\*" OR "ITS")) AND ALL=("sensor\*" OR ("wireless sensor network") OR "WSN") OR "actuator network\*" OR "device\*" AND ALL=((("vehicular communication\*") OR ("vehicular AND communication\*")) OR (("vehicular network\*") OR ("vehicular AND network\*")) OR "VANET" OR ("connective vehicle\*" OR ("internet of vehicle\*" OR ("IP addressing" OR "IP") AND ("vehicular network\*")) OR ("I2V" OR "V2V" OR ("V2X" OR ("PAC V2X"))) OR "R2V") OR ("Connected and autonomous vehicle\*" OR "cats") OR ("cooperative" AND "connected" AND ("automated mobility")) OR "C-ITS") OR ("car protocol" OR "vehicle protocol")) AND ALL=("semi autonomous vehicle\*" OR ("self-driving car\*") OR ("automotive vehicle\*" OR "AV" OR ("autonomous vehicle\*") OR ("driverless"))). Finalmente foram obtidos 44 documentos na web of science e 82 no scopus.

Na avaliação de qualidade de estudos (Figura 1), aplicando as strings de buscas e o critério de elegibilidade, levando em consideração títulos e resumos, foram selecionados documentos que pelo menos respondiam a uma das seguintes interrogações da pesquisa: A pesquisa

- a) apresenta uma metodologia para identificação e/ou avaliação dos corredores rodoviários inteligentes?
- b) apresenta vantagem e/ou desvantagem de um corredor rodoviário inteligente?
- c) apresenta a situação atual das inovações em ITS?
- d) contempla questões de legislação e/ou segurança de pessoas e/ou veículos autônomos, conectados e compartilhados em rodovias?
- e) apresenta protocolos de comunicação veicular ou tipo e/ou modelo de conexão veículo com veículos, veículo com infraestrutura, veículo com equipamentos?
- f) trata sobre design de corredor rodoviário inteligente?

Assim, aqueles artigos ou documentos que não responderam a nenhuma das perguntas acima elencadas, foram excluídos. Logo foram extraídas as informações obtidas a partir dos documentos selecionados. Como resultado foram achados um total de 126 documentos após busca nas duas bases de dados.

Um processo complementar foi realizado para identificar "bibliografia cinzenta" ou também entendido como bibliografia que não está presente em bases de dados de artigos. Baseando-se nas referências bibliográficas dos documentos obtidos e buscando em outras bases de dados e endereços eletrônicos governamentais, não presentes na Web of Science e Scopus, foram adicionados 5 Planos *Master* Estratégicos de ITS.

Do total desses documentos (131), 30 foram identificados como duplicados e 3 excluídos após uma breve leitura dos títulos e resumos, pois os artigos não se alinhavam ao tema da pesquisa.

Dos que restaram, 4 foram excluídos por não ter respondido a nenhuma das perguntas de pesquisa. Logo, 94 artigos foram selecionados para a revisão sistemática e análise textual

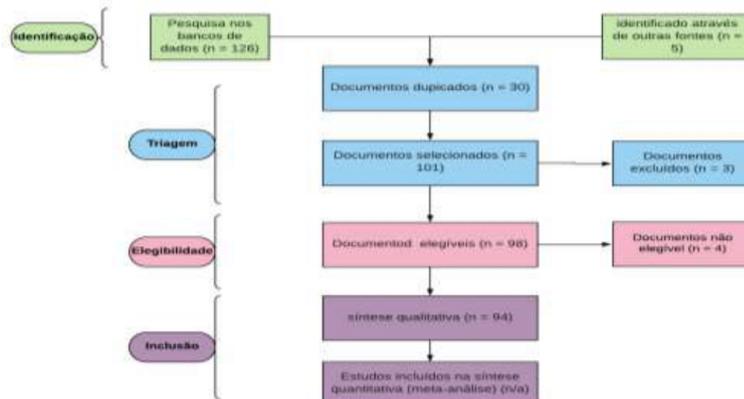


Figura 1: Fluxograma de Quatro Fases do PRISMA aplicado as Bases de Dados

### 3.2. Análise Sistemática da Literatura com Dados Textuais

Para realizar a análise sistemática usando dados textuais foi utilizado o software IramuteQ que trabalha com interface da linguagem R e pode ser expandido a partir da linguagem de programação Python sob licença GNU GPL(v2). O software permite realizar análise textual multidimensional e estatística (CAMARGO, 2013).

No processo, primeiramente foi extraído e montado para cada base de dados um corpus, neste caso assim é conhecido como qualquer arquivo de texto contendo parágrafos introduzidos por quatro estrelas “\*\*\*\*” e seguido de uma variável estrelada (MASINDA, 2020). Logo depois foi criado um único corpus juntando todos os 94 resumos dos documentos selecionados. A primeira análise foi de especificidade e depois a Análise Fatorial Confirmatória (AFC) para cada base de dados de forma separada e depois foi feita a análise juntando todos os resumos das duas bases.

Analisando somente os resumos da base de dados Scopus, detectou-se 5 (classes) linhas de pesquisas de corredores inteligentes (Figura 2): classe 1 - infraestrutura física dos corredores rodoviários inteligentes e mobilidade de carros autônomos; classe 2 - comunicação entre veículos, veículo com infraestrutura e veículo com qualquer equipamento; classe 3 - tipo de dispositivo e conexão; classe 4 - integração dos corredores inteligente com pedestre e bicicletas; classe 5 - eventuais problemas que podem surgir ao implementar um corredor inteligente”.

