



Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Informática

Graduação em Sistemas da Informação

**Um Estudo Sistemático Sobre Aplicação  
das Tecnologias da Internet das Coisas  
Empregadas no Contexto de Trânsito**

Edelson Lourenço Cavalcanti Junior

Trabalho de Graduação

Recife  
26/11/2019

Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Informática

Edelson Lourenço Cavalcanti Junior

**Um Estudo Sistemático Sobre Aplicação das Tecnologias da  
Internet das Coisas Empregadas no Contexto de Trânsito**

*Trabalho apresentado ao Programa de Graduação em Sistemas da Informação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas da Informação.*

Orientadora: *Profa. Jéssyka Flavyanne Ferreira Vilela*

Recife  
26/11/2019

# Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer à minha mãe Marlene de Oliveira Cavalcanti que sempre me direcionou para o caminho certo, pois é por causa dela que eu sou quem sou. Gostaria de agradecer também à minha tia, mãe e madrinha Luzinete de Oliveira Cavalcanti que durante esta jornada me apoiou, me deu forças e motivações. Gostaria de agradecer meu melhor amigo, companheiro e irmão, Ednelson Luan Lourenço Cavalcanti, por sempre estar ao meu lado, dando apoio, conselhos e nunca ter deixado de acreditar em mim. Agradeço também à minha namorada Nicole Gerórgia Correia Galvão por ter ficado ao meu lado me apoiando durante todo o trabalho.

Agradeço profundamente à minha orientadora Jéssyka Flavianne Ferreira Vilela, que me guiou, teve paciência durante este processo do TG, através dela obtive um enorme conhecimento que vou levar para a vida.

Agradeço a todos os meus amigos que estão comigo até hoje. Ao longo da minha jornada, vocês sempre me apoiaram, estiveram ao meu lado, e hoje são lembrados. Agradeço aos meus amigos do Avantia Labs, Igor Sodré, Gervásio Neto, Dandhara Ribeiro, Douglas Henrique, Alberes Ferreira e Danilo Alfredo que me auxiliaram e me motivaram durante todo o caminho.

*Life opens up opportunities for you, and you either take them or you are afraid of taking them.*

—JIM CARREY

# Resumo

**Contexto:** No Brasil, entre 1996 e 2015, morreram 21.057.086 pessoas, das quais 2.656.875 por Causas Externas. 733.120 dessas causas externas foram causadas por Acidentes de Transporte Terrestre (ATT). Neste contexto, as tecnologias da Internet das Coisas, do inglês, Internet of Things (IoT), vem sendo utilizadas para contribuir com a redução de acidentes de trânsito. Internet das coisas é o termo usado para a combinação de tecnologias onde objetos podem comunicar-se com outros objetos através da Internet. Dentre essas tecnologias, pode-se citar sensores de anticolisão em carros, detectores de proximidade e dispositivos de troca de informações entre os carros. **Objetivo:** Este trabalho visa investigar como tecnologias da IoT vem sendo utilizadas no contexto do trânsito e seu respectivo potencial para minimizar a problemática de segurança no trânsito. **Método:** Para investigar os estudos existentes nessa temática, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). **Resultados:** Através da pesquisa, foram selecionados 29 estudos que mencionam 14 tecnologias que podem auxiliar na redução de acidentes de trânsito. Dentre as tecnologias encontradas, destacaram-se as redes ad-hoc veiculares, do inglês Vehicular Ad-hoc Network (VANET), por serem bastante referenciadas nos estudos encontrados. **Conclusão:** Através da RSL, vários artigos que apresentam possíveis soluções para o auxílio na redução de mortes no trânsito foram selecionados. Contudo, foram encontrados alguns impedimentos para que tais propostas sejam usadas na prática, sendo uma delas, o comportamento humano, um dos principais fatores de risco no trânsito.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas, Redução de Acidentes, Trânsito, Cidades Inteligentes, Carros Inteligentes.

# Abstract

**Context:** In Brazil, between 1996 and 2015, 21,057,086 people died, of which 2,656,875 from external causes. 733,120 of these external causes, were caused by Land Transport Accidents (LTA). In this context, technologies of Internet of Things (IoT) have been used to contribute to the reduction of traffic accidents. IoT is the term used for combining technologies where objects can communicate with other objects over the Internet. These technologies include car anti-collision sensors, proximity detectors and information exchange devices between cars. **Objective** This paper aims to investigate how IoT technologies have been used in a traffic context and their potential to minimize traffic safety issues.. **Method:** To investigate the existing studies on this theme, a Systematic Literature Review (SLR) was performed. **Results:** Through the research, we selected 29 studies that mention 14 technologies that can help reduce traffic accidents. Among the technologies presented, we highlight the ad-hoc vehicular networks (VANET), as they are quite referenced in the studies found. **Conclusion:** Through SLR, several articles that present possible solutions for reducing traffic fatalities have been selected. However, some impediments were found for such products to be used in practice, one of them being human behavior which is the main risk factors in traffic.

**Keywords:** Internet of Things, Accidents Reductions, Transit, Smart Cities, Smart Car.

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Contexto	1
1.2	Motivação e Justificativa	1
1.3	Objetivos	3
1.4	Trabalhos Relacionados	4
<b>2</b>	<b>Revisão da Literatura</b>	<b>7</b>
2.1	Internet das Coisas	7
2.2	Cidades Inteligentes	8
2.3	Veículos Inteligentes	8
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>10</b>
3.1	Questões de Pesquisa	10
3.2	Estratégia de Busca	11
3.3	Critérios de Inclusão e Exclusão	12
3.4	Procedimento para a Seleção de Estudos	12
3.5	Síntese e Extração dos Dados	13
3.6	Avaliação de Qualidade	14
<b>4</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	<b>17</b>
4.1	Visão Geral dos Estudos	17
4.2	Resultados da Avaliação da Qualidade	20
4.3	Quais as soluções de Internet das Coisas usadas no trânsito?	20
4.3.1	VANET - Vehicular Ad-Hoc Network	21
4.3.2	Veículos Inteligentes	26
4.3.3	Sistemas de Transporte Inteligente nas Cidades Inteligentes (ITSSC)	27
4.3.4	Rastreamento de Transporte Público	28
4.3.5	Sistema Inteligente de Monitoramento de Veículo (IVMS)	28
4.3.6	Sistemas Avançados de Assistência ao Motorista (ADAS)	28
4.3.7	Recursos Inteligentes (Smart Feature)	29
4.3.8	Raspberry Pi	29
4.3.9	Redes Bayesianas Dinâmicas (DBNs)	29
4.3.10	Teoria dos Jogos	29
4.3.11	Deteccção e Variação da Luz (LiDAR)	30
4.3.12	Internet Social dos Veículos (SIoV)	30
4.3.13	Blockchains	31

4.3.14	Smart Parking	32
4.4	Qual cenário em que as soluções são aplicadas?	32
4.4.1	Comunicação entre veículos	33
4.4.2	Carros autônomos	35
4.4.3	Auxílio para se adaptar a perigos e condições despercebidos	35
4.4.4	Verificação de vagas no estacionamento	35
4.4.5	Rastreamento de veículos	36
4.4.6	Gerenciamento de tráfego	36
4.4.7	Gerenciamento de congestionamentos e acidentes de trânsito	36
4.4.8	Crescimento populacional em áreas urbanas	37
4.4.9	Segurança e vulnerabilidade dos dados	37
4.5	As soluções seguem alguma lei, regulamentação, norma ou padrão?	38
4.5.1	IEEE 802.11p	38
4.5.2	Ethernet IEEE 802.3	38
4.5.3	Transporte de sistema orientado a mídia (MOST)	39
4.6	Existe evidência do uso da solução em situações reais?	39
4.6.1	Um carro autônomo capaz de prever obstáculos e evitar acidentes alertando o motorista caso necessário	39
4.6.2	Semáforo inteligente para se comunicar com os veículos	40
4.6.3	Em Karachi, foi desenvolvido um teste para solucionar os problemas de congestionamento de tráfego da cidade	40
4.6.4	BMW, GM, Ford e Renault iniciaram a Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI) com indústrias e universidades	40
4.6.5	CittaMobi	40
4.6.6	Caso do Jeep Cherokee, da Fiat Chrysler, um dos catorze modelos hackeados	40
4.6.7	O acidente de carro do Google em 14 de fevereiro de 2016	41
4.6.8	VANETs em programas de pesquisa, como WAVE, C2C-CC, CVIS, NoW e VSC	41
4.6.9	Tesla Model X foi hackeado com muitos outros incidentes de ataques no passado	41
4.7	Qual a estimativa de preço da solução?	41
4.8	Quais os principais benefícios alcançados ou esperados?	42
4.8.1	Proteção contra riscos de segurança	42
4.8.2	Localização em tempo real	42
4.8.3	Auxílio em investigações digitais incluindo roubo e homicídio	43
4.8.4	Assistência no aumento da taxa de transferência e taxa de erros de bits	44
4.8.5	Detecção do Comportamento Humano	44
4.8.6	Acesso a informações na nuvem	44
4.8.7	Auxílio no planejamento dos usuários que usam transporte público	44
4.8.8	Economia no tempo de viagem	44
4.8.9	Reduz a emissão de carbono dos motores	44
4.8.10	Reduz efetivamente os acidentes no tráfego	44

4.8.11	Reduzindo o desperdício de recursos	45
4.8.12	Diminuir o congestionamento do tráfego	45
4.8.13	Melhoria de conexão de dados para diminuir atrasos e delays	45
4.9	Quais desafios encontrados?	45
4.9.1	Falta de confiabilidade e segurança	45
4.9.2	Compartilhamento de informações pessoais dos motoristas	47
4.9.3	Ausência de um operador	47
4.9.4	Ameaças de interceptação de dados durante o tráfego de informações	47
4.9.5	Código malicioso	48
4.9.6	Insegurança de ataque de duplicação de usuários	48
4.9.7	Tempo de comunicação entre os veículos	48
4.9.8	Gerenciamento da quantidade de veículos em uma VANET	48
4.9.9	Localização Imprecisa	49
4.9.10	Ameaças físicas	49
4.9.11	Erros humanos difíceis de ser reconhecidos	49
4.10	Quais as tendências observadas em IOT no trânsito?	49
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>50</b>
5.1	Trabalhos Futuros	51
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>52</b>

# Lista de Figuras

3.1	Fluxo da seleção dos artigos.	14
3.2	Percentual de artigos encontrados em cada mecanismo de busca.	15
3.3	Quantidade de artigos aceitos no final da seleção em relação a quantidade de artigos obtidos inicialmente, através da string de busca, em cada mecanismo de busca.	15
4.1	Quantidade de artigos encontrados por ano.	17
4.2	Distribuição dos estudos selecionados classificados a partir do contexto de realização da pesquisa.	18
4.3	Quantidade de soluções tecnológicas presentes nos estudos selecionados.	22
4.4	Situação de mudança de faixa através da comunicação V2V [1].	24
4.5	Situação de colisão frontal através da comunicação V2V [1].	24
4.6	Situação de curvatura através da comunicação V2V [1].	25
4.7	Situação de acidente através da comunicação V2V [1].	25
4.8	Situação de emergência através da comunicação V2V [1].	26
4.9	Modelo Tradicional da SIOV [2].	31
4.10	Exemplos de sensores ambientais [2].	32
4.11	Cenários e quantidade de artigos que citam	33
4.12	Leis, Normas, Regulamentação ou Padrão citados.	38

# Lista de Tabelas

1.1	Quantidade de Indenizações pagas para Morte - 2018 [3].	2
3.1	Questões de Pesquisa	11
3.2	Bases utilizadas na pesquisa.	12
3.3	Critérios de Inclusão e Exclusão	13
3.4	Tabela de Extração de Dados	16
3.5	Critérios de Qualidade	16
4.1	Classificação dos estudos selecionados de acordo com o contexto de realização da pesquisa.	18
4.2	Artigos selecionados	18
4.3	Lista de estudos selecionados e suas pontuações na avaliação de qualidade.	21
4.4	Soluções encontradas e em quais artigos estão sendo citadas.	22
4.5	Áreas tecnológicas e suas respectivas soluções	23
4.6	Cenários encontrados e em quais artigos estão sendo citados.	33
4.7	Cenários e soluções mencionadas	34
4.8	Evidências encontradas e em quais artigos estão sendo citadas	39
4.9	Classificação dos artigos em relação ao preço de suas soluções.	41
4.10	Principais benefícios encontrados.	42
4.11	Benefícios e soluções mencionadas	43
4.12	Desafios encontrados	46
4.13	Categorias de cada desafio	46
4.14	Desafios e soluções mencionadas	47

## CAPÍTULO 1

# Introdução

### 1.1 Contexto

A violência no trânsito é um problema que tem despertado a atenção de diversas instituições nacionais e internacionais. A Organização das Nações Unidas (ONU) por exemplo, incluiu nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e na Agenda 2030, a meta 3.6 que objetiva reduzir pela metade as mortes e os ferimentos globais por acidentes em estradas até 2020 [4].

Segundo France Presse e G1 [5], a Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma ainda que os acidentes de trânsito são atualmente a principal causa de morte entre crianças e jovens com idades entre 5 e 29 anos. Nos últimos anos, o número de mortes nas estradas em todo o mundo aumentou de modo constante, com 1,35 milhão de falecimentos registrados em 2018 [5]. Em uma comparação, a OMS contabilizou mais de 1,2 milhão de mortos em um documento publicado em 2009 [5].

De acordo com a OMS, na publicação feita por France Presse e G1 [5], o risco de morte nas estradas continua sendo três vezes maior nos países pobres em comparação às nações mais ricas, com as taxas mais elevadas de mortalidade na África (26,6 para cada 100.000 habitantes) e as menores na Europa (9,3 para cada 100.000 habitantes). Desde a última edição do relatório da OMS, há 3 anos, três regiões do mundo registraram queda nas taxas de mortalidade nas estradas: América, Europa e o Pacífico Oeste. A queda mais expressiva aconteceu nesta última região [5].

No Brasil, o estado que contabilizou a maior taxa de vítimas fatais no trânsito, em 2015, foi o Piauí com 36,62 mortes por 100 mil habitantes, seguido pelo estado do Tocantins, com uma taxa de 36,10, e o de Roraima, com uma taxa de 32,83 por 100 mil habitantes [6]. A Tabela 1.1 indica a quantidade de indenizações pagas em 2018 para as mortes em acidentes no trânsito.

Nesse contexto, observa-se que, um dos benefícios ao reduzir acidentes de trânsito é a redução com custos de saúde, do SUS (Sistema Único de Saúde) e de indenizações [5] [3]. De acordo com a Seguradora Líder (2018), de 2009 até 2018, foram mais de 485 mil indenizados por mortes no trânsito em todo o Brasil. Esses dados podem ser comparados com a Guerra da Síria, que deixou mais de 360 mil mortes desde o seu início em 2011 [3]. Ou seja, o trânsito brasileiro gera mais vítimas fatais do que uma guerra civil.

### 1.2 Motivação e Justificativa

A Internet das Coisas é um novo paradigma que está rapidamente ganhando espaço no cenário das tecnologias modernas sem fio. A ideia básica desse conceito é a presença de uma variedade

**Tabela 1.1** Quantidade de Indenizações pagas para Morte - 2018 [3].

#	UF	Quantidade	Estimativa Populacional	Indicador
1	Tocantins	593	1.555.229	38
2	Piauí	1111	3.264.531	34
3	Mato Grosso	1143	3.441.998	33
4	Rondônia	505	1.757.589	29
5	Roraima	146	576.568	25
6	Goiás	1680	6.921.161	24
7	Paraná	2712	11.348.937	24
8	Ceará	2138	9.075.649	24
9	Maranhão	1653	7.035.055	23
10	Paraíba	930	3.996.496	23
11	Mato Grosso do Sul	601	2.748.023	22
12	Santa Catarina	1537	7.075.494	22
13	Espírito Santo	821	3.972.388	21
14	Rio Grande do Norte	707	3.479.010	20
15	Alagoas	668	3.322.820	20
16	Sergipe	457	2.278.308	20
17	Minas Gerais	4127	21.040.662	20
18	Pernambuco	1780	9.496.294	19
20	Bahia	2710	14.812.617	18
21	Pará	1546	8.513.497	18
22	Rio Grande do Sul	1774	11.329.605	16
23	Rio de Janeiro	2547	17.159.960	15
24	Amapá	103	829.494	12
25	São Paulo	5462	45.538.936	12
26	Acre	101	869.265	12
27	Distrito Federal	316	2.974.703	11
28	Amazonas	413	4.080.611	10
	Total Brasil	38.281	208.494.900	18

de coisas ou objetos no ambiente, por meio de protocolos de internet, são capazes de interagir uns com os outros a fim de alcançar um objetivo em comum [7].

As tecnologias de IoT também sendo utilizadas com o objetivo de contribuir na redução de acidentes de trânsito. Por exemplo, um sistema inteligente que alerta e controla a velocidade de um veículo, também notifica os indivíduos quando ocorrer um acidente. Tais indivíduos são: os veículos e as estações de transmissão de informação, que são usadas para passar os dados de um veículo para outro. Esse sistema sempre monitora a distância entre veículos e obstáculos que estão na frente por meio de um sistema de monitoramento da distância [8].

A possibilidade da diminuição de mortes não se resume somente aos acidentes de trânsito. Paramédicos, por exemplo, podem utilizar dispositivos da Internet das Coisas para capturar da-

dos críticos dos pacientes que estão atendendo na rua e transmitir tais dados imediatamente ao pronto-socorro destino da ambulância [9]. Existem artigos que tratam da relação entre Internet das Coisas e Cidades Inteligentes, um deles, trata o relacionamento dessas áreas com a Logística Empresarial e com os estudos feito por Ferreira et al. (2015) [10], foi possível detectar a importância da IoT para a logística empresarial. A IoT pode ajudar a medir em tempo real a produtividade de máquinas em uma fábrica [9]. Para um supermercado, poderá controlar em tempo real a falta de produtos de suas prateleiras, assim como controlar quais estão por muito tempo [9].