Ao se realizar a AFC nos resumos da base de dados Scopus (Figura 3), observou-se que a “classe 2” se encontra mais centralizada, isto devido às tecnologias inteligentes que estão sendo desenvolvidas e testadas no mercado. A AFC, na “classe 2” em cor cinza na Figura 3, mostra que a comunicação veicular e a maneira como a informação deve ser compartilhada, devem ser confiáveis e seguras.

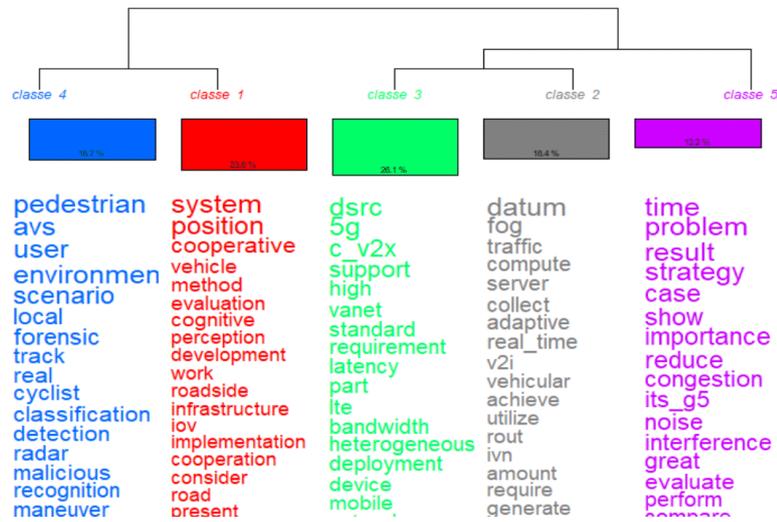


Figura 2: Dendrograma da análise de especificidade (SCOPUS).  
Fonte: Autores (2021)

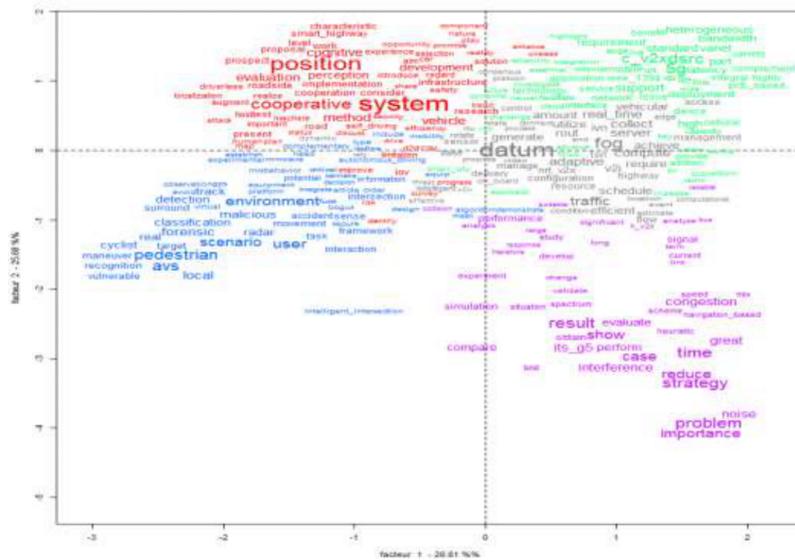


Figura 3 – Análise fatorial confirmatória (SCOPUS).  
Fonte: Autores (2021)

Já para os resumos da base de dados Web Of Science, observou-se também 5 (classes) linhas de pesquisas (Figura 4): classe 1 - mobilidade de carros autônomos; classe 2 - comunicação entre veículos, veículos com infraestrutura e veículos com qualquer coisa; classe 3 - fluxo e

condições na via; classe 4 - infraestrutura física de corredores rodoviário inteligente; classe 5 - tipos de dispositivos e conexão.

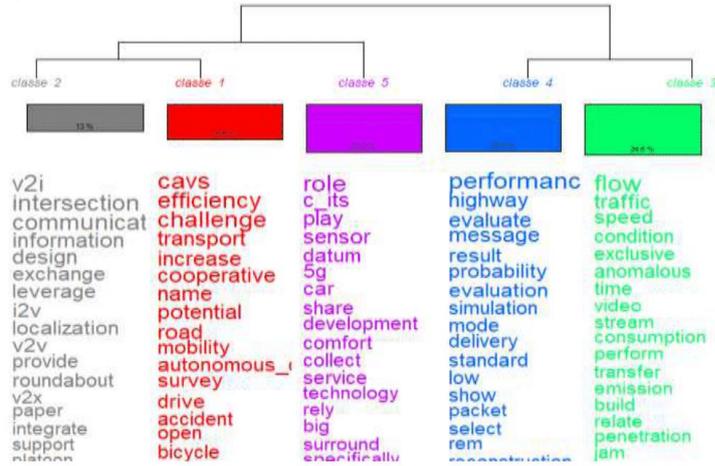


Figura 4 – Dendrograma: análise de especificidade (Web Of Science).  
Fonte: Autores (2021)

Ao se realizar a AFC dos resumos da base de dados Web Of Science, percebeu-se que a informação e a comunicação (em cor cinza) são dois grandes pilares importantes para quaisquer tipos de tecnologias inteligentes e mais ainda ao se tratar do CRIs.