Nesse contexto, o conceito de uma Cidade Inteligente, do inglês Smart Cities (SC), é construída a partir da infraestrutura de IoT: resolver problemas em cidades desenvolvidas tecnologicamente, permitindo que pessoas e objetos se conectem a partir de vários dispositivos, seja um smartphone ou até mesmo um carro. SC, por definição, possui seis características [11]:

- Economia Inteligente: Envolvida com a produtividade, espírito inovador, flexibilidade do mercado de trabalho, habilidade para transformar etc.
- Pessoas Inteligentes: Flexibilidade, criatividade, nível de qualificação, participação na vida pública, etc [12].
- Governança Inteligente: Participação na tomada de decisão, serviços públicos e sociais, governança transparente, etc [12].
- Mobilidade Inteligente: Local mais acessível, sustentabilidade (redução do carbono emitido pelos veículos), sistemas de transporte seguro e inovado, etc [12].
- Ambiente Inteligente: Poluição, proteção ambiental, gerenciamento de recursos sustentáveis, etc [12].
- Casa Inteligente: Facilidade cultural, coesão social, facilidade na educação, segurança individual, etc [12].

Considerando essa classificação de cidades inteligentes, este trabalho está situado na área de Mobilidade Inteligente.

### 1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo investigar como soluções de IoT têm sido empregadas no contexto de trânsito. Para isso, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura [13], pretende-se responder às seguintes questões de pesquisa:

- Quais as soluções de Internet das Coisas usadas no trânsito?
- Qual cenário em que as soluções são aplicadas?
- As soluções seguem alguma lei, regulamentação, norma ou padrão?

- Existe evidência do uso da solução em situações reais?
- Qual a estimativa de preço da solução?
- Quais os principais benefícios alcançados ou esperados?
- Quais desafios encontrados?
- Quais as tendências observadas em IOT no trânsito?

## 1.4 Trabalhos Relacionados

A relação entre Internet das Coisas (IoT) e Cidades Inteligentes (SC) tem sido investigada por diversos autores [10] [14] e [11]. Ferreira et al. (2015) [10] descreve-se a importância da IoT para a logística empresarial e para as interações entre humano e máquina com o dia-a-dia nas cidades. No trabalho de Zanella et al. (2014) [14], é analisado como IoTs urbanas são designadas para fornecerem suporte para as SC, explorando as mais avançadas tecnologias de comunicação para entregar serviços de valor agregado para o gerenciamento da cidade e para os cidadãos. Finalmente, Perera et al. (2013) [11] estuda a tomada de decisões das autoridades diante do gerenciamento de tráfego em tempo real, os dados coletados de sensores instalados nos veículos e estradas permitem que as autoridades monitorem e gerenciem o tráfego em tempo real.

Em contraste, poucos estudos que tratam a relação de Internet das Coisas e Cidades Inteligentes com foco na redução de acidentes no trânsito foram encontrados. Por exemplo, um sistema que controla e alerta a velocidade de um veículo, notificando quando ocorre um acidente [8]. Uma das principais causas de acidentes encontrados no trânsito, a distração humana, logo, foi calculada a redução da distração, através de sistemas como Veículo de Segurança Avançada, do inglês Advanced System Vehicle (ASV), e Sistemas de Transportes Inteligentes, do inglês Intelligent Transportation System (ITS) [15].

Tecnologias como as redes ad-hoc veiculares, do inglês Vehicular Ad-hoc Network (VANET), estão sendo muito referenciadas nesta área. As VANETs, são uma classe de rede ad hoc móvel, do inglês Mobile Ad-hoc Network (MANET), que foi criada para melhorar a proteção e os aplicativos voltados para o trânsito, a fim de entregar conforto e segurança aos motoristas [16].

Por exemplo, para Bylykbashi et al. (2019) [17], os veículos sem fio são capazes de se comunicar diretamente entre si (por exemplo, aviso de veículo de emergência, aviso de veículo estacionado). Portanto, considera-se que as VANETs têm um enorme potencial para melhorar a segurança e a eficiência do tráfego rodoviário.

Os veículos estão equipados com sensores e recursos computacionais a fim de fazer uma cidade cada vez mais conectada, mais inteligente [18]. Existem vários projetos de pesquisa [1] [19] [20] que discutem as aplicações atuais da VANET, bem como as expectativas futuras de como essas aplicações podem auxiliar a segurança e gerenciamento do trânsito [18].

No estudo de Dahbour et al. (2019) [21], é investigado o Sistema de Transporte Inteligente nas Cidades Inteligentes, do inglês Intelligent Transportation System in Smart Cities

(ITSSC), proposto para controlar e gerenciar os dados e informações do tráfego em tempo real. A maioria das soluções sugeridas e propostas para construir um sistema de transporte exige o envolvimento do usuário ou depende de informações fornecidas por aplicativos como fonte de informação que podem estar incoerentes. Portanto, observa-se uma demanda crítica por um sistema inteligente com menor dependência da entrada dos usuários para resolver os congestionamentos de tráfego.

Dahbour et al. (2019) [21] menciona uma solução para desenvolvimento de sistemas de tráfego inteligentes. Um desses esforços é o Centro de Informações de Tráfego, do inglês Traffic Information Center (TIC), publicado em 2012 no simpósio de veículos inteligentes na Espanha. Este artigo introduziu um mecanismo de comunicação com o centro de informações para lidar com o semáforo. É um semáforo inteligente projetado para ser um servidor de coleta de dados. Este servidor reúne informações sobre as estatísticas atuais de tráfego (informações dos veículos). Depois, o servidor entrega as informações coletadas para outros veículos, informando a situação atual, seja de acidentes ou congestionamentos, até mesmo a localização do veículo.

A Internet das Coisas Social, do inglês Social Internet of Things (SIoT), introduz relações sociais entre as coisas, criando uma rede social onde as entidades participantes não são humanos, mas objetos inteligentes [16]. Nessas redes, informações sobre o tráfego e as condições das estradas são obtidas tanto de humanos quanto de máquinas [16]. A SIoT é uma rede de coisas inteligentes que têm interações sociais [16]. A Internet Social de Veículos, do inglês Social Internet of Vehicle (SIoV), é um exemplo de SIoT em que as coisas são veículos inteligentes [16]. No SIoV, as entidades se socializam compartilhando informações de interesses comuns, como informações de trânsito, condições climáticas, situações de estrada, vagas para estacionamento, etc [2].

Graças à IoT, que permite objetos se comunicarem entre si, é possível lidar com objetos físicos como objeto de rede, de uma forma ou de outra. Outro sistema apresentado é o que faz a contagem de pessoas e as relaciona com a localização do ônibus com a da parada [22]. Além disso, a rota do ônibus e suas informações de parada são armazenadas em um sistema interno do ônibus. Al-Jabi (2017) [22] apresenta um simples sistema e rastreamento, como o algoritmo de tempo estimado de chegada, do inglês estimated time of arrival (ETA), por exemplo. Com esse sistema, o ônibus envia sua localização para uma aplicação web, como o CittaMobi por exemplo [22], permitindo que o usuário se planeje para a chegada do ônibus no local e horário previsto. O novo sistema propõe prever áreas de engarrafamentos antes mesmo de acontecerem. Além de informar ao motorista, quando o ônibus estiver chegando na sua parada. Já para o motorista, neste contexto, o sistema oferece rotas alternativas até a próxima parada, a fim de evitar filas de engarrafamentos [22].

Diante dessa problemática de violência no trânsito com altos índices de óbitos em virtude de acidentes, esse trabalho busca compreender o estado da arte sobre as soluções de IOT utilizadas no contexto do trânsito. Sendo assim, realizar-se-á uma revisão sistemática da literatura sobre as soluções e será investigado como essas tecnologias podem contribuir para a redução da quantidade de acidentes de trânsito. O objetivo para condução dessa revisão sistemática da literatura é apontar estudos que possam ajudar a reduzir o número de mortes no trânsito, apresentando tecnologias já existentes que possam vir a facilitar a vida do motorista e dos pedestres.

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: o capítulo 2 apresenta os principais con-

ceitos envolvidos nesse trabalho; o capítulo 3 discute os trabalhos relacionados; o capítulo 4 descreve a metodologia usada na RSL. No capítulo 5 é apresentado os resultados e análises relacionadas as questões de pesquisa. O capítulo 6 contém a conclusão e considerações finais.

## Revisão da Literatura

### 2.1 Internet das Coisas

A Internet das Coisas, do inglês Internet of Things (IoT), é considerada um conceito moderno que revolucionará o futuro próximo [23]. Seu interesse é criar um ambiente de sistemas e dispositivos inteligentes combinados, comunicando-se através de redes sem fio [23].

O conceito de Internet das Coisas, portanto, visa tornar a internet ainda mais imersiva e difundida [14]. Além disso, ao permitir fácil acesso e interação com uma ampla variedade de dispositivos, como, por exemplo, câmeras de vigilância, sensores de monitoramento, veículos etc, a IoT promoverá o desenvolvimento de várias aplicações que fazem uso da quantidade e variedade enormes de dados gerados por esses objetos para fornecer novos serviços a cidadãos, empresas e órgãos públicos [14].

A principal vantagem da Internet das Coisas é o alto impacto que ela terá sobre vários aspectos da vida cotidiana e do comportamento dos usuários em potencial. Do ponto de vista de um motorista, os efeitos mais óbvios da introdução da IoT serão visíveis nos campos de redução de acidentes no trânsito ou congestionamento do tráfego [7].

Na IoT um conjunto de dispositivos físicos (chamados de objetos inteligentes) se conecta à internet e, dessa forma, torna-se capaz de receber e enviar informações sem interação direta do homem na execução destas ações.

Nesse contexto, direção automatizada, compartilhamento de localização em tempo real e aprendizado aprimorado da máquina são apenas alguns dos possíveis exemplos dos cenários de aplicação da IoT nos quais o novo paradigma desempenhará um papel de liderança no futuro próximo [10].

Cada vez mais, os automóveis, sejam eles carros, ônibus, motos, etc, estão sendo equipados com sensores relacionados com a IoT [7]. Até as estradas estão equipadas com tais sensores, se comunicando com centrais de controle de tráfego com a finalidade de auxiliar o motorista enviando informações sobre a situação do trânsito, rotas alternativas ao destino, tempo de chegada até o destino final, etc [7].

De acordo com Atzori et al. (2010) [7], o sistema de prevenção de colisões é uma das funções mais usadas como exemplo. As autoridades governamentais também se beneficiariam de informações mais precisas sobre os padrões de tráfego rodoviário para fins de planejamento [7]. Considerando que o tráfego de transporte privado poderia encontrar um caminho melhor com informações apropriadas sobre congestionamentos e incidentes.

Carros conectados e IoT veicular (IoV), envolvendo comunicação e troca de dados entre veículos, infraestrutura de tráfego ou outras entidades, são essenciais para realizar a visão de cidade inteligente e transporte inteligente [20]. A Veicular Cloud oferece uma arquitetura pro-

missora na qual os recursos de armazenamento e processamento de objetos inteligentes são utilizados para fornecer uma plataforma de neblina instantânea [20].

## 2.2 Cidades Inteligentes

As cidades inteligentes são compostas por diferentes componentes e interconectados trocando constantemente informações e facilitando vida para a população de uma cidade [24]. As diversas ameaças e os usos inadequados do sistema em uma cidade inteligente são cada vez mais diversificados e significativos com o provisionamento de segurança resiliente e de ponta a ponta sendo uma tarefa assustadora [24].

O componente que está faltando nos termos anteriores é o das pessoas [25]. Elas são os protagonistas de uma cidade inteligente, que a moldam através de interações contínuas [25]. Por esse motivo, outros termos têm sido frequentemente associados ao conceito de cidade inteligente [25].

Albino et al. (2015) [25] afirma que a criatividade é reconhecida como um dos principais impulsionadores da cidade inteligente e, portanto, a educação, a aprendizagem e o conhecimento têm papéis importantes em uma cidade inteligente. A infraestrutura social, como capital intelectual e social, é uma doação indispensável para cidades inteligentes, pois permite “conectar pessoas e criar relacionamentos” [25]. Pessoas inteligentes geram e se beneficiam do capital social de uma cidade, de modo que o conceito de cidade inteligente adquire o significado de uma combinação de educação/treinamento, cultura/artes e negócios/comércio com empresas sociais, culturais e econômicas híbridas [25].

Quando ocorre um incidente cibernético envolvendo componentes críticos da infraestrutura da cidade inteligente, medidas apropriadas podem ser tomadas para identificar e enumerar evidências concretas para facilitar o processo de investigação forense [24]. A preparação da investigação e as lições aprendidas das análises investigativas anteriores podem ajudar a proteger a cidade inteligente contra futuros incidentes [24].

## 2.3 Veículos Inteligentes

Nos últimos 35 anos, muita atenção científica, de engenharia e de mídia foi direcionada para a área em rápida evolução da direção automatizada com crescente interesse na recente introdução de veículos sem motorista [26]. Define-se direção automatizada como uma direção na qual pelo menos alguns aspectos das tarefas dinâmicas de direção ocorrem sem a interferência do motorista [26].

Para Chaudhari et al. (2019) [27], os meios de transporte são a necessidade mais essencial dos seres humanos. Tornar os carros inteligentes será um avanço, onde eles aprendem automaticamente a dirigir nas ruas [27].

Veículos autônomos detectam e evitam obstáculos e objetos [27]. Pode acontecer que, ao dirigir uma pessoa, sofra um ataque cardíaco ou uma forte dor de cabeça, e com base em suas expressões faciais, o sistema pode enviar automaticamente mensagens para os celulares dos membros da rede veicular da família [27]. Além disso, se o usuário estiver com sono, usando

telefones celulares ou olhando para fora por um longo período de tempo por engano, o sistema pode disparar um alarme nessas situações [27].

O carro autônomo garante que sua última parada seja segura e inteligente, escapando ao risco de erros humanos e tomando as decisões necessárias relacionadas ao mundo real [27]. Os algoritmos de detecção de faixas e obstáculos são usados para fornecer o controle necessário ao carro [27].

O carro conectado pode ser considerado como uma plataforma de várias camadas ou um sistema incorporado equipado com um gateway de rede sem fio que conecta a rede do veículo a uma rede externa e sistemas de processamento de coleta de dados [28]. O veículo conectado permite a troca de várias informações entre o veículo e seus arredores usando WIFI, Bluetooth e GPS [28].

## Metodologia

A definição do protocolo da revisão sistemática utilizado nessa pesquisa seguiu as guidelines de Kitchenham e Charters (2007) [13]. Sendo assim, esta pesquisa foi realizada por meio de três processos, sendo eles:

- Planejar a revisão:
  - Identificar a necessidade da revisão;
  - Comissionar a revisão;
  - Especificar as perguntas da pesquisa;
  - Desenvolver os protocolos de revisão;
  - Avaliar o protocolo de revisão.
- Conduzir a revisão:
  - Selecionar os estudos primários;
  - Avaliar qualidade de estudos;
  - Extrair e Monitorar os dados;
  - Síntese de dados.
- Reportar a revisão:
  - Especificação de mecanismos de divulgação;
  - Formatar o relatório principal;
  - Avaliar o relatório.

O protocolo, que foi definido utilizando a ferramenta Parsifal (<https://parsif.al/>), é detalhado nas próximas seções.

### 3.1 Questões de Pesquisa

Este trabalho tem como objetivo investigar como soluções de IoT têm sido empregadas no contexto de trânsito. Para isso, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura proposta por Kitchenham e Charters (2007) [13], pretende-se responder às questões de pesquisa apresentadas na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** Questões de Pesquisa

Questões de Pesquisa	Descrição e Motivação
Quais as soluções de internet das coisas usadas no trânsito?	Esta questão busca apresentar os diversos tipos de soluções atualmente existentes ou em desenvolvimento para auxiliar na redução de acidentes no trânsito. Apresentando tais soluções, é possível unir-las com outras soluções utilizadas no mesmo contexto.
Qual cenário em que as soluções são aplicadas?	Esta questão apresenta os cenários em que as soluções estão sendo apresentadas. Com o cenário encontrado, pode-se encontrar soluções que também encontram-se no mesmo cenário, a fim de unir umas que podem ser capazes de solucionar alguns dos problemas no trânsito.
As soluções seguem alguma lei, regulamentação, norma ou padrão?	As leis, regulamentação, norma e padrão podem ser apresentadas com a finalidade de definir em que situações elas podem ser usadas.
Existe evidência do uso da solução em situações reais?	Apresentando uma solução existente e já usada em uma situação real, pode-se mescla-las com outras soluções em desenvolvimento ou já existente a fim de responder algum problema causador de acidentes no trânsito.
Qual a estimativa de preço da solução?	O objetivo desta pergunta é apresentar quais tecnologias são pagas, código aberto ou que não apresentam uma definição de precificação.
Quais os principais benefícios alcançados ou esperados?	As vantagens de se usar essa solução.
Quais desafios são encontrados?	As desvantagens ou desafios a serem enfrentados ao usar a solução.
Quais as tendências observadas em IOT no trânsito?	Essa pergunta apresenta quais as tecnologias mais usadas ao longo da pesquisa.

Ao respondê-las, obter-se-á um mapeamento das soluções de IoT propostas como ferramenta de apoio a melhoria do trânsito e discutir-se-á como essas soluções podem contribuir para a redução de acidentes de trânsito.

### 3.2 Estratégia de Busca

A estratégia de busca utilizada neste trabalho seguiu os passos de Kitchenham e Charters (2007) [13], utilizando buscas automáticas nas bases de dados listadas na Tabela 3.2.