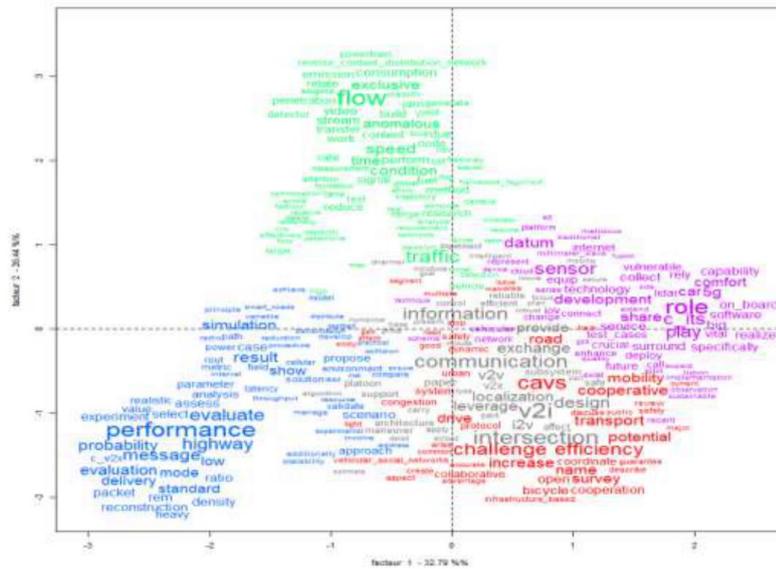


Figura 5 – Análise fatorial confirmatória (Web Of Science).  
Fonte: Autores (2021)

Ao se juntarem os resumos das duas bases de dados, o número de linha de pesquisa diminuiu de 5 para 3 (Figura 6). Observa-se que, as classes de infraestrutura física de corredores rodoviário inteligente e mobilidade de carros autônomos também se juntaram, formando a “classe 1 - sistema de transporte inteligente cooperativo”. Isto porque os veículos autônomos já podem ser considerados como dispositivos conectados que precisam interagir e compartilhar informações diretamente entre si e com a infraestrutura. O que confirma ainda mais a interdependência de operabilidade de carros autônomos com o corredor inteligente, que pode ser considerado como infraestrutura inteligente. A segunda classe de forma independente é a “classe 2 - operabilidade do corredor rodoviário inteligente”. Já as classes de comunicação entre veículos, veículo com infraestrutura e veículo com qualquer coisa se juntaram originando a “classe 3 - conexão e dispositivo”. Isto demonstra claramente que a comunicação e a conexão dos veículos e dispositivos são linhas de pesquisas concomitantes.

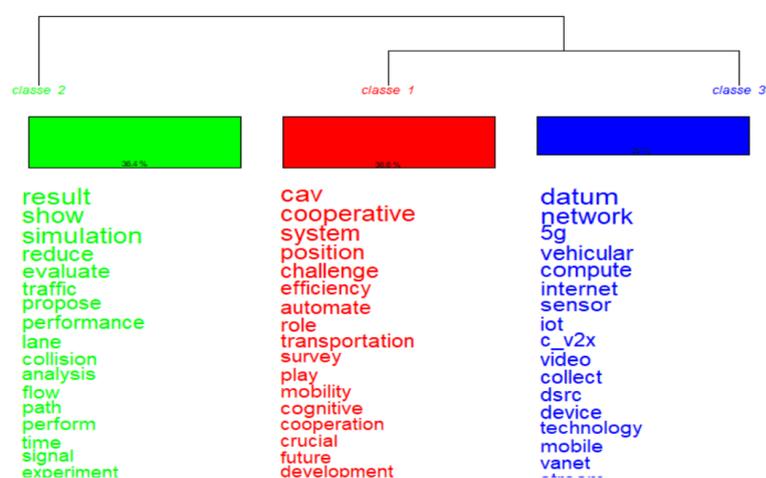


Figura 6 – Dendrograma de análise de especificidade das bases Web of Science e Scopus.

Fonte: Autores (2021)

### 3.3. Análise Bibliométrica usando VOSviewer

Na evolução das publicações e citações até as datas das realizações de busca no Scopus, a primeira publicação foi no ano de 2008. Percebe-se que até o ano de 2016, o número de publicações foi inferior a 5 documentos e das citações menos de 41 no total. Na evolução das publicações, 80% delas ocorreram entre 2017 e setembro de 2021. Já em relação às citações, 100% das citações ocorreram de 2017 em diante. Os cinco países que mais publicaram foram os Estados Unidos da América com 21 publicações, seguido de Reino Unido com 14, China com 10, Japão com 6 e Austrália com 5 publicações. Quanto às instituições acadêmicas que mais publicaram sobre o tema, a “Universidade de Bristol” lidera com 6 publicações, seguida pelo “The Royal Institute of Technology KYH” com 3 documentos e “Carnegie Mellon University” com 3 documentos publicados também. Não foi achada na base de dados acadêmicas Scopus publicação de alguma universidade da América Latina, publicação sobre o tema. Os três autores que mais publicaram são Piechocki, R. J e Tassi, juntos com 6 publicações, seguido de Mavromatis, I.