O protocolo de revisão proposto utiliza os critérios PICOC (População, Intervenção, Com-

**Tabela 3.2** Bases utilizadas na pesquisa.

Nome	URL
ACM Digital Library	<a href="http://portal.acm.org">http://portal.acm.org</a>
IEEE Digital Library	<a href="http://ieeexplore.ieee.org">http://ieeexplore.ieee.org</a>
Springer Link	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
Science@Direct	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>
Scopus	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>

paração, Resultados e Contexto), que são:

- **População:** Publicações revisadas por pares que relatam soluções de internet das coisas usadas no trânsito seja em veículos ou cidades inteligentes.
- **Intervenção:** Coletar evidências empíricas em relação as soluções de IoT empregadas no trânsito.
- **Comparação:** Não se aplica, pois os estudos primários não serão comparados
- **Resultados:** Soluções de IoT usadas no trânsito, cenário em que as soluções são aplicadas, as tecnologias utilizadas na solução, lei, regulamentação, norma ou padrão seguido, evidência do uso da solução em situações reais, estimativa de preço da solução, principais benefícios, desafios encontrados e tendências observadas em IoT no trânsito.
- **Contexto:** Internet das Coisas, Cidades Inteligentes e Veículos inteligentes.

Considerando o objetivo dessa revisão e o critério PICOC, a string de busca foi definida considerando os principais termos dos conceitos sob investigação. A string foi definida de forma interativa e, após diversos testes, definiu-se a seguinte string de busca:

*("iot" OR "internet of things" OR "web of things" OR "wot") AND ("smart city" OR "smart cities" OR "smart space") AND ("smart car" OR "smart bus" OR "smart truck" OR "smart moto" OR "smart motorcycle" OR "smart vehicle" OR "smart automobile")*

### 3.3 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão utilizados nesse trabalho são apresentados na tabela 3.3.

### 3.4 Procedimento para a Seleção de Estudos

O procedimento de seleção consistiu em quatro etapas (representados na Figura 3.1). O procedimento consistiu em: identificar e listar os estudos encontrados através da string de busca,

**Tabela 3.3** Critérios de Inclusão e Exclusão

#	Critérios de Inclusão
1	Apenas artigos completos com no mínimo 4 páginas.
2	Artigos publicados nos últimos dez anos (Janeiro/2009 a Setembro/2019).
3	Artigos que respondam alguma pergunta de pesquisa.
4	Tópicos que abordam internet das coisas e/ou cidades inteligentes
#	Critérios de Exclusão
1	Artigos não escritos em inglês.
2	Short papers (menores que 4 páginas).
3	Artigos que não estejam relacionados ao objeto de estudo da pesquisa
4	Estudos duplicados (apenas uma cópia de cada estudo).
5	Literatura Cinza (Livros, teses, etc.)
6	Artigos com mais de 10 anos de publicação.

remover estudos duplicados, analisar e abstract dos artigos que foram aceitos da etapa anterior, analisar o conteúdo completo dos artigos aceitos da etapa anterior. Na terceira e quarta etapa, foi aplicado os critérios de inclusão e exclusão a fim de obter os artigos necessários para responder as questões de pesquisa.

Na etapa 1, foram encontrados 478 artigos, dos quais 93 vieram da fonte Science@Direct, 6, da ACM Digital Library, 297 da Springer Link, 58 da Scopus e 24 artigos foram encontrados na IEEE Explorer Digital Library. No gráfico da Figura 3.2 é demonstrado o percentual de artigos encontrados inicialmente por cada mecanismo de busca. Já no gráfico da Figura 3.3, é apresentado o resultado final de artigos aceitos e rejeitados por cada mecanismo de busca.

Na etapa 2, de todos os 478 artigos, foram excluídos 40 artigos duplicados entre os mecanismos de busca. Dos 438 artigos aceitos até a etapa 2, 368 artigos foram rejeitados ao ler o título e abstract, baseados nos 4 critérios de inclusão e 6 critérios de exclusão.

Na etapa 4, foi realizada a leitura completa dos 70 artigos restantes, a leitura foi feita levando em consideração os mesmos critérios de inclusão e exclusão. Após toda a leitura, obteve-se 29 artigos que foram capazes de ao menos responder uma das questões da pesquisa.

### 3.5 Síntese e Extração dos Dados

Um formulário digital está disponível, nele foi registrado com precisão todas as informações necessárias para responder às perguntas da pesquisa. Foram extraídos dados dos 29 artigos aceitos durante a seleção de estudos. Na fase de síntese de dados, foi extraídos informações comuns entre todos os artigos envolvidos.

Na Tabela 3.4, é apresentado os campos extraídos pela pesquisa.

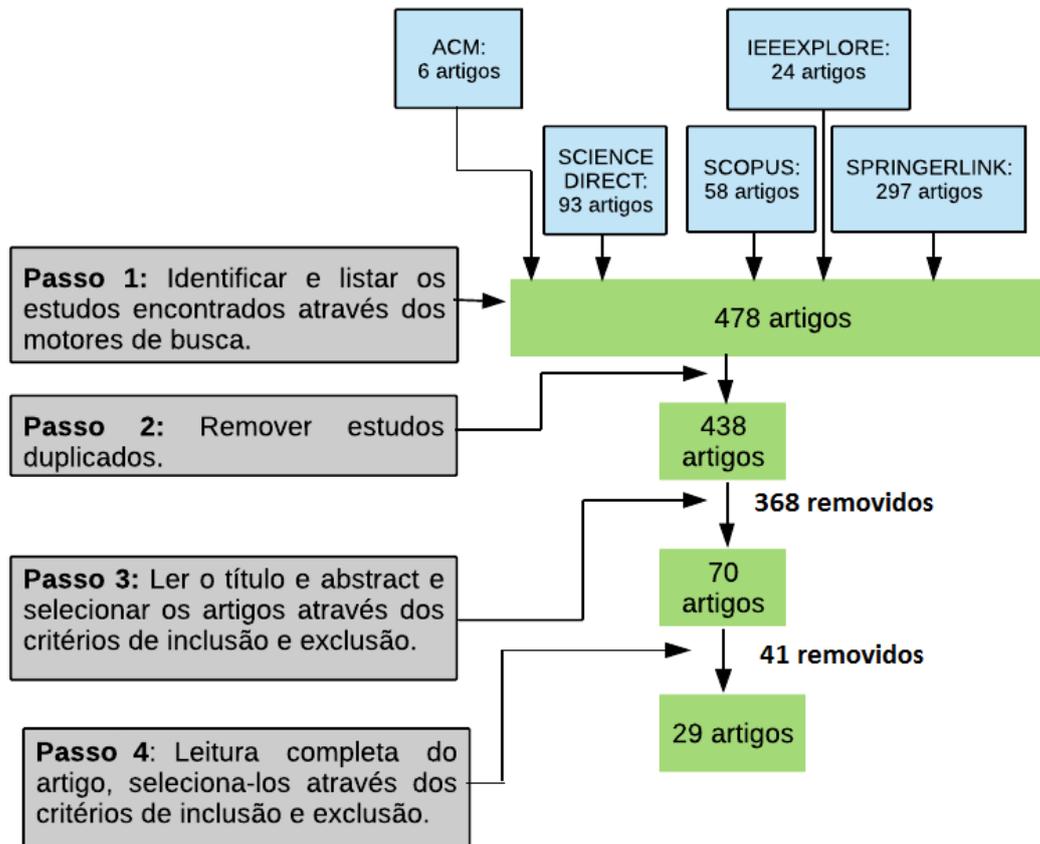


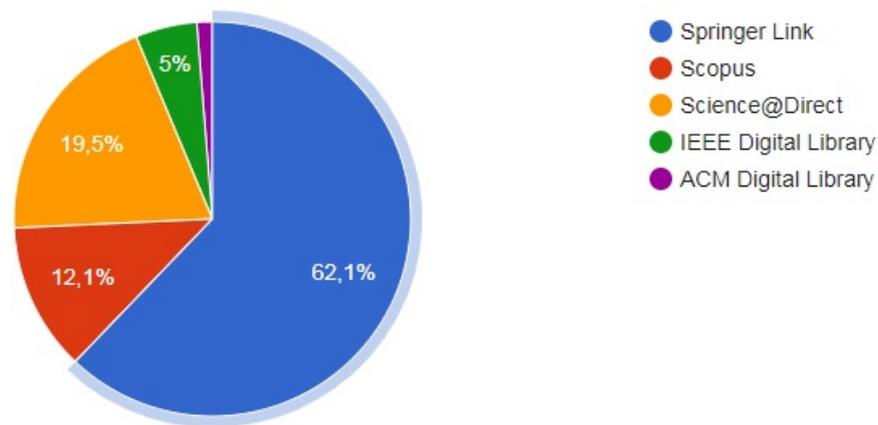
Figura 3.1 Fluxo da seleção dos artigos.

### 3.6 Avaliação de Qualidade

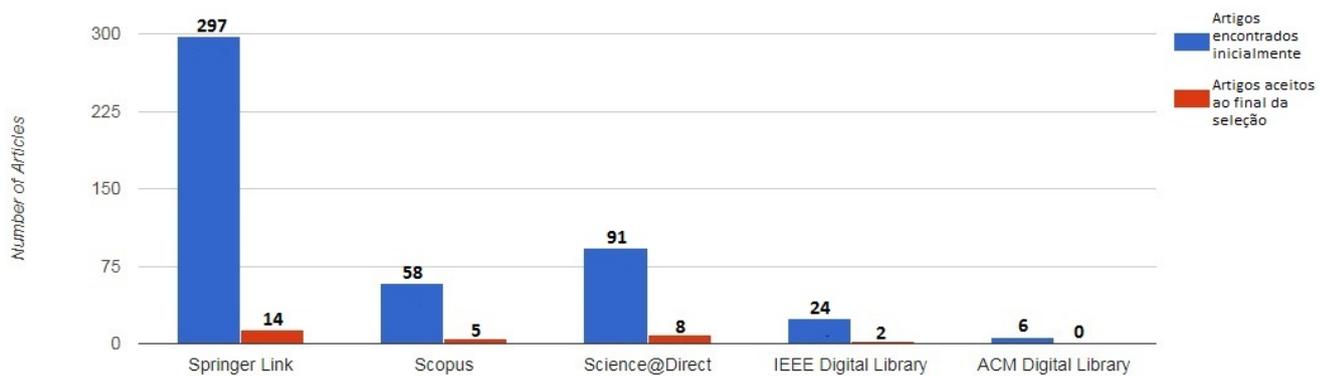
A Avaliação de qualidade em uma revisão sistemática da literatura é muito importante para compreender a confiabilidade dos resultados extraídos dos estudos selecionados. Todos os 29 estudos selecionados foram avaliados com base em um conjunto de 10 critérios de qualidade [7]. Através do estudo feito por Kitchenham e Charters (2007) [13], considera-se que a qualidade de um artigo se relaciona com a extensão em que o estudo minimiza o viés e maximiza a validade interna e externa.

Nesse trabalho, foi usada uma técnica de pontuação para avaliar a credibilidade, integridade e relevância dos estudos selecionados. Todos os artigos foram avaliados com base em um conjunto de 10 critérios de qualidade. Nos 29 artigos selecionados, foram inseridos os critérios de qualidade (CQ) para cada artigo [13]. Na Tabela 3.5, encontra-se os critérios que foram usados neste trabalho. Tais critérios foram baseados nos critérios do artigo de Vilela et al. (2017) [29].

Cada pergunta de avaliação da qualidade é julgada com base em três respostas possíveis: “Sim” (pontuação = 1), “Parcialmente” (pontuação = 0,5) ou “Não” (pontuação = 0). Con-



**Figura 3.2** Percentual de artigos encontrados em cada mecanismo de busca.



**Figura 3.3** Quantidade de artigos aceitos no final da seleção em relação a quantidade de artigos obtidos inicialmente, através da string de busca, em cada mecanismo de busca.

sequentemente, o escore de qualidade de um estudo em particular é calculado pela soma das pontuações das respostas às perguntas relacionadas ao seu tipo de pesquisa.

**Tabela 3.4** Tabela de Extração de Dados

#	Dados do Estudo	Descrição	Questões de Pesquisa Relevantes
1	Identificador do estudo	Identificador único para o estudo	Visão Geral
2	Autores, Ano, Título, País		Visão Geral
3	Base de dados	ACM, Springer Link, Science Direct, Scopus, IEEE	Visão Geral
4	Tipo do artigo	Industrial, acadêmico ou ambos	Visão Geral
5	Soluções tecnológicas	Quais as soluções de internet das coisas usadas no trânsito?	QP.1
6	Contexto aplicável	Qual cenário em que as soluções são aplicadas?	QP.2
7	Leis	As soluções seguem alguma lei, regulamentação, norma ou padrão?	QP.3
8	Casos Reais	Existe evidência do uso da solução em situações reais?	QP.4
9	Custo da solução	Qual a estimativa de preço da solução?	QP.5
10	Benefícios	Quais os principais benefícios alcançados ou esperados?	QP.6
11	Desafios	Quais desafios encontrados?	QP.7
12	Tendências na indústria	Quais as tendências observadas em IOT no trânsito?	QP.8

**Tabela 3.5** Critérios de Qualidade

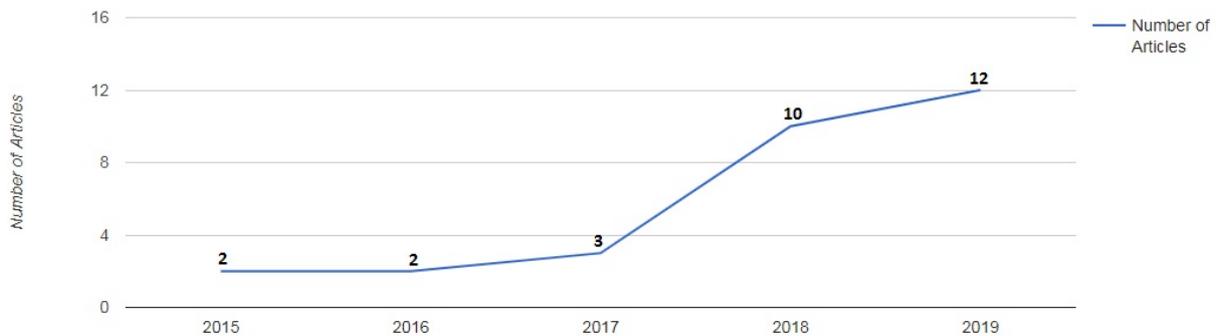
Critérios de Qualidade	
CQ1.	O estudo contribui para redução de acidentes de trânsito por meio de IOT?
CQ2.	A proposta presente no estudo foi aplicada em um contexto real?
CQ3.	O estudo agrega valor para a indústria?
CQ4.	As limitações do estudo são claramente descritas?
CQ5.	Existe uma discussão sobre os resultados do estudo?
CQ6.	Os resultados são claramente apresentados?
CQ7.	A proposta presente no estudo é claramente descrita?
CQ8.	Existe uma descrição adequada do contexto (indústria, ambiente de laboratório, produtos utilizados etc.) em que a pesquisa foi realizada?
CQ9.	Existe discussão suficiente sobre trabalhos relacionados?
CQ10.	O objetivo da pesquisa está claro o suficiente?

## Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados obtidos nessa revisão sistemática da literatura. As respostas de cada pergunta da pesquisa são discutidas separadamente. O processo de seleção resultou em 29 estudos que atenderam aos critérios de inclusão e extraímos os dados seguindo o formulário de extração descrito na Seção 3.3. Antes de apresentar os resultados e a análise de cada questão de pesquisa, é apresentada uma visão geral dos estudos selecionados e os resultados da avaliação dos critérios de qualidade.

### 4.1 Visão Geral dos Estudos

Como foi mencionado na Seção 3.3, apenas artigos de 2009 até 2019 foram aceitos durante a busca com o objetivo de investigar as tecnologias mais recentes. A Figura 4.1 apresenta a quantidade de artigos encontrados nesse período. O primeiro artigo que atendeu aos critérios de inclusão é de 2015. Ao analisar o gráfico, nota-se que ao longo dos anos, há um aumento de pesquisas relacionadas a soluções de IOT no contexto do trânsito.



**Figura 4.1** Quantidade de artigos encontrados por ano.

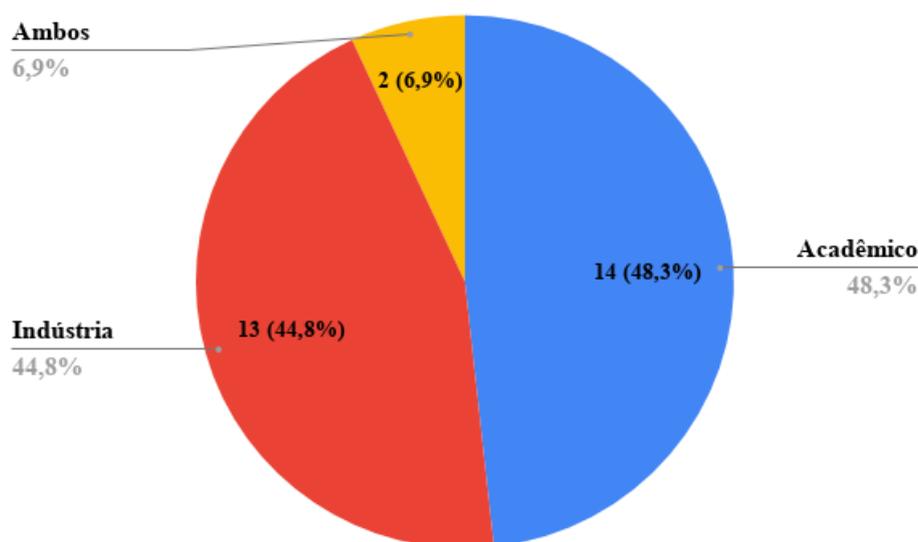
A Tabela 4.1 apresenta uma classificação dos estudos selecionados considerando o contexto de realização da pesquisa. Os estudos foram classificados em “Indústria” se fossem estudos que apresentassem sua pesquisa direcionada para a aplicação prática em uma determinada área, por exemplo software, hardware, fábrica montadora de veículos. Os estudos classificados como sendo da “Academia” eram estudos com foco mais teórico sobre a problemática. Caso o estudo apresentasse uma combinação de teoria e prática, foi classificado como “Ambos”.

A Figura 4.2 apresenta a distribuição desses estudos em cada categoria. Observa-se que dos 29 estudos encontrados, 48,3% são estudos relacionados com a área da indústria, ou seja, estu-

**Tabela 4.1** Classificação dos estudos selecionados de acordo com o contexto de realização da pesquisa.

Classificação	Estudos	Total
Acadêmico	[17], [30], [24], [2] [28], [21], [16], [31], [32], [33], [26], [34], [1], [20]	14
Indústria	[35], [18], [36], [37], [27], [38], [39], [23], [40], [22], [41], [42], [19]	13
Ambos	[43], [44]	2

dos que apresentam sua pesquisa voltadas para uma determinada área, por exemplo software, hardware, fábrica montadora de veículos, sem o objetivo de ser apenas uma pesquisa ou artigo científico (característica de um estudo Acadêmico).

**Figura 4.2** Distribuição dos estudos selecionados classificados a partir do contexto de realização da pesquisa.

Na Tabela 4.2, é apresentado todos os artigos selecionados a partir da RSL.

Tabela 4.2: Artigos selecionados

#	Artigo	Citação
1	Effect of security and trustworthiness for a fuzzy cluster management system in VANETs	[17]
2	A pragmatic approach on the Internet of Things for smart applications	[30]

**Table 4.2 continuação da página anterior**

#	Artigo	Citação
3	Circulino: An IoT solution applied in the university transport service	[35]
4	Cooperative mobile edge computing system for VANET-based software-defined content delivery	[18]
5	Demonstrating a data access-based context ontology with an online racing game controller application	[36]
6	A novel Big Data analytics and intelligent technique to predict driver's intent	[37]
7	Future challenges for smart cities: Cyber-security and digital forensics	[24]
8	Social Internet of Vehicles: Architecture and enabling technologies	[2]
9	Connected Car & CO2 Emission Overview: Solutions, Challenges and Opportunities	[28]
10	Design and Implementation of Car for Smart Cities—Intelligent Car Prototype	[27]
11	An online target tracking protocol for vehicular Ad Hoc networks	[38]
12	A Secure Authentication Protocol for Wireless Sensor Network in Smart Vehicular System	[39]
13	Analysis of the Security Between Smart Vehicles and Parcels in Smart Cities	[23]
14	Intelligent Transportation System in Smart Cities (ITSSC)	[21]
15	Smart mobility of the future – a challenge for embedded automotive systems	[43]
16	Social Networking and Big Data Analytics Assisted Reliable Recommendation System Model for Internet of Vehicles	[16]
17	Sustainable Framework for Smart Transportation System: A Case Study of Karachi	[44]
18	Toward an Efficient Deployment of Open Source Software in the Internet of Vehicles Field	[31]
19	Towards a Privacy-Preserving Way of Vehicle Data Sharing – A Case for Blockchain Technology?	[32]
20	Vehicular Cloud for Smart Driving Using Internet of Things	[40]
21	Toward an IoT-enabled adaptive interactive bus transportation system	[22]
22	The rise of ransomware and emerging security challenges in the Internet of Things	[33]
23	Automated driving: Safety blind spots	[26]

**Table 4.2 continuação da página anterior**

#	Artigo	Citação
24	Xi ‘an Intelligent Transportation System Construction Platform Research	[34]
25	Situation awareness within the context of connected cars: A comprehensive review and recent trends	[1]
26	A Platform for Smart Object Virtualization and Composition	[41]
27	GER-EN – GNSS Error Reduction Using an Elastic Network Based on V2V and LiDAR	[42]
28	Analysis of Human Awareness of Security and Privacy Threats in Smart Environments	[19]
29	Authorization framework for secure cloud assisted connected cars and vehicular Internet of Things	[20]

## 4.2 Resultados da Avaliação da Qualidade

Os critérios de qualidade auxiliaram na avaliação da importância de cada estudo encontrado para este trabalho. Os resultados da avaliação de qualidade de cada estudo estão descritos na Tabela 4.3. A média de qualidade dos estudos selecionados foi de 81,72%. Apenas 3 artigos atingiram 100% da avaliação [37] [20] [1] e 2 artigos atingiram a avaliação mínima de 70% [41] [42].

## 4.3 Quais as soluções de Internet das Coisas usadas no trânsito?

Durante a investigação realizada nesse trabalho, encontrou-se diversas soluções tecnológicas que podem ser aplicadas no contexto de redução de acidentes no trânsito. A Figura 4.3 apresenta a quantidade de citações dessas soluções nos estudos selecionados.

Ao analisar o gráfico, nota-se que a tecnologia mais usada nas pesquisas, atualmente, é a VANET, com 9 artigos citando esta tecnologia. A Tabela 4.4 apresenta quais são os artigos que citam estas soluções.

Estas soluções estão relacionadas a áreas específicas, apresentadas na Tabela 4.5. Ao extrair as soluções e áreas, pode-se notar quais as tendências de pesquisas voltadas para o auxílio no trânsito, como as Redes Ad-hoc Veiculares, onde veículos são equipados com sensores e recursos de computação para se comunicar com outros veículos através de um protocolo de rede instalado em infraestruturas por toda a cidade, tornando-a então um ambiente de cidades inteligentes [18]; Sistemas de Transporte Inteligente, a aplicação de ferramentas de otimização, como tecnologias de detecção, análise, controle e comunicação, como um método para tornar os sistemas de transporte mais seguros e eficientes [23] e Veículos Inteligentes, que são programados para se autenticar na infraestrutura de nuvem de uma cidade após a primeira conexão com a Internet [24].

Como foi apresentado na Tabela 4.4, existem 14 soluções tecnológicas que atualmente são

**Tabela 4.3** Lista de estudos selecionados e suas pontuações na avaliação de qualidade.

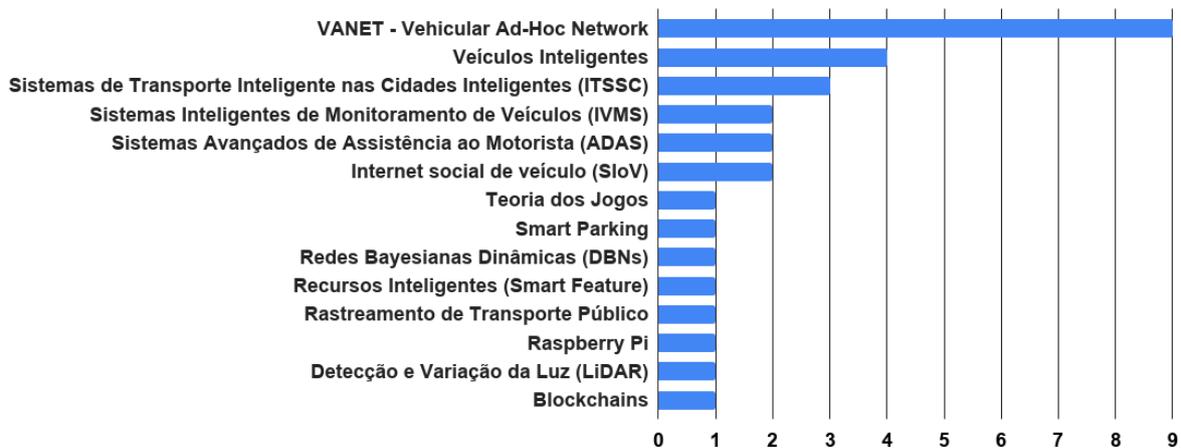
Estudo	CQ1	CQ2	CQ3	CQ4	CQ5	CQ6	CQ7	CQ8	CQ9	CQ10	Score Total	%
[19]	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5	8,0	80%
[23]	0,5	0,5	1	0	0,5	1	1	1	1	1	7,5	75%
[38]	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	8,5	85%
[37]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
[41]	0	1	0,5	0	1	1	0,5	1	1	1	7,0	70%
[30]	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	9,5	95%
[39]	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	7,5	75%
[20]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
[26]	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	9,5	9,5%
[35]	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	9,5	95%
[28]	1	1	1	0,5	1	0	1	1	1	1	8,5	85%
[18]	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	9,5	95%
[36]	1	0,5	1	1	0,5	1	1	1	1	1	9,0	90%
[27]	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	9,0	90%
[17]	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	8,5	85%
[24]	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	9,5	95%
[42]	1	0,5	1	0	0,5	0,5	1	1	0,5	1	7,0	70%
[21]	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	9,0	90%
[1]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
[43]	1	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	9,0	90%
[2]	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	9,0	90%
[16]	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	9,0	90%
[44]	0,5	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	9,0	90%
[33]	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9,5	95%
[31]	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	9,0	90%
[22]	0	0,5	1	0	1	1	1	1	1	1	7,5	75%
[32]	1	0	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	8,0	80%
[40]	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	1	8,5	85%
[34]	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	9,5	95%
Média												81,72%

usadas no trânsito. São elas:

#### 4.3.1 VANET - Vehicular Ad-Hoc Network

Segundo Derder et al. (2019) [38], as redes ad hoc veiculares (VANETs) representam uma classe especial de MANETs (redes ad hoc móveis) na qual veículos inteligentes são os nós de comunicação. As VANETs estão se tornando mais populares para conectar veículos entre si e com a Internet [18] [20] capazes de coletar dados de seus arredores e depois transmitir informações relevantes para as entidades interessadas [1].

## Quantidade de Soluções Referenciadas



**Figura 4.3** Quantidade de soluções tecnológicas presentes nos estudos selecionados.

**Tabela 4.4** Soluções encontradas e em quais artigos estão sendo citadas.

Soluções	Citado por	Total
VANET - Vehicular Ad-Hoc Network	[17], [30], [18], [2], [38], [16], [1], [19], [20]	9
Veículos Inteligentes	[24], [39], [16], [40]	4
Sistemas de Transporte Inteligente nas Cidades Inteligentes (ITSSC)	[21], [44], [31]	3
Rastreamento de Transporte Público	[22]	2
Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos (IVMS)	[35], [34]	2
Sistemas Avançados de Assistência ao Motorista (ADAS)	[43], [26]	2
Recursos Inteligentes (Smart Feature)	[36]	1
Raspberry Pi	[27]	1
Redes Bayesianas Dinâmicas (DBNs)	[37]	1
Teoria dos Jogos	[23]	1
Deteção e Variação da Luz (LiDAR)	[42]	1
Internet Social dos Veículos (SIoV)	[2], [28]	1
Blockchains	[32]	1
Smart Parking	[41]	1

Os veículos estão sendo equipados com mais sensores e recursos de computação de acordo com a inteligência exigida para ter cidades mais inteligentes [18] [20]. Os veículos podem ser conectados de diferentes maneiras:; comunicação Veículo a Veículo (V2V), Veículo a Pedestre (V2P), Veículo a Qualquer Coisa (V2X) ou Veículo para Infraestrutura (V2I), através de esta-

**Tabela 4.5** Áreas tecnológicas e suas respectivas soluções

Soluções	Áreas	Total
VANET - Vehicular Ad-Hoc Network		
Sistemas de Transporte Inteligente nas Cidades Inteligentes (ITSSC)	Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)	14
Teoria dos Jogos		
Deteção e Variação da Luz (LiDAR)		
Veículos Inteligentes	Cidades Inteligentes (Smart Cities)	4
Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos (IVMS)	Mobilidade Inteligente (Smart Mobility)	4
Sistemas Avançados de Assistência ao Motorista (ADAS)		
Raspberry Pi	Inteligencia Artificial (AI)	2
Redes Bayesianas Dinâmicas (DBNs)		
Rastreamento de Transporte Público	Transporte Público	2
Recursos Inteligentes (Smart Feature)	Segurança no Trânsito	1
Internet Social dos Veículos (SIoV)		
Blockchains	Internet de Veículos (IoV)	1
Smart Parking		

ções próximas (por exemplo, eNodeBs, unidades na estrada, pontos de acesso, etc.) [18] [17] [16].

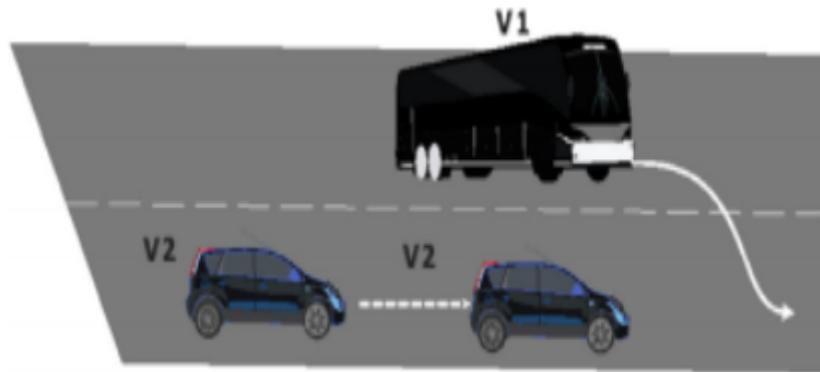
A comunicação entre veículos e infraestrutura, assistência à direção e direção autônoma, frenagem automática e chamadas de emergência, alertas de clima e acidente, áreas de estacionamento, pedágio eletrônico e manutenção preditiva estão entre os recursos mais desejados e disponíveis nos carros conectados de hoje [20].

Existem diferentes trabalhos sobre as VANETs foram encontrados nessa revisão sistemática [17] [2] [1]. Bylykbashi et al. (2019) [17] propõe o controlador de supressão de mensagens, do inglês message controller suppression (MSC), para comunicações V2V e V2I. Os autores consideraram alguns parâmetros para controlar a supressão de mensagens dinamicamente. No entanto, um parâmetro fixo ainda é usado para calcular a duração da supressão de mensagens. Para resolver esse problema, os autores propuseram um controlador de supressão de mensagem aprimorado, do inglês enhanced message controller suppression (EMSC). O EMSC é uma versão expandida do MSC e pode ser usado para várias condições de rede. Porém, muitos pacotes de controle são entregues na rede [17].

Butt et al. (2018) [2] apresenta um conceito novo para as VANETS chamado de Internet dos Veículos, do inglês Internet of Vehicles (IoV). A IoV é conceitualizada para resolver vários problemas enfrentados nas VANETs tradicionais, como falta de coordenação entre veículos diferentes que se distanciam entre si, escalabilidade, falta de informação, etc.

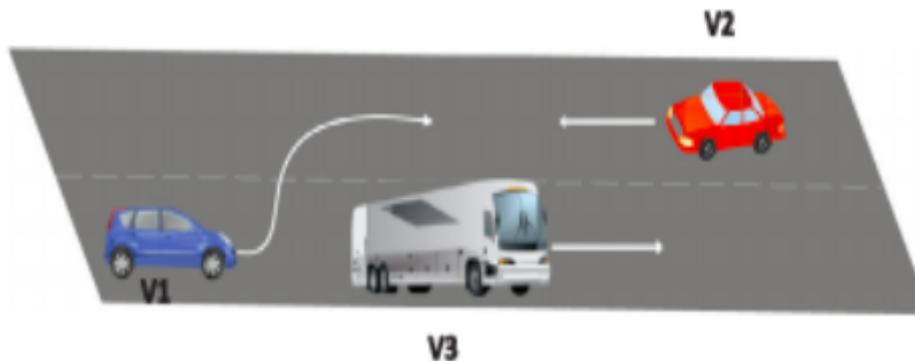
A situação de mudança de faixa por exemplo, é feita através da comunicação entre vários veículos, juntamente com seus relacionamentos estimados como intenção de mudança de faixa [1]. Nesta situação, o carro alvo continua recebendo atualizações periódicas das posições e

da velocidade dos veículos próximos, através da comunicação V2V. Ao detectar a intenção de mudar de faixa, a presença ou ausência de um espaço suficiente entre os veículos nas faixas adjacentes é avaliada para garantir uma mudança de faixa segura. A Figura 4.4 mostra um cenário de exemplo.



**Figura 4.4** Situação de mudança de faixa através da comunicação V2V [1].

Semelhante à situação anterior, uma situação de colisão frontal é um conjunto de veículos diferentes e seus relacionamentos que demonstram um cenário em que carros, viajando em direções opostas, podem colidir. Esse caso de uso está vinculado a uma situação em que um veículo tenta superar outro veículo, o que conseqüentemente causa um risco potencial de colisão para o veículo que está se aproximando na direção oposta [1] como é apresentado na Figura 4.5.



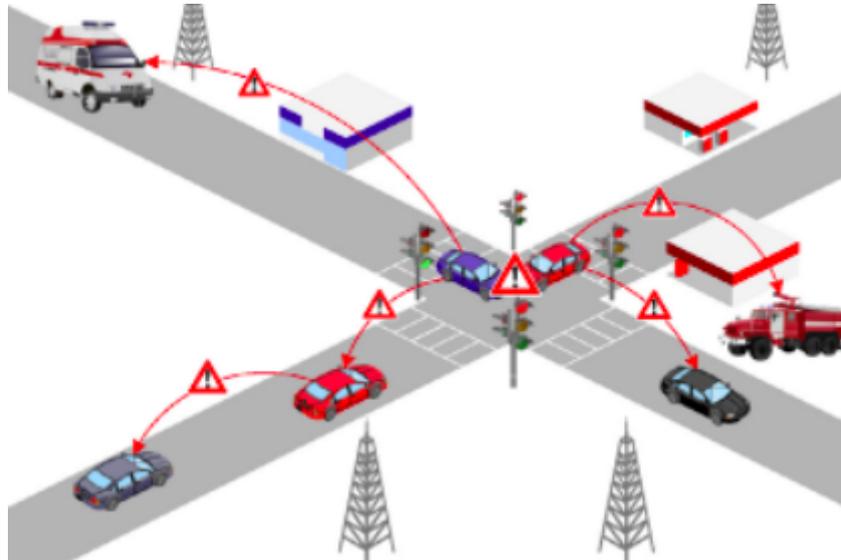
**Figura 4.5** Situação de colisão frontal através da comunicação V2V [1].

As situações de curva também podem ser tratadas com uma infraestrutura conectada a Internet, para informar o carro que se aproxima sobre a nitidez da curvatura da próxima curva e a velocidade adequada para mudar, para que o motorista possa realizar ações antecipadas [1].