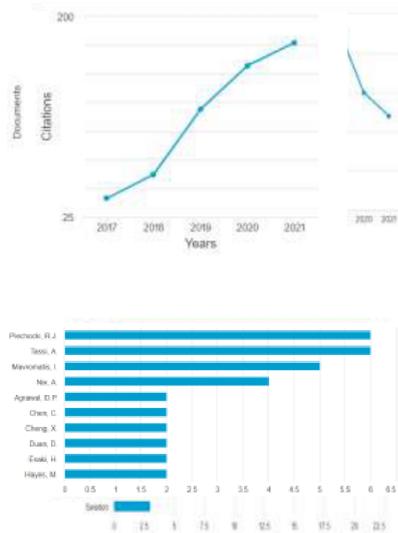
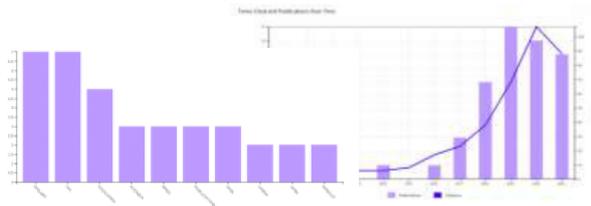


Figura 7 – Publicações, Citações, Região e Autores (SCOPUS).  
Fonte: Autor (2021)

Já em relação a base de dado Web Of Science, a primeira publicação ocorreu no ano de 2010. Até 4 anos atrás, em 2017, o número total de publicações era inferior a 8 documentos e das citações menor que 56 no total. Em contrapartida, 84% das publicações ocorreram entre 2018 e setembro de 2021. Os países que mais publicaram, a Inglaterra e os Estados Unidos da América ocupam o primeiro lugar com 7 documentos, seguida da Coréia do sul com 5 e em terceiro lugar, a China, Espanha, Austrália e o Brasil com 3 documentos respectivamente. No que diz respeito as instituições acadêmicas, a universidade de Bristol ocupa a primeira posição com 3 documentos, seguidas da universidade politécnica de Madrid, universidade de Coimbra e universidade estadual de Campinas com 2 documentos cada. Os três autores que mais publicaram sobre o tema são Piechocki, R. J., Tassi A. e Nick A. com 3 documentos respectivamente.



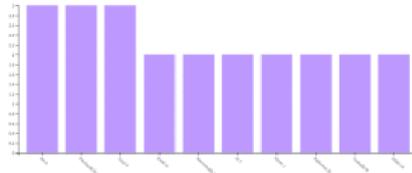


Figura 8 – Publicações, Citações, Região e Autores (Web of Science).  
Fonte: Autor (2021)

Foi realizada análise bibliométrica utilizando o indicador de coocorrência das palavras chaves indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science com suporte do software VOSviewer, com número mínimo de ocorrência das palavras-chaves delimitado a 5 para Scopus e 2 para Web Of Science. Como apresentado na Figura 9, das 971 palavras-chaves no Scopus, somente 47 palavras tiveram a ocorrência maior ou igual a 5. Para cada uma das 47 palavras, foi calculada a força total dos links de coocorrência com outras palavras-chave. As palavras-chave com a maior força total dos links formaram 5 clusters. Os clusters em cor azul representam documentos que tratam sobre o tipo e modelo de conexão em uma cidade inteligente. O cluster de cor verde, aborda documentos que tratam sobre a comunicação entre veículo com veículo, veículo com infraestrutura e veículo com qualquer coisa operada em uma infraestrutura inteligente. O cluster de cor vermelho são documentos que abordam assuntos relacionados aos veículos autônomos, conectado e compartilhado como um componente de um sistema de transporte inteligente. O cluster de cor lilas dedica-se à mobilidade cooperativa e o cluster formado pela cor amarela são estudos sobre segurança e controle de tráfego inteligente.

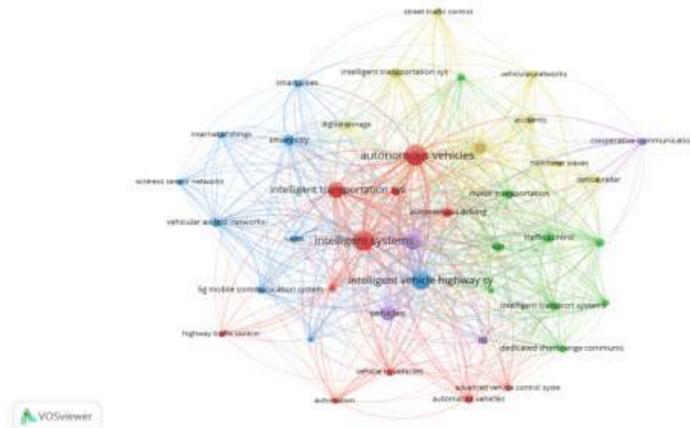


Figura 9 – Mapa de coocorrência das palavras-chaves (SCOPUS)  
Fonte: Autores (2021)

Já como é mostrada na Figura 10, das 266 palavras-chaves no Web Of Science, somente 53 palavras tiveram a ocorrência maior ou igual a 2. Para cada uma das 53 palavras, foi calculada a força total dos links de coocorrência com outras palavras-chave. As palavras-chave com a

maior força total dos links formaram cinco grandes clusters. O cluster em cor verde trata de assuntos relacionados a segurança na via. Os clusters em cor azul (azul forte e azul clara) tratam sobre mobilidade cooperativa com veículos autônomos, conectados e compartilhados e os tipos e modelos de comunicações em uma cidade inteligente. O cluster em cor lilas aborda documentos que trata sobre a rede internet com CAVs. O cluster em cor amarela são documentos que fala sobre o tipo e modelo de tecnologia nos CAVs e o cluster em cor vermelha, aborda documentos que tratam sobre ITS operados com veículos autônomos, conectados e compartilhados.