A Figura 4.6 ilustra um cenário em que todos os veículos, juntamente com a infraestrutura, transmitem mensagens sobre a curvatura da estrada. Como resultado, outro carro que se aproxima de uma curva acentuada pode continuar sua viagem com segurança sem nenhum mapa ou



localizadas nos semáforos para facilitar sua mobilidade. A mensagem transmitida pelo veículo de emergência inclui informações sobre sua posição, rota, velocidade e destino. O aplicativo incorporado nos carros vizinhos usa essas informações para alertar os motoristas e, assim, permitir a passagem do veículo de emergência [1].



**Figura 4.8** Situação de emergência através da comunicação V2V [1].

### 4.3.2 Veículos Inteligentes

Os veículos inteligentes, de acordo com Baig et al. (2017) [24], são veículos conectados com a Internet capazes de enviar com frequência seus dados (localização, velocidade, direção, etc) a outros veículos conectados também a Internet por meio de servidores instalados ao longo da estrada. Os dados são transmitidos periodicamente ou instantaneamente, dependendo da política em vigor e de outras restrições, incluindo a energia do dispositivo e a disponibilidade do canal de comunicação. Além disso, Baig et al. (2017) [24] afirma que os mais recentes veículos inteligentes são programados para se autenticar na infraestrutura de nuvem de uma cidade após a primeira entrada na região da cidade (neste contexto, uma Cidade Inteligente). À medida que um veículo se locomove, suas coordenadas GPS e a direção do movimento determinam o próximo semáforo que ele encontrará [24]. O painel do veículo foi projetado para exibir um relógio de contagem regressiva que opera até que a luz verde apareça. Com essa integração perfeita de veículos inteligentes, sensores de semáforo e a conexão em nuvem da cidade, os cidadãos da cidade se beneficiam das informações de uso em tempo real enquanto dirigem um veículo inteligente [24].

Para Pandey e Subbiah (2016) [16], os veículos inteligentes podem se comunicar entre si através da Internet Social das Coisas, do inglês Social Internet of Things (SIoT), onde os veículos trocam informações através de uma rede social criada para, no nosso contexto, veículos inteligentes. Nessas redes, informações sobre o tráfego e as condições das estradas são obtidas tanto de humanos quanto de máquinas [16].

Para fazer a comunicação entre veículos, Li et al. (2018) [39] propõe a seguinte estrutura: sensores veiculares são inseridos nos veículos, tais sensores coletam informações dos veículos e do tráfego em tempo real e os encaminham para um servidor receptor, conectado na nuvem, onde este receptor envia para outro veículo também conectado a esse sensor. A nuvem possui acessibilidade e serviços próprios que podem ser obtidos através da Internet, além disso, a nuvem oferece vantagens diferentes, serviço sob solicitação, veracidade e qualidade do serviço para o veículo que está conectado a ela [40].

### 4.3.3 Sistemas de Transporte Inteligente nas Cidades Inteligentes (ITSSC)

O sistema de transporte inteligente é composto por vários sensores projetados para realizar diferentes operações sensoriais [44]. Aamir et al. (2019) [44] cita as seguintes tecnologias de sensor a serem usadas em um sistema de transporte inteligente:

- A detecção do volume e acidentes de trânsito, tipo de automóvel e sua presença e a velocidade são realizadas pelos detectores de loop.
- A detecção de fluxo de carros e sua presença e a velocidade são realizadas pelo radar de microondas. O radar montado em um veículo também pode ser usado para a detecção de impedimentos e o controle automático de velocidade.
- O tipo de veículo e suas características podem ser determinados usando sensores de infravermelho via medição de eco.
- O compartilhamento de informações de segurança entre veículos provou ser muito eficaz para o sistema de transporte inteligente e pode ser realizado usando a comunicação bidirecional de veículo para veículo (V2V) oferecida por Rádio DSRC.

Para Dahbour et al. (2019) [21], ITSSC consiste em três fases: coleta de dados em tempo real, análise dos dados e troca (transferências) desses dados. De acordo com Aamir et al. (2019) [44], para desenvolver um Sistema de Transporte Inteligente, é necessário encontrar as áreas da cidade onde o fluxo de tráfego é maior, o status e a capacidade das estradas, a causa do congestionamento, o número de veículos entre outras informações. ITSSC é proposto para gerenciar por quanto tempo os semáforos devem ser aberto (luz verde), além disso, a possibilidade de acidentes no trânsito também é levada em consideração [21]. As condições e informações de tráfego serão reunidas através de quatro ruas em cada cruzamento, analisando os dados coletados levando em consideração a localização dos veículos e o número de veículos neste cruzamento [21].

Khelifi et al. (2019) [31] categoriza sistemas de segurança rodoviária da seguinte forma:

1. Tráfego em tempo real: as informações de tráfego em tempo real podem ser armazenadas em um veículo e disponibilizadas a outros veículos sempre e onde for necessário. Isso contribui para solucionar problemas de trânsito, como engarrafamentos, mitigar o local de emergências e acidentes por meio de alertas, etc.

2. Transferência Cooperativa de Mensagens: Veículos lentos / parados podem compartilhar mensagens e cooperar para ajudar outros veículos. Embora a confiabilidade e a latência sejam uma preocupação principal a esse respeito, o aplicativo pode potencialmente automatizar coisas como frenagem de emergência para evitar acidentes prováveis.

#### **4.3.4 Rastreamento de Transporte Público**

Al-Jabi (2017) [22], no seu estudo sobre Sistemas de Transporte de Ônibus, apresenta um sistema que faz a contagem de pessoas em uma parada e as relaciona com a localização do ônibus. Além disso, a localização do ônibus e sua rota são armazenados em um sistema interno do mesmo. Um sistema de monitoramento de ônibus escolar onde é monitorado a velocidade e localização do ônibus e salva os registros na nuvem, onde tais registros estão disponíveis para os pais [22].

Al-Jabi (2017) [22] também descreve um sistema de rastreamento, onde o ônibus com este sistema, envia sua localização para um servidor web, e o usuário que têm acesso a esse servidor, seja por aplicativo, como o CittaMobi por exemplo, pode ter acesso a localização do ônibus, podendo então se posicionar na parada no horário certo, evitando horas de espera. Além disso, é proposto que o sistema previna áreas de congestionamento antes mesmo de acontecer. Além de também informar ao passageiro, quando o ônibus estiver chegando na parada escolhida.

#### **4.3.5 Sistema Inteligente de Monitoramento de Veículo (IVMS)**

O Sistema Inteligente de Monitoramento de Veículo, do inglês Intelligent Vehicle Monitoring System (IVMS) [35] [34] é formado por dispositivos eletrônicos, como o Sistema de Posicionamento Global, do inglês Global Positioning System (GPS), para transmissão de dados e sistemas computadorizados de gerenciamento e monitoramento de veículos. Esses sistemas funcionam com o conceito de mobilidade inteligente, tornando o transporte mais conectado, eficiente e flexível. Os IVMSs são usados para melhorar a entrega e o gerenciamento de serviços de transporte usando diferentes tipos de informações como a geolocalização.

#### **4.3.6 Sistemas Avançados de Assistência ao Motorista (ADAS)**

Uma das soluções que os sistemas avançados de assistência ao motorista apresenta é a direção automatizada (DA) ou carros sem motoristas [26]. Os defensores da DA acreditam que remover o ser humano do sistema deve reduzir a incidência de acidentes em 90% [26].

De acordo com Noy et al. (2018) [26], um estudo realizado nos EUA, com gravadores on-line documentando quase 1000 acidentes, concluiu que quase 90% dos acidentes foram causados por falha humana. Portanto, sistemas como o ADAS precisam de grandes quantidades de dados de sensores para capturar situações em rápida mudança, identificar ameaças e tomar decisões sobre as ações a serem tomadas.

### 4.3.7 Recursos Inteligentes (Smart Feature)

Existem várias definições para o termo "recursos inteligentes". Naher et al. (2018) [36] define como sendo um ambiente formado por serviços, dispositivos e sensores inteligentes para entregar serviços e informações relevantes aos motoristas. Esses recursos inteligentes relacionados à segurança no trânsito incluem suporte à mudança de faixa e assistência ao estacionamento. Muitos veículos também incluem sensores de proximidade que permitem ao carro frear automaticamente ou alertar o motorista antes que ocorra uma colisão [36].

### 4.3.8 Raspberry Pi

O Raspberry Pi é um computador pequeno e de baixo custo, usado para o procedimento de classificação [27]. Os veículos conectados entre si oferecem uma grande chance de implementar um sistema eficiente e inteligente de leitura de mapas. Chaudhari et al. (2019) apresenta uma tentativa de integrar um módulo de detecção de obstáculos, comunicação entre veículos e controle de voz para fornecer os controles necessários para o carro usando o Raspberry Pi.

Sendo assim, é possível monitorar um veículo de qualquer lugar usando o conceito de IoT. Após um acidente, uma mensagem de alerta é enviada ao hospital mais próximo e também aos familiares. Usando o aprendizado de máquina, pode ser implementado feito um sistema de tomada de decisão do carro [27]. A partir daí, o carro analisa se um objeto é de fato um obstáculo a sua frente, após esta análise, o carro deve parar ou ultrapassar o obstáculo [27]. Em outro caso, quando o motorista sofre um ataque cardíaco ou está com dor de cabeça, basta acionar um comando de voz e o carro o levará ao hospital mais próximo [27]. Uma câmera conectada ao Raspberry Pi é usada para capturar vídeo e fotografias para identificar diferentes estados do semáforo (vermelho, amarelo e verde), diferentes tipos de placas de sinalização e direções da estrada. A câmera também identifica corpo humano, animais e veículos em movimento na estrada por segurança [27].

### 4.3.9 Redes Bayesianas Dinâmicas (DBNs)

No estudo de Birek et al. (2018) [37], utilizou-se uma arquitetura de reconhecimento de contexto em cinco camadas que, depois de coletar dados do ambiente de condução, a partir de um modelo que utiliza uma abordagem probabilística em tempo real, baseada em redes bayesianas dinâmicas, o sistema foi capaz de distinguir entre informações certas e duvidosas a fim de executar as ações apropriadas. O sistema integra informações contextuais, incluindo o motorista, o veículo e o ambiente ao redor, com a finalidade de classificar o comportamento usando as etiquetas: "normal, bêbado, imprudente ou fadiga" [37].

### 4.3.10 Teoria dos Jogos

A teoria dos jogos é o estudo de modelos matemáticos de negociação, conflito, cooperação entre indivíduos e interação estratégica entre agentes racionais e irracionais [23]. No estudo feito por Rouchdi et al. (2019) [23], o objetivo da teoria dos jogos é justificar e deduzir a tomada de decisão pelos indivíduos, abordando a análise de situações competitivas em que o resultado

dos participantes (motoristas) depende criticamente das ações de outros participantes. A teoria dos jogos é proposta por Rouchdi et al. (2019) [23] como uma ferramenta de otimização que regula o fluxo de transporte e como utensílio para a tomada de decisões, ajudando na resolução de maneiras ideais de transportar nossos componentes unitários (pacotes) e resolvendo a privacidade da comunicação e questões de segurança.

É possível obter a abordagem adotando inovações de IoT e veículos inteligentes, mas os benefícios da implementação de modelos matemáticos, como a teoria dos jogos, podem permitir otimizar os sistemas de transporte sem a necessidade de tecnologias avançadas [23].

#### 4.3.11 Detecção e Variação da Luz (LiDAR)

Balzano e Vitale (2018) [42] cita conceitos conhecidos como comunicação Veículo a Veículo (V2V) e Detecção e Variação da Luz (LiDAR) como os principais ingredientes do seu estudo. Sistemas V2V são sistemas em que veículos podem comunicar-se entre si a fim de trocar informações sobre o tráfego e sua localização. De acordo com Balzano e Vitale (2018) [42], a detecção e o alcance da luz (LiDAR) é um método que mede as distâncias que iluminam o alvo usando um laser pulsado e lendo os pulsos refletidos com um sensor. Mais utilizado atualmente para detecção de obstáculos em veículos autônomos, sua fama aumentou nos últimos anos devido à redução de custos para emissores e sensores a laser [42].

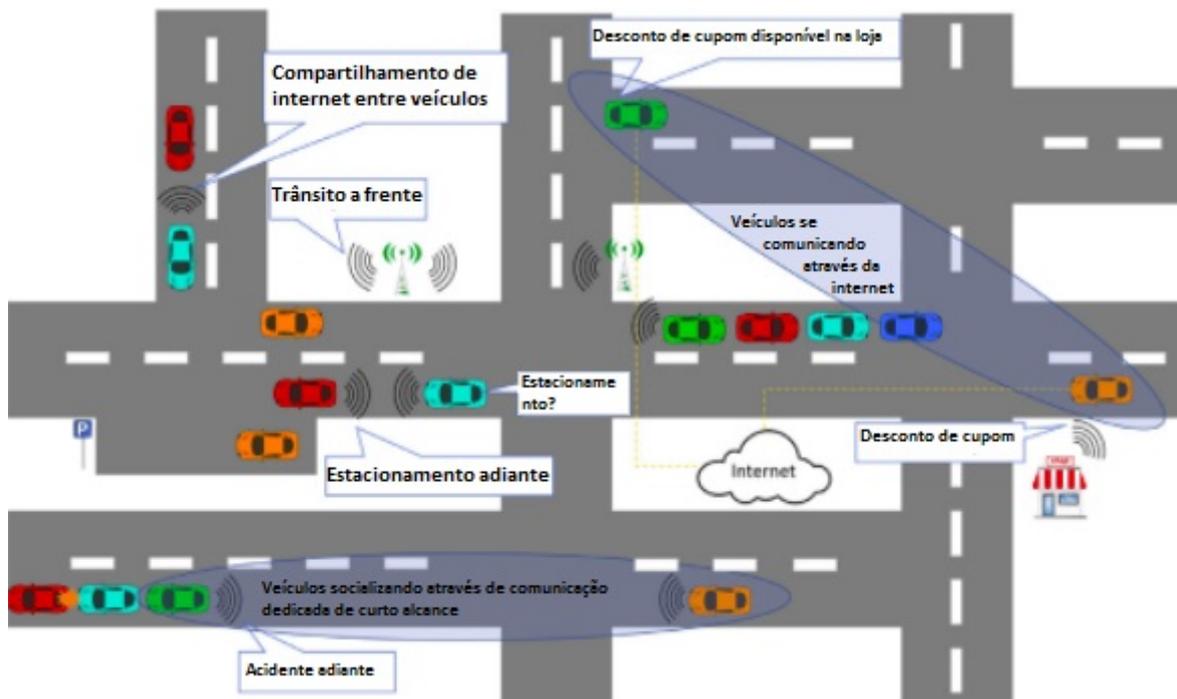
GER-EN é uma nova metodologia que visa melhorar a precisão da localização baseada no GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélite, mais popularmente conhecido como GPS) [42]. Em seu estudo, Balzano e Vitale (2018) [42] utilizam uma combinação de estimativa de erro GNSS, sensores LiDAR e um gráfico elástico para reduzir o erro baseado em satélite ao longo do tempo.

#### 4.3.12 Internet Social dos Veículos (SIoV)

Como Berdigh et al. (2019) [28] descreve, a Internet dos Veículos, do inglês Internet of Vehicles (IoV), é uma aplicação da IoT que pode ser usada para coletar, transmitir, identificar, integrar e fazer uso das informações dos carros.

Internet Social dos Veículos, do inglês Social Internet of Vehicles (SIoV), é a tendência moderna para o IoV [2]. Na SIoV, as entidades se socializam compartilhando informações de interesses comuns, como informações de trânsito, condições climáticas, situações de estrada, vagas para estacionamento de carros, etc [2]. A socialização na SIoV não se limita apenas aos veículos, ela também pode incluir motoristas, passageiros e infraestrutura.

Através da SIoV, um veículo mantém uma lista de relações sociais de outros veículos e conversa com o usuário do veículo por meio da unidade de bordo instalada no veículo para enviar e receber informações como navegação, etc [2]. Enquanto estiver na estrada, um veículo pode comunicar com outros veículos, infraestruturas e pedestres. O veículo conectado permite a troca de informações entre outros veículos e estruturas ao seu redor, utilizando WIFI, Bluetooth e GPS [28]. A conexão do veículo à Internet é garantida por uma unidade transmissora/receptora integrada ao próprio veículo ou por sistemas de terceiros, como smartphones [28]. Na Figura 4.9, traduzida do modelo apresentado por Butt et al. (2018) descreve o modelo tradicional da Internet Social de Veículos [2].



**Figura 4.9** Modelo Tradicional da SIOV [2].

Como ilustrado na imagem, a SIOV é capaz de se comunicar entre veículos, entre uma infraestrutura, e transmitir informações de um veículo para outro, tudo conectado através da Internet [2]. Butt et al. (2018) [2] descreve um aspecto fundamental dos sistemas SIOV para socializar entre suas entidades; o agrupamento de dados. Ele ajuda a fornecer uma medida para encontrar entidades que desempenham um papel central para um grupo de veículos e facilita a disseminação eficiente de informações, permitindo que as entidades ajam como um nó de retransmissão. O agrupamento também desempenha um papel fundamental na socialização de entidades no SIOV, categorizando veículos com base em parâmetros como interesses dos veículos, distância, velocidade e localização [2].

**Sensores ambientais:** para Butt et al. (2018) [2], uma das principais peças-chaves da SIOV, são os sensores de detecção que auxiliam na coleta de dados de vários sensores ambientais. As informações coletadas desses sensores ajudam a tomar decisões necessárias. Vários sensores ambientais são usados para coletar vários tipos de informações. Alguns dos sensores mais utilizados são: temperatura, chuva, movimento, velocidade, estacionamento, localização, sensores de semáforos, etc [2]. Esses sensores, ilustrados na Figura 4.10, quando associados à infraestrutura, permitem detectar situações como congestionamento, monitoramento de velocidade, vaga estacionamento e detecção de acidentes [2].

### 4.3.13 Blockchains

As Blockchains foram introduzidas como tecnologia subjacente do Bitcoin em 2008 [32]. De acordo com Kaiser et al. (2018) [32], transações únicas são usadas para descrever um fluxo

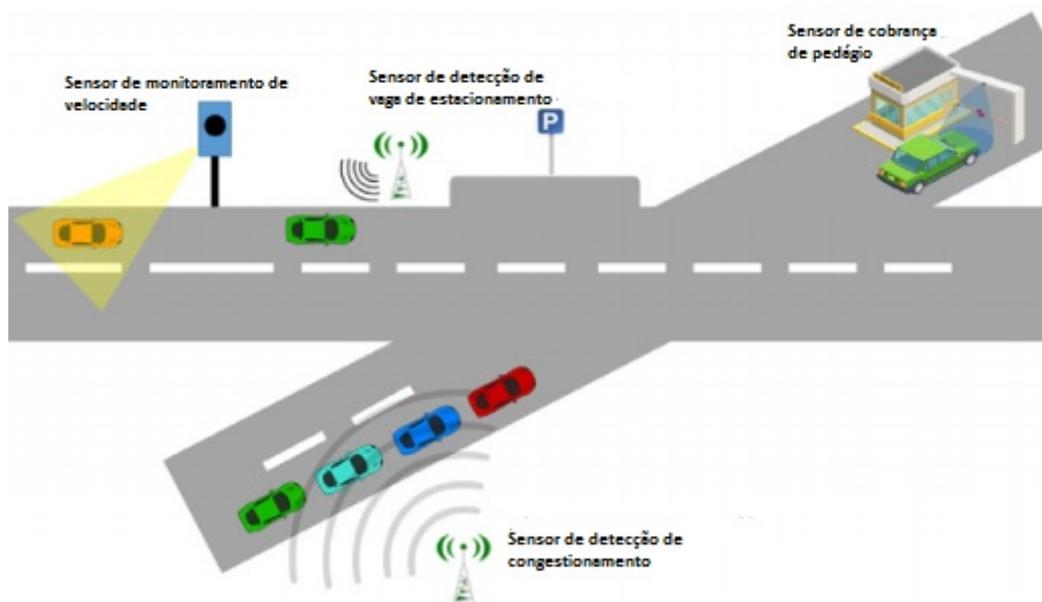


Figura 4.10 Exemplos de sensores ambientais [2].

de caixa de uma entidade para outra. Toda nova transação é distribuída para todo o sistema Blockchain e, em uma etapa seguinte, uma quantidade predefinida dessas transações são compiladas em um bloco e, finalmente, esse bloco é armazenado na blockchain. As versões mais recentes do Blockchain permitem, além da troca de transações simples, também a criação de contratos inteligentes [32]. Assim, blockchain e especialmente os contratos inteligentes podem ser usados para resolver certos problemas envolvendo o trânsito, devido à sua capacidade de preservar a privacidade; em relação a tópicos de pesquisa de longo prazo, como detecção da atenção ou fadiga do motorista e tópicos atuais, como a utilização de veículos com sensores ambientais inseridos no veículo e na infraestrutura da cidade, conectando cada vez mais os veículos entre si e com a infraestrutura [32].

#### 4.3.14 Smart Parking

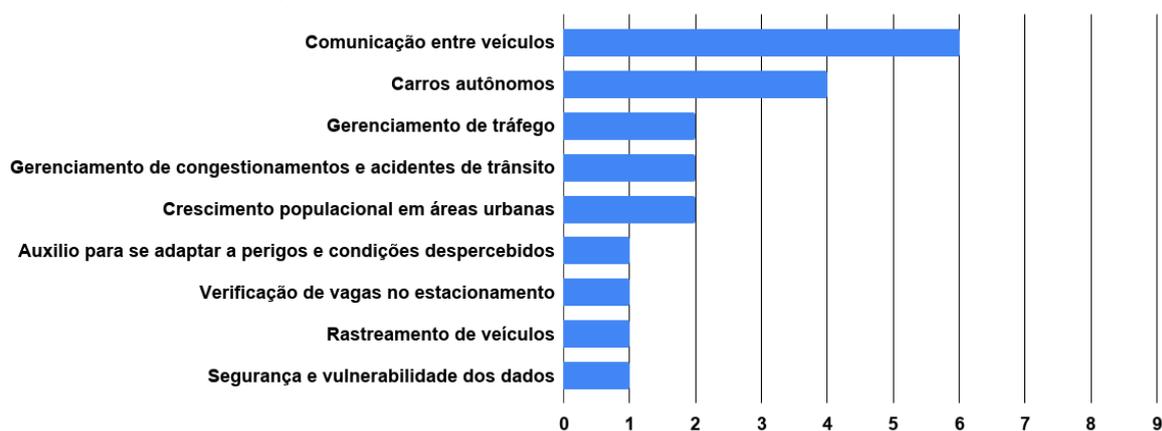
No artigo escrito por Stecca et al. (2015) [41], é apresentado uma plataforma de interação com objetos inteligentes (objetos capazes de se conectar com a Internet), uma plataforma de execução de aplicativos (AEP). No Smart Parking (Estacionamento Inteligente), o AEP permite a criação de uma aplicação que integra os sensores do carro (GPS) com informações de estacionamento em tempo real [41].

## 4.4 Qual cenário em que as soluções são aplicadas?

Ao longo da pesquisa, foram encontrados 9 cenários envolvendo o trânsito, na Tabela 4.6 é apresentado os cenários e os artigos que os referenciam. Logo após, o gráfico da Figura 4.11 apresenta a quantidade de artigos que citam um determinado cenário.

**Tabela 4.6** Cenários encontrados e em quais artigos estão sendo citados.

Cenário	Citado por	Total
Comunicação entre veículos	[17], [35], [32], [40], [1], [20]	6
Carros autônomos	[18], [27], [26], [19]	4
Gerenciamento de tráfego	[23], [34]	2
Gerenciamento de congestionamentos e acidentes de trânsito.	[21], [44]	2
Crescimento populacional em áreas urbanas	[22], [1]	2
Auxílio para se adaptar a perigos e condições despercebidos	[36]	1
Verificação de vagas no estacionamento	[28]	1
Rastreamento de veículos	[38]	1
Segurança e vulnerabilidade dos dados	[33]	1

**Cenários Referenciados na Pesquisa****Figura 4.11** Cenários e quantidade de artigos que citam

A Tabela 4.7 apresenta quais as soluções estão sendo mencionadas em cada cenário. A descrição de cada cenário é apresentada a seguir.

#### 4.4.1 Comunicação entre veículos

Kaiser et al. (2018) [32] em seu artigo, informa que os veículos futuros se comunicarão entre si, bem como com a infraestrutura ao seu redor, para coletar informações sobre as condições da estrada e detectar as situações atuais de tráfego. Além disso, os veículos serão cada vez mais conectados à Internet para fornecer uma ampla gama de serviços de conveniência aos usuários, para reunir informações mais recentes sobre tráfego e mapas, a situação atual de tráfego da cidade ou até para relatar um acidente [32].

Fornecer transferência de dados rápida e econômica para a segurança e conforto dos pas-

**Tabela 4.7** Cenários e soluções mencionadas

#	Cenário	Solução
1	Comunicação entre veículos	- Redes Ad-hoc Veiculares - VANET - Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos - Veículos Inteligentes
2	Carros autônomos	- Redes Ad-hoc Veiculares - VANET - Sistemas Avançados de Assistência ao Motorista
3	Auxilio para se adaptar a perigos e condições despercebidos	- Recursos Inteligentes (Smart Feature)
4	Verificação de vagas no estacionamento	- Internet Social dos Veículos - SIOV
5	Rastreamento de veículos	- Redes Ad-hoc Veiculares - VANET
6	Gerenciamento de tráfego	- Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos
7	Gerenciamento de congestionamentos e acidentes de trânsito	- Sistemas de Transporte Inteligente nas Cidades Inteligentes
8	Crescimento populacional em áreas urbanas	- Rastreamento de Transporte Público
9	Segurança e vulnerabilidade dos dados	- Veículos Inteligentes

sageiros. Em essência, as VANETs oferecem novas perspectivas para melhorar soluções já existentes com a finalidade de tornar a comunicação confiável entre veículos [17]. As VANETs visam tornar os sistemas de transporte mais rápidos e inteligentes, nos quais os veículos são equipados com uma comunicação sem fio de curto e médio alcance [17]. No estudo de Bylyk-bashi et al. (2019) [17], o autor apresenta meios de melhorar a comunicação entre veículos, apresentando diversos tipos de comunicação entre veículos e novos métodos de se comunicar, por exemplo o controlador de supressão de mensagem aprimorado.

A IoT desempenha um papel importante para tornar o transporte mais inteligente, introduzindo carros conectados e comunicando entre si. A IoT veicular envolve interação e troca de dados entre diversas entidades, incluindo veículo para veículo (V2V), veículo para infraestrutura (V2I), veículo para humano (V2H) [20]. Gupta e Sandhu (2018) [20] apresentam em seu estudo um meio de comunicação entre veículos com a finalidade de tornar os carros mais autônomos, auxiliando o motorista na tomada de decisão em situações de risco.

Para Golestan et al. (2016) [1], “o desenvolvimento de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) têm sido um elemento crucial no design de futuras cidades inteligentes e conectadas, com o objetivo de navegação supereficiente e jornada de viagem mais segura. Com mais de um bilhão de carros nas estradas hoje e crescendo, a segurança nas estradas rapidamente se tornou um fator desafiador para lidar com o setor de transporte. Estatísticas alarmantes indicam que os acidentes de trânsito produzem 1,3 milhões de mortes por ano.” Este artigo apresenta meios de comunicação entre veículos, através da VANET, com a finalidade de reduzir acidentes no trânsito e melhorar o tráfego.

Há um aumento da quantidade de pessoas que compram o carro, portanto, é necessário um “veículo inteligente” para superar o tráfego e reduzir o atraso no tempo para chegar ao destino [40]. O principal objetivo do desenvolvimento do armazenamento na nuvem veicular é fornecer um novo modelo de comunicação para os veículos se comunicarem entre si [40].

Barbosa et al. (2019) [35] descreve em seu artigo sistemas que funcionam com o conceito de mobilidade inteligente, tornando o transporte mais conectado, eficiente e flexível. A mobilidade inteligente é, portanto, um tópico multifacetado, envolvendo todos os paradigmas das cidades inteligentes e gerando um conjunto de diversos benefícios para todas as partes interessadas das cidades inteligentes [35].

#### 4.4.2 Carros autônomos

Os carros estão ficando "mais inteligentes"[18]. Tecnologias como Inteligência Artificial e (Edge Computing) surgiram com a evolução das infraestruturas de rede e processadores de alta velocidade, abrindo as portas para aplicativos e serviços inteligentes fazerem parte de nossos veículos, como direção autônoma, segurança no trânsito e gerenciamento de tráfego [18].

Noy et al. (2018) [26] aponta um estudo realizado nos EUA, usando gravadores on-line que documentaram quase 1000 acidentes, concluiu que quase 90% dos acidentes foram causados por erro humano [26]. Será um avanço tornar os carros inteligentes onde eles aprendem automaticamente a dirigir nas ruas [27]. Este artigo cita as ações humanas como um dos principais fatores dos acidentes de trânsito, apresentando então, formas de contornar este problema por meio de carros autônomos ou parcialmente autônomos.

Caviglione et al. (2015) [19] no seu artigo diz que, os seres humanos não devem ser ameaçados pelos veículos, pois o mau comportamento de um veículo autônomo pode levar a ferimentos graves e riscos à segurança. Além disso, a natureza cooperativa das redes como as VANET colocam a rede em um papel central e crítico. Portanto, as tecnologias de rede usadas nos veículos devem ser protegidas contra atividades maliciosas, que são muito eficazes [19].

Caviglione et al. (2015) [19], em contraparte com o de Noy et al. (2018) [26], levanta pontos importantes nos riscos em se ter um carro autônomo totalmente conectado com a Internet.

#### 4.4.3 Auxílio para se adaptar a perigos e condições despercebidos

Neste artigo, Naher e Graves (2018) [36] descrevem que os recursos inteligentes associados à segurança são para ajudar o motorista a se adaptar a perigos e condições que eles podem não perceber a tempo de reagir de maneira eficaz. Eles também ajudam o motorista, tornando todos os dias as ações de direção mais fáceis e seguras de executar [36].

#### 4.4.4 Verificação de vagas no estacionamento

O artigo de Berdigh et al. (2019) [28] descreve um sistema de estacionamento inteligente com a finalidade de facilitar para o motorista na hora de encontrar uma vaga para estacionar. O sistema funciona da seguinte forma:

- Quando um carro entra no estacionamento e se dirige para a vaga reservada, o estande

validará a vaga.

- Se a vaga de estacionamento for validada, uma orientação relacionada à direção será enviada ao carro para encontrar a vaga reservada.
- A infraestrutura viária envolvida: cinto de estacionamento, luzes e dispositivo de infravermelho, colaboram para prevenir e detectar os erros de identificação. Quando a roda dianteira pressiona o Belt-a, a comunicação Bluetooth é aprimorada.
- O Belt-a e o dispositivo resistente a violações (TRD) validarão, conforme necessário, a confirmação da reserva.
- Para fins temporários de validação do carro estacionado, o dispositivo infravermelho é usado no lugar do slot.

#### 4.4.5 Rastreamento de veículos

O artigo de Derder et al. (2019) [38] cita um método, através de VANETs para rastrear veículos através do sistema de rastreamento para estimar as zonas mais pertinentes nas quais o alvo provavelmente está situado e, posteriormente, focar a mensagem nessas zonas.

#### 4.4.6 Gerenciamento de tráfego

O termo Sistemas Inteligentes de Transporte, ou ITS, é geralmente usado para se referir à tecnologia, infraestrutura e serviços do futuro, bem como aos métodos de planejamento, operação e controle a serem usados para o transporte de pessoas [23]. Além disso, o sistema de transporte inteligente (ITS) surgiu como uma solução para diferentes problemas de transporte, como o congestionamento do tráfego, que aumentou em todo o mundo, motorização, urbanização, crescimento populacional e mudança na densidade populacional [23]. Os congestionamentos reduzem a eficiência ou a infraestrutura do transporte e o tempo de viagem, poluição do ar e consumo de combustível [23]. Agora, o desenvolvimento das estradas criou uma nova devastação que levou a um aumento de acidentes em todo o mundo [23].

Dito isso, o artigo de Yang (2019) [34] apresenta tecnologias que melhoram o gerenciamento do tráfego nas cidades. Com o aumento das fontes de aquisição de dados de tráfego, os veículos têm uma grande demanda por informações de tráfego em tempo real, melhorando gradualmente. Nos últimos anos, a computação em nuvem, (*big data*) e outras tecnologias foram gradualmente aplicadas ao tráfego marítimo no processamento de informações no país e no exterior [34].

#### 4.4.7 Gerenciamento de congestionamentos e acidentes de trânsito

O problema mais comum enfrentado pelas regiões urbanas em todo o mundo é o congestionamento do tráfego [44]. O congestionamento pode ser causado por várias razões em um determinado intervalo de tempo, como o aumento do número de veículos em uma determinada área em um determinado intervalo de tempo (principalmente durante o horário de expediente

ou durante o término das aulas na escola/faculdade), ou devido a alguns acidentes na estrada, ou devido a algum trabalho relacionado à construção, portanto, as autoridades de trânsito exigem disposições especiais para tais eventos [44].

O sistema de transporte é uma das partes básicas de um sistema em todas as cidades. Dahbour et al (2019) [21], cita que nos últimos anos, muitas modificações foram feitas no sistema de transporte que pretendiam encontrar uma solução para congestionamentos e acidentes de trânsito, pois esses problemas levam ao atraso e escassez na vida ou no trabalho das pessoas. A maioria das soluções sugeridas e propostas para construir um sistema de transporte exige o envolvimento do usuário ou depende de notícias da mídia social como fonte de informação que pode estar incorreta[21]. Além disso, o rápido aumento da aglomeração de pessoas que vivenciamos em nossa vida agora causa dificuldades no movimento de veículos. Portanto, existe uma demanda crítica por um sistema inteligente com menor dependência da entrada dos usuários para resolver os congestionamentos de tráfego [21].

#### **4.4.8 Crescimento populacional em áreas urbanas**

O artigo de Al-Jabi (2017) [22] cita os problemas do congestionamento no trânsito e seu efeito colateral em transportes públicos, como os ônibus por exemplo. O crescimento populacional é considerado um dos principais desafios atualmente, diante do aumento populacional nas áreas urbanas [22]. Tal modo que, as pessoas desejam se locomover em um ambiente onde a melhoria do transporte público desempenha um papel importante para permitir que esse sistema de transporte público se torne um sistema inteligente. O ônibus, considerado como meio de transporte econômico, é altamente afetado pelo congestionamento do tráfego, que por sua vez gera atraso dos ônibus até as paradas [22].

Para Golestan et al. (2016) [1], o desenvolvimento de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) têm sido um elemento crucial no design de futuras cidades inteligentes e conectadas, com o objetivo de navegação supereficiente e jornada de viagem mais segura. Com mais de um bilhão de carros nas estradas hoje e crescendo, a segurança nas estradas rapidamente se tornou um fator desafiador para lidar com o setor de transporte [1]. Estatísticas alarmantes indicam que os acidentes de trânsito produzem 1,3 milhões de mortes por ano [1].