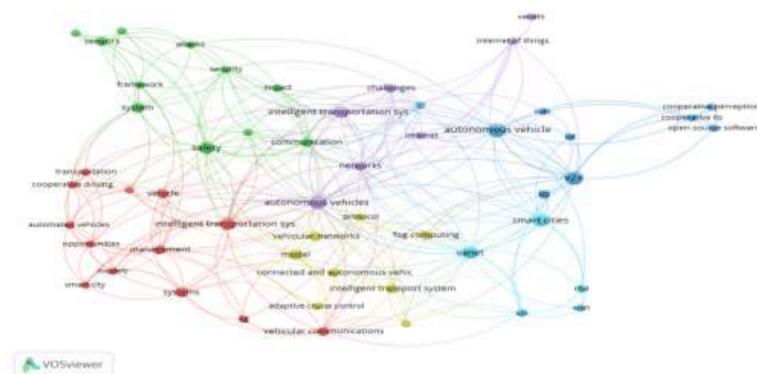


Figura 10 – Mapa de coocorrência das palavras-chaves (Web of Science)

Fonte: Autores (2021)

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Ministério de Infraestrutura - MINFRA no Brasil por meio do seu Programa Federal InovaBR está modernizando e tornando as rodovias federais inteligentes por meio de um dos três pilares do programa, a inovação. Com o objetivo de contribuir no desenvolvimento e no avanço de estudos sobre a modernização das rodovias, esta pesquisa realizou uma revisão sistemática da literatura (RSL) com foco sobre Corredores Rodoviários Inteligentes (CRIs).

Foi aplicado o método PRISMA, e duas abordagens complementares para a análise bibliométrica. A primeira aborda análises textuais de metadados através de análise de especificidade e da Análise Fatorial Confirmatória (AFC) e a segunda, usa o indicador de coocorrência das palavras chaves. Nas duas abordagens empregadas, o estudo identificou cinco grandes linhas de pesquisas em cada base de dados selecionada. Ao analisar em conjunto os resumos dos documentos presentes nas duas bases de dados foram obtidos três linhas de pesquisa.

Do entendimento das três linhas de pesquisas relacionadas com CRIs, percebe-se que o conceito de rodovia inteligente nos estudos extrapola o entendimento de ser simplesmente uma estrutura física que irá receber os veículos autônomos. Esta estrutura inteligente além de contribuir na melhoria do fluxo e na segurança das pessoas e bens, precisará comunicar-se e compartilhar informações em tempo real com todos os componentes presentes na infraestrutura, e, assim, trazer ganhos reais para a economia e para a sociedade.

**REFERÊNCIAS**

- Aruwajoye, A. O., & Taco, P. W. G. (2019). Fatores que influenciam na Prática da Mobilidade Corporativa: Uma Revisão Bibliométrica. In Anais do 33o Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte.
- Macarena, B. et al. (2021). Food Plastic Packaging Transition towards Circular Bioeconomy: A Systematic Review of Literature. *Sustainability*13.7 (2021): 3896.
- Mattos, P. C. (2021). Citação de referências e documentos eletrônicos. Biblioteca prof. Paulo de Carvalho Mattos Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>. Acesso em: 04 out. 2021.
- Camargo, B. V. and Justo, A. M. (2013). IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em psicologia* 21.2; 513-518.
- Chan, Ching-Yao. (2017). Advancements, prospects, and impacts of automated driving systems. *International journal of transportation science and technology* 6.3: 208-216.
- Chehri, Abdellah, and Hussein T. Mouftah. "Autonomous vehicles in the sustainable cities, the beginning of a green adventure." *Sustainable Cities and Society*51 (2019): 101751.
- Antiqueira, L. S.; Machado, C. C. (2020). Análise textual discursiva na pesquisa sobre formação de professores de matemática. *Revista Pesquisa Qualitativa*, v. 8, n. 19, p. 863-888, 2020
- Pissardini, R. S., Wei, D. C. M. and Fonseca Júnior, E. M. (2013). Veículos Autônomos: conceitos, histórico e estado-da-arte. Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes–ANPET.
- Gil, A. C. et al. (2002) Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas.
- Michel, M. H. (2017). Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais: um guia prático para acompanhamento de trabalhos monográficos.
- Moher, D. et al. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine* 6.7 (2009): e1000097.
- Plano Master JPO ITS 2020-2025. Disponível em: [https://www.its.dot.gov/stratplan2020/ITSJPO\\_StrategicPlan\\_2020-2025.pdf](https://www.its.dot.gov/stratplan2020/ITSJPO_StrategicPlan_2020-2025.pdf). Acessado em: 02 out. 2021
- Romano, A. B. & Taco, P. W. G. (2021). Veículo Autônomo: Uma Visão Geral da Produção Científica baseada na Análise Bibliométrica. *Procesos Urbanos*. 8(1):e516. <https://doi.org/10.21892/2422085X.516>
- Seuwou, P., Banissi, E. and Ubakanma, G. (2020). The future of mobility with connected and autonomous vehicles in smart cities. *Digital Twin Technologies and Smart Cities*. Springer, Cham, 2020. 37-52.
- Taco, P. W. G. (2020). Prática Científica. Apostila das Aulas da Disciplina Prática Científica. Programa de Pós-Graduação em Transportes. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, UnB, Brasília - DF.
- Williams, M. PROMETHEUS-The European research programme for optimising the road transport system in Europe. *IEE Colloquium on Driver Information*. IET, 1988.

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO

# Classificação dos Corredores Rodoviários Inteligentes

\* Required

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Metodologia para identificação e classificação dos corredores rodoviários inteligentes e sustentáveis  
- CRIS

**Pesquisador: Kevin Masinda Mahema.**

**Orientador: Prof. Pastor Willy Gonzales Taco.**

Programa de pós graduação em Transportes / PPGT

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - ENC

Universidade de Brasília - UnB

1. A presente pesquisa tem como objetivo coletar dados e informações para desenvolver uma metodologia de identificação e classificação de Corredores Rodoviários Inteligentes e Sustentável (CRIS) que subsidie no processo de implementação dos veículos autônomos de passeio e carga nas rodovias brasileiras.

Ao participar desta pesquisa a Sra. (Sr.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, espera-se que este estudo traga informações importantes sobre as variáveis que caracterizam uma rodovia inteligente e os indicadores para classificá-lo em escalas/níveis da inteligência e sustentabilidade.

Todos os dados e informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Os resultados serão disponibilizados de forma agregada impossibilitando a identificação individual dos respondentes. A Sra. (Sr.) tem plena liberdade de desistir em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo. Sempre que desejar poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do e-mail do pesquisador e/ou orientador do projeto: [kevinmasinda16@gmail.com](mailto:kevinmasinda16@gmail.com) e/ou [pastor@unb.br](mailto:pastor@unb.br). \*

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida(o), manifesto meu consentimento em participar da pesquisa. Declaro ter lido e concordado com o termo de consentimento, e autorizo a realização da pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

## CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES

Esta seção tem como objetivo abordar algumas perguntas sobre o conceito, vantagens e desafios da classificação dos corredores rodoviários inteligentes e sustentáveis - CRIS para receptibilidade dos veículos autônomo - VA nas rodovias brasileiras.

2. Você sabia que o Brasil está trabalhando com o programa Inov@BR e um dos pilares do programa é a tecnologia ? \*

O programa **Inov@BR** é dedicado à modernização das principais rodovias federais públicas e concedidas, que tem como foco a segurança viária, a fluidez e a tecnologia, instituído pelo **Decreto nº 10.648/2021**, e está em consonância com as diretrizes do Plano Setorial de Transportes Terrestres (em elaboração) e com a Política Nacional de Transportes.

Sim

Não

3. De que forma você ouviu falar sobre o Inov@Br ? \*

Internet / Redes Sociais.

Palestra.

Faculdade.

Conversa com amigos / familiares.

Faz parte do meu cotidiano ou trabalho.

Televisão.

Other

4. Você já ouviu falar em veículo autônomo - VA ? \*

- Sim
- Não

5. De que forma você ouviu falar sobre o Veículo Autônomo - VA ? \*

- Internet / Redes Sociais.
- Palestra.
- Faculdade.
- Conversa com amigos / familiares.
- Faz parte do meu cotidiano ou trabalho.
- Televisão.
- Other

6. Você acha que atualmente no Brasil existem estes tipo de veículos já em circulação ? \*

Os veículos autônomos são aqueles que oferecem algumas funções autônomas importantes de condução e uma direção sem qualquer interferência humana.

- Não
- Sim

7. Você já ouviu falar sobre a classificação dos veículos autônomos - VAs ? \*

Os veículos autônomos são categorizados quanto a sua complexidade e grau de autonomia.

Não

Sim

8. Você sabia que um veículo autônomo - VA pode transitar em rodivas urbanas como em rodovias entre as cidades? \*

Sim

Não

9. Já pensou em um veículo autônomo - VA circulando, por exemplo, nas rodovias que ligam as cidades de Rio de Janeiro - São Paulo ou Brasília - Goiânia ? \*

Sim

Não

10. Você sabia que os veículos autônomos - VAs podem se conectar entre si, com outros dispositivos conectados à internet e com a infraestrutura compartilhando informações e dados ? \*

Sim

Não

11. No seu entendimento, um veículo autônomo - VA transitando pela rodovia ele pode ajudar em quê ? \*

Redução de sinistros de trânsito.

Redução da poluição no trânsito.

Melhoria na fluidez de tráfego.

Melhor aproveitamento de tempo no trânsito.

Redução de infrações de trânsito.

Redução da necessidade de vagas de estacionamento.

Other

12. Na sua opinião, como deve ser o fluxo de tráfego de veículos autônomos transitando nas rodovias com veículos convencionais ? \*

- Fluxo de tráfego misto sem necessidade de faixa exclusiva.
- Fluxo de tráfego misto porém deve ter faixas exclusivas.
- Fluxo exclusiva (não podem transitar com veículos convencionais.)

13. Você sabia que podem ter rodovias nas quais transitem veículos autônomos ou veículos autônomos com outros veículos convencionais em um fluxo de tráfego misto ? \*

Entende-se **fluxo de tráfego misto** como o compartilhamento do mesmo espaço e condições na circulação de veículo autônomo e veículo convencionais em uma via.

- Não
- Sim

## CORREDORES RODOVIÁRIOS INTELIGENTES

Esta seção tem como objetivo abordar alguns conceitos sobre a classificação dos corredores rodoviários inteligentes - CRI, seus indicadores, os desafios e vantagens para receptibilidade dos veículos autônomos - VAs nas rodovias brasileiras.