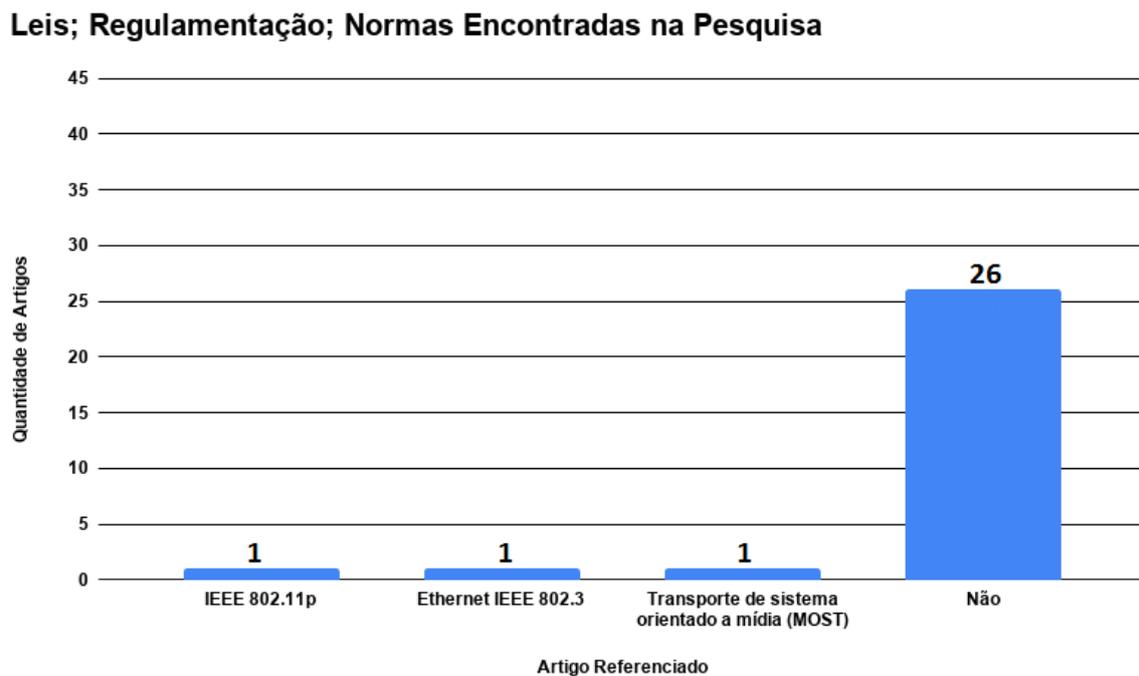
#### **4.4.9 Segurança e vulnerabilidade dos dados**

Yaqoob et al. (2017) [33] apresenta um caso real em que, na Fiat Chrysler, a sétima maior montadora de veículos do mundo, teve seu veículo hackeado. Em 2015, a empresa lançou um recall de 1,4 milhão de carros vulneráveis à exploração. O Jeep Cherokee (2014-2015) foi um dos catorze modelos que fizeram a notícia por serem hackeados [33]. Os cibercriminosos conseguiram controlar e acessar este carro remotamente devido à fraca segurança, conforme relatado pela Wired [33]. Os detalhes completos sobre o hack foram fornecidos no artigo da Wired, que afirma que esse incidente ocorreu na movimentada interestadual (Highway 64, perto de St. Louis, Missouri, EUA), sob condições controladas [33]. Depois de algum tempo, foi revelado que o objetivo desse hacking era determinar a brecha nos carros, considerando que qualquer pessoa pode acessá-los e controlá-los remotamente e usá-los para fins criminais [33]. Todo o artigo consiste em explorar os desafios da segurança em sistemas envolvendo IoT.

## 4.5 As soluções seguem alguma lei, regulamentação, norma ou padrão?

A da Figura 4.12 apresenta a distribuição de artigos que mencionam, alguma lei, regulamentação, norma ou padrão e os estudos que não mencionam.

Para esta questão de pesquisa apenas 2 artigos conseguiram responder. O artigo de Bylykbashi et al. (2019) [17] e o artigo de Berdigh et al. (2019) [28] foram os únicos que apresentaram uma lei, regulamentação, norma ou padrão.



**Figura 4.12** Leis, Normas, Regulamentação ou Padrão citados.

### 4.5.1 IEEE 802.11p

O padrão IEEE 802.11p, apresentado por Bylykbashi et al. (2019) [17], suporta comunicações entre veículos em ambientes externos. Ele define aprimoramentos ao 802.11 necessários para suportar aplicativos ITS (Sistema de Transporte Inteligente). A tecnologia opera em 5,9 GHz em vários ambientes de propagação para veículos em movimento de alta velocidade.

### 4.5.2 Ethernet IEEE 802.3

Berdigh et al. (2019) [28] apresenta o padrão de rede Ethernet IEEE 802.3, um protocolo de barramento muito utilizado devido ao seu baixo custo, velocidade rápida e alta flexibilidade. Não é de surpreender que a Ethernet seja a tecnologia escolhida para grande parte da Internet e a tecnologia mais popular para rede local (LAN) em redes de computadores.

### 4.5.3 Transporte de sistema orientado a mídia (MOST)

Também no artigo de Berdigh et al. (2019) [28], é apresentado outro protocolo, o MOST. MOST é uma rede de alta velocidade classificada em redes de Classe D dedicada a dados multimídia, desenvolvida em 1998 pela MOST. Este protocolo pode fornecer transferência de dados ponto a ponto com taxa de dados de até 24,8 Mb/s. MOST define separadamente os canais de dados e os canais de controle usados para configurar os canais de dados para cada link. Depois que a conexão é estabelecida, os dados podem fluir continuamente [28].

## 4.6 Existe evidência do uso da solução em situações reais?

Ao longo da pesquisa, foram encontradas algumas evidências da solução em situações reais. A Tabela 4.8 mostra as evidências e seus artigos que as citam.

**Tabela 4.8** Evidências encontradas e em quais artigos estão sendo citadas

Evidências	Citado por	Total
Um carro autônomo capaz de prever obstáculos e evitar acidentes alertando o motorista caso necessário	[27]	1
Semáforo inteligente para se comunicar com os veículos	[21]	1
Em Karachi, foi desenvolvido um teste para solucionar os problemas de congestionamento de tráfego da cidade	[44]	1
BMW, GM, Ford e Renault iniciaram a Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI) com indústrias e universidades	[32]	1
CittaMobi	[22]	1
Caso do Jeep Cherokee, da Fiat Chrysler, um dos catorze modelos hackeados	[33]	1
O acidente de carro do Google em 14 de fevereiro de 2016	[26]	1
VANETs em programas de pesquisa, como WAVE, C2C-CC, CVIS, NoW e VSC	[1]	1
Tesla Model X foi hackeado com muitos outros incidentes de ataques no passado	[20]	1

### 4.6.1 Um carro autônomo capaz de prever obstáculos e evitar acidentes alertando o motorista caso necessário

No artigo de Chaudhari et al. (2019) [27], foi feito um robô simulando um pequeno carro, incluindo os recursos como Raspberry Pi e um módulo de detecção de obstáculos, que mostra o desempenho ideal em um ambiente simulado. O robô pode tomar decisões como em qual direção devem tomar a direita ou a esquerda. É implementado um sistema de prevenção de colisões, que detecta a presença de um obstáculo que se aproxima do veículo alerta o motorista [27]. Este sistema usava sensor ultrassônico para detecção de obstáculos em movimento [27].

#### **4.6.2 Semáforo inteligente para se comunicar com os veículos**

Um dos esforços para o desenvolvimento de sistemas de tráfego inteligentes é o Centro de Informações de Tráfego (TIC), publicado em 2012 no simpósio de veículos inteligentes na Espanha [21]. Dahbour et al. (2019) [21] introduziu um novo esquema que conta com o centro de informações para lidar com o semáforo. É um semáforo inteligente projetado para formar um centro de coleta de dados (servidor). Este servidor reuniu informações sobre as estatísticas de tráfego disponíveis e atuais na cidade dos clientes (veículos). Depois disso, o servidor retorna as informações coletadas para os outros veículos. As mensagens transferidas entre os dois lados têm três tipos, primeiro a mensagem de configuração "Olá", que é enviada quando um novo cliente altera o intervalo TIC anterior e entra em um novo intervalo de servidores, segundo, a mensagem de aviso de acidente e, finalmente, a mensagem de dados padrão.

#### **4.6.3 Em Karachi, foi desenvolvido um teste para solucionar os problemas de congestionamento de tráfego da cidade**

O estudo de Aamir et al. (2019) [44] propõe uma estrutura de transporte inteligente, focada principalmente de acordo com os problemas de congestionamento de tráfego na cidade de Karachi. A idéia proposta não apenas fornece um conceito para transformar a infraestrutura de transporte da cidade em Sistema de Transporte Inteligente, mas também reduz a poluição ambiental na cidade.

#### **4.6.4 BMW, GM, Ford e Renault iniciaram a Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI) com indústrias e universidades**

Recentemente, os fabricantes de automóveis BMW, GM, Ford e Renault iniciaram a Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI) juntamente com outros parceiros industriais e acadêmicos, como Bosch, Blockchain em Berkeley, Hyperledger, Fetch.ai, IBM e IOTA [32]. Além disso, outros fabricantes de veículos estão avaliando Blockchains ou já estão trabalhando em projetos concretos [32].

#### **4.6.5 CittaMobi**

O artigo escrito por Al-Jabi (2017) [22] faz uma referência ao aplicativo CittaMobi, um aplicativo de gerenciamento de transporte público (ônibus), onde pode-se ver quais linhas, horários e chegada prevista do ônibus na parada selecionada. O aplicativo é um forte exemplo para o que o autor está propondo no seu estudo.

#### **4.6.6 Caso do Jeep Cherokee, da Fiat Chrysler, um dos catorze modelos hackeados**

O estudo de Yaqoob et al. (2017) [33] descreve o caso em que um carro da Fiat, o Fiat Cherokee, foi um dos catorze modelos a serem hackeados na época. O motivo do hacking foi para descobrir brechas e falhas na segurança do automóvel que estava conectado com a Internet.

#### 4.6.7 O acidente de carro do Google em 14 de fevereiro de 2016

O acidente de carro do Google em 14 de fevereiro de 2016 é um bom exemplo (Google, 2016) [26]. Nesse acidente, o carro autônomo do Google planejava fazer uma curva à direita e percebeu que a faixa da direita estava bloqueada. Consequentemente, tentou voltar ao centro da faixa adjacente, esperando por uma brecha segura no tráfego. Depois de perceber essa lacuna, tentou se unir à frente de um ônibus que passava na faixa de rodagem. Infelizmente, partiu-se do pressuposto de que o outro motorista (humano) na pista passaria mais devagar para acomodar o carro do Google. Mas não era obrigado a fazê-lo legalmente e, portanto, seu motorista não diminuiu a velocidade e, consequentemente, ocorreu um acidente [26].

#### 4.6.8 VANETs em programas de pesquisa, como WAVE, C2C-CC, CVIS, NoW e VSC

No artigo de Gupta e Sandhu (2018) [20], é descrito que o potencial das VANETs foi reconhecido com o estabelecimento de programas de pesquisa ambiciosos, como WAVE, C2C-CC, CVIS, NoW e VSC.

#### 4.6.9 Tesla Model X foi hackeado com muitos outros incidentes de ataques no passado

Gupta e Sandhu (2018) [20], ao mencionar que o Tesla Model X foi hackeado, não só informou que a integridade da segurança dos veículos inteligentes estão em risco, mas que também prejudica a segurança do motorista, comprometendo seus dados pessoais, como informações precisas e importantes do usuário.

### 4.7 Qual a estimativa de preço da solução?

Os estudos encontrados na pesquisa não apresentam uma estimativa do preço da solução. Sendo assim, realizou-se uma análise se era uma solução gratuita ou proprietária. A Tabela 4.9, relaciona o estudo selecionado com a respectiva classificação: "Proprietária"(porém não informa o valor, apenas diz que é um produto), "Open Source"(Aplicações em desenvolvimento ou de código aberto) e "Não Informa".

**Tabela 4.9** Classificação dos artigos em relação ao preço de suas soluções.

Custo	Citado por	Total
Não Informa	[17], [30], [35], [18], [37], [24], [23], [16], [44], [32], [33], [34], [1], [41], [19]	15
Open Source	[2], [28], [27], [38], [39], [21], [43], [31], [40], [22], [42], [20]	12
Proprietária	[36], [26]	2

## 4.8 Quais os principais benefícios alcançados ou esperados?

Na Tabela 4.10, é apresentado os principais benefícios encontrados ao usar cada solução identificada. Ao longo do estudo, notou-se que a segurança do motorista e passageiros, assim como sua localização em tempo real são alguns dos principais benefícios encontrados.

**Tabela 4.10** Principais benefícios encontrados.

Benefícios	Citado por	Total
Proteção contra riscos de segurança	[39], [32], [1]	3
Localização em tempo real	[35], [38]	2
Auxílio em investigações digitais incluindo roubo e homicídio	[24]	1
Assistência no aumento da taxa de transferência e taxa de erros de bits	[2]	1
Deteção do Comportamento Humano	[32]	1
Acesso a informações na nuvem	[40]	1
Auxílio no planejamento dos usuários que usam transporte público	[22]	1
Economia no tempo de viagem	[34]	1
Reduz a emissão de carbono dos motores	[34]	1
Reduz efetivamente os acidentes no tráfego	[34]	1
Reduzindo o desperdício de recursos	[34]	1
Diminuir o congestionamento do tráfego	[1]	1
Melhoria de conexão de dados para diminuir atrasos e delays	[38]	1

A Tabela 4.11 apresenta os benefícios e em quais soluções estão relacionados.

### 4.8.1 Proteção contra riscos de segurança

Como foi descrito na Seção 4.3.13, as *Blockchains* têm capacidade de manter privacidade durante a troca de informações entre veículos, informações que remetem aos dados pessoais do usuário ou até mesmo sua localização [32].

As VANETs, como Golestan et al. (2016) [1] descreve, são usadas para o fluxo de informações de segurança e tráfego e garantem uma visão situacional ampliada do ambiente além da limitação da visão do motorista. Assim, uma percepção precoce dos riscos potenciais pode ser alcançada e manobras antecipadas podem ser realizadas pelo carro ou pelo motorista [1] [39].

### 4.8.2 Localização em tempo real

Os Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos, no contexto de transporte de passageiros, são usados para entregar informações sobre horário, localização em tempo real e hora prevista para a chegada do ônibus [35]. Este sistema traz conforto e segurança aos usuários

**Tabela 4.11** Benefícios e soluções mencionadas

#	Benefício	Solução
1	Proteção contra riscos de segurança	- Veículos Inteligentes - Blockchains - Redes Ad-hoc Veiculares - VANET
2	Localização em tempo real	- Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos
3	Auxílio em investigações digitais, incluindo roubo e homicídio.	- Veículos Inteligentes
4	Assistência no aumento da taxa de transferência e taxa de erros de bits.	- Internet Social dos Veículos
5	Deteção do Comportamento Humano	- Blockchains
6	Acesso a informações na nuvem	- Veículos Inteligentes
7	Auxílio no planejamento dos usuários que usam transporte público	- Rastreamento de Transporte Público
8	Economia no tempo de viagem	- Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos
9	Reduz a emissão de carbono dos motores	- Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos
10	Reduz efetivamente os acidentes no tráfego	- Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos
11	Reduzindo o desperdício de recursos	- Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos
12	Diminuir o congestionamento do tráfego	- Sistemas Inteligentes de Monitoramento de Veículos
13	Melhoria de conexão de dados para diminuir atrasos e delays	- Redes Ad-hoc Veiculares - VANET

enquanto esperam a chegada do ônibus, pois podem acompanhar sua aproximação em tempo real. O IVMS tem sido uma ferramenta útil para identificar padrões de viagens, engarrafamentos, atrasos e adiantamentos na chegada do ônibus na parada [35].

### 4.8.3 Auxílio em investigações digitais incluindo roubo e homicídio

De acordo com Baig et al. (2017) [24], veículos inteligentes que compartilham sua localização em tempo real podem auxiliar investigações da polícia em situações de roubo e homicídio envolvendo os carros. Com o compartilhamento da localização, a polícia pode facilmente encontrar o veículo em alerta.

#### **4.8.4 Assistência no aumento da taxa de transferência e taxa de erros de bits**

Com o agrupamento de dados, a troca de informações entre veículos ajudam a fornecer uma medida para encontrar veículos que desempenham um papel central para um grupo de veículos e facilita a o envio eficiente de informações, permitindo que tais veículos ajam como um nó de retransmissão [2].

#### **4.8.5 Detecção do Comportamento Humano**

Além manter a privacidade, as *blockchains* podem ser capazes de detectar o nível de cansaço e falta de atenção do motorista, também um risco de segurança, desta vez, segurança do motorista.

#### **4.8.6 Acesso a informações na nuvem**

A computação em nuvem oferece a vantagem de acessar os serviços no pool imediatamente e fornece a solução para o acesso e armazenamento [40]. A nuvem veicular é desenvolvida adicionando as funcionalidades da computação em nuvem com redes veiculares [40].

#### **4.8.7 Auxílio no planejamento dos usuários que usam transporte público**

Como é usado no CittaMobi, no artigo de Al-Jabi (2017) [22], o aplicativo permite que o usuário faça planejamentos para a chegada do ônibus no local e horário determinando, evitando ter que esperar por horas sem ter a certeza de que o mesmo virá.

#### **4.8.8 Economia no tempo de viagem**

Com o uso de um sistema de transporte inteligente, uma das consequências será a economia no tempo de viagem, pois com a coleta de informações do tráfego em tempo real, compartilhamento da localização dos veículos entre si, estabelecer uma rota mais rápida e econômica, se torna possível [34].

#### **4.8.9 Reduz a emissão de carbono dos motores**

Como dito anterior, ao obter uma rota mais rápida, conseqüentemente o veículo consumirá menos que o usual, reduzindo então o carbono emitido pelos motores [34].

#### **4.8.10 Reduz efetivamente os acidentes no tráfego**

Ainda no estudo de Yang (2019) [34], veículos que compartilham sua localização, e se comunicam com as infraestruturas ao seu redor, dificilmente irão colidir com outros veículos. Veículos conectados a smartphones também poderão evitar obstáculos como pedestres no meio da pista.

#### **4.8.11 Reduzindo o desperdício de recursos**

Enquanto um veículo procura uma rota mais curta para se locomover, ele consome menos do seu combustível, logo, ele irá queimar menos o combustível do motor, evitando também a emissão de carbono na atmosfera, gerando um transporte mais ecológico [34].