14. Você já ouviu falar sobre rodovias inteligentes ? \*

- Não
- Sim

15. De que forma você ouviu falar sobre as rodovias inteligentes ? \*

- Internet / Redes sociais
- Faz parte do meu cotidiano ou trabalho.
- Palestra.
- Faculdade.
- Conversa com amigos / familiares.
- Televisão.
- Other

16. Na sua opinião, você acha que existem algumas rodovias inteligentes no Brasil ? \*

Sim

Não

17. Qual é o nome dessa rodovia ? \*

18. Você sabia que em outros países já estão sendo desenvolvidos corredores rodoviários inteligentes para veículos autônomos ? \*

Os **corredores rodoviários inteligentes** são constituídos por rodovias que têm como origem/destino dois polos ou áreas entre os quais existe, ou se prevê em futuro próximo, um fluxo intenso de tráfego. Seu principal objetivo é viabilizar, a custos reduzidos e com qualidade, a movimentação de mercadorias e/ou pessoas utilizando para isso as tecnologias inteligentes no transporte.

Não

Sim

19. Você acha necessário ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs no Brasil ? \*

Não

Sim

20. Na sua opinião, quais seriam os benefícios e/ou vantagens de se ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs no Brasil ? \*

Pode marcar mais de uma alternativa como resposta.

- Redução dos sinistros de trânsito.
- Pelotões de caminhões
- Padronização da infraestrutura rodoviária alcançada por meio da classificação.
- Maior cobertura da internet nas rodovias.
- Mobilidade compartilhada.
- Gestão de tráfego.
- Contribuição ao meio ambiente.
- Melhoria na fluidez de tráfego.
- Redução de congestionamento.
- MaaS (Mobilidade as a Service).
- Marcos regulatórios (novas legislações/regulamentos).
- Monitoramento de ambiente de condução.
- Tecnologia emergente nas rodovias.
- Other

21. Na sua opinião, quais seriam os desafios e/ou barreiras de se ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs no Brasil ? \*

**Domínio de Design Operacional - ODD** refere-se às "condições operacionais sob as quais um determinado sistema de automação de direção ou recurso do mesmo é projetado especificamente para funcionar, incluindo, mas não limitado a ambiente, geografia e tempo de operação (restrições diárias e/ou presença ou ausência necessária de certas características do tráfego ou da via).

Pode marcar mais de uma alternativa como resposta.

- Péssimas condições das rodovias.
- Segurança cibernética.
- Falta de legislação/regulamento no momento para os veículos autônomos.
- Privacidade com as informações / dados compartilhados.
- Responsabilidade por acidentes.
- Volume de dados gerados
- Conectividade (falta de cobertura da rede 4G/5G nas rodovias).
- Falta de tecnologias de pontas (ou emergentes).
- Coexistência de veículo convencional com veículo autônomo - VA
- Falta de esquema de classificação de domínio de Design Operacional - ODD
- Aspecto social, cultural ou comportamental.
- Falta (ou indisponibilidade) de dados de VA em condições reais de condução.
- Other

22. Na sua opinião, você acha necessário que os fabricantes dos veículos explicitem seus Domínios de Design Operacionais - ODDs para servir de base para determinar as Seções Rodoviárias Operacional - ORS para classificação dos corredores rodoviários inteligentes ? \*

**Seção Rodoviária Operacional – ORS** pode ser compreendido como uma parte de estrada que suporta a automação para qualquer tipo de automação de direção com Domínio de Design Operacional - ODD explícito.

**Domínio de Design Operacional - ODD** refere-se às condições operacionais sob as quais um determinado sistema de automação de direção ou recurso do mesmo é projetado especificamente para funcionar, incluindo, mas não limitado a ambiente, geografia e tempo de operação (restrições diárias e/ou presença ou ausência necessária de certas características do tráfego ou da via).

Não

Sim

23. Na sua opinião, como os órgãos regulatórios públicos devem participar para implementação de um sistema de classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil ? \*

Participação direta.

Participação indireita.

Participação compartilhada.

24. Na sua opinião, qual é o órgão regulatório habilitado a implementar a política de um sistema de classificação dos Corredores Rodoviários Inteligentes ? \*

Congresso Nacional

MInfra

Setor privado.

SENATRAN

DNIT

ANTT

Other

25. Na sua opinião, porque seria importante ter uma classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil ? \*

Please select at most 5 options.

- Apoiar a interoperabilidade de sistema de transporte.
- Padronizar as tecnologias nas rodovias.
- Apoiar na tomada de decisão de investimento, política e estratégico.
- Comparar as regiões.
- Planejar novas ações.
- subsidiar na implementação dos veículos autônomos - VAs
- Other

26. Na sua opinião, como a indústria automobilística e as empresas privadas de gestão de rodovias podem participar para implementação de um sistema de classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil ? \*

27. Na sua opinião, identifique em ordem crescente os aspectos mais importantes e necessários para se classificar um corredor rodoviário inteligente ? \*

Infraestrutura física
Infraestrutura digital
Conectividade
Usuário
Segurança
Nível de automação veicular

28. Você acha que existem outros aspectos importantes e necessários que não foram identificados na pergunta anterior para se classificar um corredor rodoviário inteligente ? \*

- Sim
- Não

29. Quais são esses aspectos ? \*

30. Na sua opinião, quais são os elementos importantes e indispensáveis que um corredor rodoviário deve possuir para ser considerado inteligente ? \*

31. O aspecto infraestrutura física inclui os indicadores abaixo, você está de acordo com eles ? \*

A tipologia da estrada; o desenho geométrico da estrada; as características do pavimento; a sinalização viária; limite de velocidade; velocidade operacional e todos os outros aspectos físicos relacionados à estrada e seu ambiente.

OBS: Selecione a opção "outra" para comentários e/ou sugestões de indicadores.

- Não
- Sim
- Other

32. Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto "**infraestrutura física**" para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs ? \*

1 - estrela significa pouco importante  
5 - estrelas significa muitíssimo importante



33. O aspecto infraestrutura digital inclui os indicadores abaixo, você está de acordo com eles ? \*

Disponibilidade de informações para motorista e veículo; presença e tipologia de sinais de mensagens variáveis; existência de mapas dinâmicos e inventários; sinalização digital e sensores rodoviários; informações e dados meteorológicos e de tráfego; portos seguros e unidades de beira de estrada (RSUs); pagamento eletrônico e pedágio automático.

OBS: Selecione a opção "outra" para comentários e/ou sugestões de indicadores.

- Não
- Sim
- Other

34. Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto "**infraestrutura digital**" para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs ? \*

1 - estrela significa pouco importante  
5 - estrelas significa muitíssimo importante



35. O aspecto conectividade inclui os indicadores abaixo, você está de acordo com eles ? \*

Recursos de conectividade da estrada incluindo V2I; C-V2X e cobertura da rede 4G/5G.

*OBS: Selecione a opção "outra" para comentários e/ou sugestões de indicadores.*

- Não
- Sim
- Other

36. Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto "**conectividade**" para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs ? \*

1 - estrela significa pouco importante  
5 - estrelas significa muitíssimo importante



37. O aspecto usuário inclui os indicadores abaixo, você está de acordo com eles ? \*

socorro médico; socorro mecânico; combate ao incêndio; apreensão de animais; bases de atendimento aos usuários; centros de controle operacionais - CCOs; faixa de travessia de pedestre com sinalização de acessibilidade; semáforo inteligente.

*OBS: Selecione a opção "outra" para comentários e/ou sugestões de indicadores.*

- Não
- Sim
- Other

38. Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto "**usuário**" para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs ? \*

1 - estrela significa pouco importante  
5 - estrelas significa muitíssimo importante



39. O aspecto segurança inclui os indicadores abaixo, você está de acordo com eles ? \*

área da via coberta por câmera de vigilância digital; confidencialidade de dados; detecção e prevenção aos ataques cibernéticos; fiscalização (móvel / portátil).

OBS: Selecione a opção "outra" para comentários e/ou sugestões de indicadores.

- Não
- Sim
- Other

40. Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto "**segurança**" para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs ? \*

1 - estrela significa pouco importante  
5 - estrelas significa muitíssimo importante



41. O aspecto automação veicular inclui os indicadores abaixo, você está de acordo com eles ? \*

Todos os indicadores relacionada com a classificação SAE de nível de automação dos veículos autônomos.

OBS: Selecione a opção "outra" para comentários e/ou sugestões de indicadores.

- Não
- Sim
- Other

42. Na sua opinião, em uma escala crescente de 0 a 5, quão importante você avalia o aspecto "**automação veicular**" para classificação dos corredores rodoviários inteligentes para implementação dos veículos autônomos - VAs ? \*

1 - estrela significa pouco importante  
5 - estrelas significa muitíssimo importante



43. Você está de acordo com os objetivos abaixo propostos nesta pesquisa para classificação dos corredores rodoviários inteligentes no Brasil ? \*

	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
<p><b>Simplicidade</b> : para garantir a compreensão de todos os usuários.</p>	<input type="radio"/>				
<p><b>Linguagem clara:</b> para favorecer a comunicação entre as partes interessadas.</p>	<input type="radio"/>				
<p><b>Dinâmico:</b> para se ajustar ao grau da inteligência atribuído após variações rápidas no meio ambiente e nos fatores operacionais.</p>	<input type="radio"/>				
<p><b>Flexível:</b> para se adaptar aos avanços e variações súbitas da tecnologia.</p>	<input type="radio"/>				
<p><b>Útil:</b> para apoiar a sua aplicação pelas administrações rodoviárias ou operadores rodoviários.</p>	<input type="radio"/>				

44. Qual é seu comentário a respeito dos objetivos propostos acima (na pergunta anterior) \*

**Integração:**

para possibilitar a transição/atualização do sistema de classificação dos CRIS.

**Disponibilidade:**

para dados de qualidade disponíveis ou possibilidade de iniciar um processo de monitoramento seguro e confiável para disponibilizar os dados no futuro.

## DADOS PESSOAIS

45. Qual é seu gênero ? \*

- Feminino
- Masculino
- Outro

46. Qual é o seu nível de escolaridade ? \*

- Médio Incompleto
- Médio Completo
- Superior Incompleto
- Superior Completo
- Pós-Graduação

47. Qual categoria profissional você pertence ? Especifique em caso de outro por favor. \*

- Acadêmico (aluno).
- Acadêmico (professor).
- Agente Regulatório.
- Concessionária rodoviária.
- Indústria automobilístico.
- Empresa de consultoria de transporte.
- Motorista (caminhoneiro).
- Transportador autônomo rodoviário de carga.
- Transportador de empresas rodoviária de carga.
- Transportador de cooperativa rodoviária de carga.
- Transporte público inter-regional.
- Other

48. Na área de transporte, há quanto tempo você se desempenha ? \*

- Menos de 1 ano
- 1 - 3 anos
- 3 - 5 anos
- 5 - 8 anos
- 8 - 10 anos
- 10+ anos

49. Tem algum especialista que você gostaria nos recomendar para discutir sobre o tema ? \*

- Não
- Sim

50. Quais são seus dados ? (Nome completo, instituição e e-mail) \*