#### **4.8.12 Diminuir o congestionamento do tráfego**

Um veículo conectado a tudo, seja com outros carros, ou com a infraestrutura da cidade, semáforos por exemplo, o veículo pode calcular o tempo entre um semáforo e outro, apresentando, no seu trajeto, o tempo em que o semáforo vai ter até fechar (ficar vermelho), para então, dar ao motorista novos trajetos e rotas a fim de evitar o congestionamento por conta do semáforo [1]. Como Golestan et al. (2016) [1] menciona em seu artigo, em um cenário onde houve um acidente na pista, o veículo se comunica com outro veículo, que está na mesma faixa e direção do veículo danificado, com a finalidade de informar o veículo que mude de faixa ou mude seu trajeto a fim de evitar um congestionamento.

#### **4.8.13 Melhoria de conexão de dados para diminuir atrasos e delays**

A abordagem apresentada por Derder et al. (2019) [38], concentra-se na precisão do rastreamento, explorando as possibilidades de envolver unidades de bordo e infraestrutura do trânsito em zonas nas quais o alvo provavelmente será localizado durante o processo de rastreamento, em um período de tempo de espera dinâmico antes da transmissão da mensagem ser usada para diminuir o nível de congestionamento da mensagem [38].

### **4.9 Quais desafios encontrados?**

Muitos problemas, como descreve a Tabela 4.12 foram encontrados ao longo da pesquisa, apresentando que quanto mais o veículo está conectado com a Internet, mais problemas de segurança e vulnerabilidade dos dados o veículo vai sofrer. Tais desafios, estão agrupados em um conjunto de categorias. A Tabela 4.13 apresenta estas categorias e quais os desafios estão relacionados a ela.

Dito isso, os maiores desafios encontrados nesta pesquisa estão em áreas de Transferência de Dados; Dados Inconsistentes; Suporte; Falha Humana e Segurança da Informação.

A Tabela 4.14 apresenta os desafios e em quais soluções estão relacionados. Os desafios são apresentados nas próximas subseções.

#### **4.9.1 Falta de confiabilidade e segurança**

A natureza dos sistemas SIOV apresenta vários desafios, como dinamicidade, interoperabilidade, segurança, privacidade, incerteza, confiabilidade, etc [2] [31] [1]. Além disso, esses desafios carecem de uma arquitetura padrão.

Atualmente, o IoV é objeto de inúmeros projetos de pesquisa, cuja ênfase principal é como garantir conexões sem fio confiáveis e eficazes entre os veículos [31]. O desafio mais embara-

**Tabela 4.12** Desafios encontrados

Desafios	Citado por	Total
Falta de confiabilidade e segurança	[2], [31], [1], [19]	4
Compartilhamento de informações pessoais dos motoristas	[32], [1], [20]	3
Ausência de um operador	[30]	3
Ameaças de interceptação de dados durante o tráfego de informações	[22], [24], [1], [20]	3
Código malicioso	[24], [20]	2
Insegurança de ataque de duplicação de usuários	[39], [1]	2
Tempo de comunicação entre os veículos	[30]	1
Gerenciamento da quantidade de veículos em uma VANET	[40]	1
Localização imprecisa	[42]	1
Ameaças físicas	[24]	1
Erros humanos difíceis de ser reconhecidos	[26]	1

**Tabela 4.13** Categorias de cada desafio

Categoria	Desafios	Total
Segurança da Informação	Ameaças de interceptação de dados durante o tráfego de informações	14
	Código malicioso	
	Falta de confiabilidade e segurança	
	Insegurança de ataque de duplicação de usuários	
	Compartilhamento de informações pessoais dos motoristas	
Suporte	Ausência de um operador	3
	Tempo de comunicação entre os veículos	
Transferência de Dados	Gerenciamento da quantidade de veículos em uma VANET	2
	Ameaças físicas	
Falha Humana	Erros humanos difíceis de ser reconhecidos	2
Dados Inconsistentes	Localização Imprecisa	1

çoso enfrentado pela comunidade OpenSource é a segurança de ambientes veiculares conectados [31].

Caviglione et al. (2015) [19] cita ataques mais relevantes em termos de aspectos humanos. O mais relevante é:

- Injeção de informações falsas: um invasor injeta a vulso informações falsas na rede para produzir situações aleatórias ao longo de uma rota. Como por exemplo, um nó que envia informações falsas para se beneficiar de uma redução de tráfego ao longo de um caminho comum. Isso pode ser feito por meio de informações falsas, relatando engarrafamentos. Os métodos mais populares para atingir esses objetivos são: criar ou modificar intencionalmente os quadros existentes, repetir dados capturados anteriormente (ataque de repetição) e enganar os sensores do veículo (ataque de ilusão) [19].

**Tabela 4.14** Desafios e soluções mencionadas

#	Desafios	Solução
1	Falta de confiabilidade e segurança	- Internet Social dos Veículos
2	Compartilhamento de informações pessoais dos motoristas	- Blockchains
3	Ausência de um operador	- Redes Ad-hoc Veiculares - VANET
4	Ameaças de interceptação de dados durante o tráfego de informações	- Veículos Inteligentes - Redes Ad-hoc Veiculares - VANET
5	Código malicioso	- Veículos Inteligentes - Redes Ad-hoc Veiculares - VANET
6	Insegurança de ataque de duplicação de usuários	- Veículos Inteligentes
7	Tempo de comunicação entre os veículos	- Redes Ad-hoc Veiculares - VANET
8	Gerenciamento da quantidade de veículos em uma VANET	- Veículos Inteligentes - Redes Ad-hoc Veiculares - VANET
9	Localização Imprecisa	- Detecção e Variação da Luz
10	Ameaças físicas	- Veículos Inteligentes
11	Erros humanos difíceis de ser reconhecidos	- Sistemas Avançados de Assistência ao Motorista

#### 4.9.2 Compartilhamento de informações pessoais dos motoristas

No projeto AutoMat, coordenado pela Volkswagen, argumenta-se que, como de costume em outros domínios, por exemplo, no mundo do show de música, “os direitos autorais são distribuídos proporcionalmente entre os membros da cadeia de valor” [32]. Essa distribuição de direitos autorais daria aos fabricantes de veículos o direito de usar os dados que um motorista produz sem ônus e, assim, traria os fabricantes de veículos à lucrativa função de provedor de plataforma de dados [32]. No entanto, da perspectiva de um motorista ou passageiro, os direitos autorais não devem ser distribuídos, pois não haveria dados sem eles dirigirem o veículo [32] [20].

#### 4.9.3 Ausência de um operador

A ausência de uma pessoa de fora reunida para avaliar e manter a confiança dos dados de entrada, gera uma falta de confiabilidade do lado do servidor, a ponto dos dados não serem transmitidos de forma correta ou até mesmo do envio de dados confiáveis [40].

#### 4.9.4 Ameaças de interceptação de dados durante o tráfego de informações

Gupta e Sandhu (2018) [20], descrevem que a segurança e privacidade têm sido uma séria preocupação e desafio para a adoção da IoT. Para Golestan et al. (2016) [1], os desafios da área de Internet dos Veículos estão altamente concentrados em tópicos como: protocolos de

roteamento e comunicação, segurança e privacidade, disseminação de dados, simulação, gerenciamento e troca de informações. Os dois últimos foram motivados pelo fato de os carros conectados operarem em um ambiente do datarich. De fato, vários sensores são instalados nos carros, o que os torna um enxame de sensores móveis e fontes de informação que geram e recebem constantemente uma enorme quantidade de dados e informações [1].

Ataques intermediários, de reconhecimento e de repetição, podem existir contra os dados transmitidos pelas redes internamente entre unidades de controle de motor, entre outros veículos e a nuvem [24].

#### **4.9.5 Código malicioso**

Dado o aumento dos sistemas de informação e entretenimento integrados que geralmente executam versões embutidas do Linux, Windows e Android, um código malicioso genérico pode ser executado nos sistemas de informação e entretenimento para incluir todos os dispositivos conectados à rede de veículos inteligentes [24].

Alguns dos riscos em potencial na IoV envolvem mensagens não confiáveis ou falsas de objetos inteligentes, privacidade de dados, invasão e controle críticos de unidades de controle eletrônicos (ECU), falsificação de sensor de veículo conectado e injeção de software malicioso [20].

#### **4.9.6 Insegurança de ataque de duplicação de usuários**

O artigo escrito por Li et al. (2018) [39] demonstra que um protocolo de autenticação não pode suportar ataques de duplicação de usuários e ataques de representação de nós de dissipador. Além disso, o autor também diz que não pode fornecer o recurso de acordo com a chave da sessão. De fato, vários sensores são instalados nos carros, o que os torna um enxame de sensores móveis e fontes de informação que geram e recebem constantemente uma enorme quantidade de dados e informações [1].

#### **4.9.7 Tempo de comunicação entre os veículos**

Para Srinivasan e Koteeswaran (2019) [30], em uma VANET, uma das principais dificuldades é o tempo de comunicação entre os dispositivos conectados e o tempo de roteamento é sempre menor, devido à velocidade do veículo que acaba interferindo na conexão entre outros dispositivos.

#### **4.9.8 Gerenciamento da quantidade de veículos em uma VANET**

Vijayarangan et al. (2018) [40] afirma que a VANET é uma das formas mais difíceis de comunicação sem fio para fornecer os serviços necessários de eficiência e segurança rodoviária com o sistema de transporte inteligente. A parte mais importante da construção da nuvem veicular é gerenciar o número de veículos com base nas informações do veículo relacionados com o design da nuvem [40]. O cálculo correto do veículo presente na faixa e a hora em que o veículo pode ser acessado na faixa é a razão importante para o desenvolvimento da rede de nuvens

veiculares [40].

#### 4.9.9 Localização Imprecisa

Em situações onde o sinal do GPS está fraco ou até mesmo não funciona, o artigo de Balzano et al. (2018) [42], descreve que veículos autônomos podem ter problemas de precisão (até 30 m) em desfiladeiros urbanos estreitos e situações em que a visibilidade do céu é limitada.

#### 4.9.10 Ameaças físicas

Existem várias ameaças enfrentadas por futuros veículos inteligentes, uma delas, é classificada como ameaças físicas [24]. Ameaças físicas podem incluir injeção de falha na unidade de controle de motor (ECU) para quebrar os sistemas de travamento central, ataques de canal lateral para vaziar informações ou introduzir falhas de dados para obter acesso não autorizado às interfaces de depuração [24].

#### 4.9.11 Erros humanos difíceis de ser reconhecidos

Noy et al. (2018) [26], assume o seguinte:

1. O erro humano é inteiramente o resultado de uma percepção equivocada, erro de julgamento ou comportamento inadequado por parte do motorista quando algumas falhas que são classificadas como erro humano, podem de fato envolver outros fatores que podem não ser facilmente superados pela tecnologia.
2. A tecnologia está livre de erros, ou quase isso. Infelizmente, a pesquisa sobre o comportamento do motorista e as experiências recentes com a direção automatizada não suportam nenhuma dessas suposições.

### 4.10 Quais as tendências observadas em IOT no trânsito?

Dado o gráfico da Figura 4.3, ilustrado na Seção 4.1, notou-se que as **VANETs** [17] [30] [18] [2] [38] [16] [1] [19] [20], juntamente com **Veículos Inteligentes** [24] [39] [16] [40], estão sendo muito referenciadas em diversos artigos relacionados a Internet das Coisas no contexto de trânsito.

Estima-se que até 2020 grande parte dos veículos estejam conectados entre si [1]. De acordo com o artigo de Gupta e Sandhu (2018) [20], um quarto de bilhão dos carros estarão conectados até 2020. Carros conectados definem a característica básica das VANETs e conseqüentemente, Veículos Inteligentes.

## Conclusão

Todo ano, centenas de milhares de pessoas morrem no mundo em acidentes de trânsito, na maioria das vezes devido a erros humanos [9]. A tecnologia da IoT, especialmente a introdução de sensores com foco em segurança nos automóveis, apresenta um grande potencial de reduzir drasticamente os acidentes fatais [9].

As conclusões mais relevantes desta revisão e suas implicações para futuras pesquisas são discutidas a seguir.

**As redes ad-hoc veiculares e Sistemas de Transporte Inteligente são as soluções de IoT mais utilizadas pelos estudos selecionados.** A VANET, a tecnologia modelo para comunicação entre veículos ou com objetos ao seu redor (seja a infraestrutura da cidade ou até mesmo pedestres), foi uma das tecnologias mais referenciadas, sendo citada por 9 artigos, dentre os 29 selecionados. A tecnologia é capaz de auxiliar o motorista na tomada de decisões em que o motorista não seria capaz de observar em tempo hábil de contornar a situação [38]. Semelhante às VANETs os Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) são capazes de gerenciar o fluxo de informação passada através dos carros [1] [23] [21] [44] [31] [44].

**Carros autônomos que capazes de comunicarem entre si e tomar decisões sem o auxílio de um motorista em situações de perigos e condições despercebidas.** Quanto mais autônomo o carro for, menos sujeito a erros decorrentes de falha humana. Existem riscos a serem tomados com essa iniciativa, como o ocorrido com o carro da Google em 14 de fevereiro de 2016 [26]. Como foi dito na Subseção 4.6.7, no acidente, o carro autônomo do Google planejava fazer uma curva à direita e percebeu que a faixa da direita estava bloqueada. Consequentemente, tentou voltar ao centro da faixa adjacente, esperando por uma brecha segura no tráfego. Depois de perceber essa lacuna, tentou se unir à frente de um ônibus que estava na pista. Infelizmente, partiu-se do pressuposto de que o outro motorista (humano) na pista passaria mais devagar para acomodar o carro do Google. Mas não era obrigado a fazê-lo legalmente e, portanto, seu motorista não diminuiu a velocidade e, consequentemente, ocorreu um acidente [26]. Porém um carro autônomo capaz de se comunicar com outro carro, também com esta característica, e sendo monitorado por um agente externo (motorista), eles tornam-se também mais inteligentes, capazes de, em contraparte ao caso da Google, evitar obstáculos ou condições despercebidas.

**Localização em tempo real contribui para a redução de congestionamentos no trânsito.** Através da internet social dos veículos, do inglês Social Internet of Vehicles (SIOV), citada na Seção 4.3.12, um dos principais benefícios do uso dessa solução é a capacidade do veículo obter dados como localização de outros veículos e de áreas possíveis de serem congestionadas. A SIOV é capaz de conectar veículos com outros objetos conectados através de sensores ambientais, assim, o veículo é capaz de obter informações como velocidade, posição, etc [2]. Veículos inteligentes, do inglês Smart Vehicles (SV), são capazes de obter tais informações e

alertar ao motorista a fim de que o mesmo seja capaz de tomar as devidas providências evitando assim que o motorista seja pego de surpresa em uma situação inusitada [30] [26].

**Necessidade de integração das soluções propostas com leis e padrões regulatórios.** Dentre os estudos selecionados, foram mencionados apenas a lei IEEE 802.11p em um artigo [17] e Ethernet IEEE 802.3 em outro artigo [28]. Nesse cenário, é necessário o desenvolvimento de soluções em conformidade com leis e normas de segurança e privacidade como a Lei Geral de Proteção de dados (LGPD).

**Necessidade de demonstração empírica dos benefícios alcançados com as soluções.** É importante divulgar novidades sobre Internet dos Veículos ou ações de veículos que usam Redes ad-hoc veiculares em eventos automotivos. Divulgar resultados destas soluções em situações reais para que o público enxergue tais resultados a fim de optarem por usar estas tecnologias. Portanto, é preciso que montadoras, divulguem resultados de testes envolvendo um número considerável na redução de acidentes.

Este trabalho, por meio da Revisão Sistemática da Literatura, foi capaz de encontrar soluções que podem vir a auxiliar a redução de acidentes no trânsito.

## 5.1 Trabalhos Futuros

Por meio da revisão sistemática da literatura apresentada nesse trabalho foram identificadas algumas direções de pesquisa a serem exploradas:

1. Até que ponto um veículo deve ser capaz de tomar as decisões por conta própria (P1)?
2. Quais áreas em uma cidade estão propícias a receberem estas soluções (P2)?
3. Quais planos para a área de segurança de informação nas transferências de dados dos veículos, utilizando as soluções encontradas (P3)?
4. Como desenvolver soluções para internet das coisas em conformidade com leis de privacidade como a LGPD (P4)?
5. Como desenvolver soluções para internet das coisas em conformidade com os padrões regulatórios ou normas (P5)?



- [9] A. Avila. A internet das coisas e seu impacto no dia-a-dia. <https://digitalks.com.br/artigos/internet-das-coisas-e-o-seu-impacto-no-dia-dia/>. Publicado em: 2016-11-04.
- [10] T.M. Ferreira, J.S.C. Neto, C.S. Lopes, and C.H.M.S. Anna. Internet das coisas num cenário de cidades inteligentes: Um estudo de caso sobre os impactos na logística empresarial. *XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Producao*, 2015.
- [11] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D. Georgakopoulos. Sensing as a service model for smart cities supported by internet of things. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies 2014*, 2013.
- [12] R. Giffinger. Smart cities ranking of european medium-sized cities. Publicado em: 2007.
- [13] B. Kitchenham and S. Charters. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Technical Report EBSE 2007-01*, 2007.
- [14] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi. Internet of things for smart cities. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, 2014.
- [15] M. Miyaji. Study on the reduction effect of traffic accident by using analysis of internet survey. In *2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 2014.
- [16] M.K. Pandey and K. Subbiah. Social networking and big data analytics assisted reliable recommendation system model for internet of vehicles. *Internet of Vehicles – Technologies and Services*, pages 149–163, 2016.
- [17] K. Bylykbashi, D. Elmazi, K. Matsuo, M. Ikeda, and L. Barolli. Effect of security and trustworthiness for a fuzzy cluster management system in VANETs. *Cognitive Systems Research*, pages 153 – 163, 2019.
- [18] J. Al-Badarneh, Y. Jararweh, M. Al-Ayyoub, R. Fontes, M. Al-Smadi, and C. Rothenberg. Cooperative mobile edge computing system for VANET-based software-defined content delivery. *Computers and Electrical Engineering*, pages 388–397, 2018.
- [19] L. Caviglione, J.-F. Lalande, W. Mazurczyk, and S. Wendzel. Analysis of human awareness of security and privacy threats in smart environments. *Human Aspects of Information Security, Privacy, and Trust*, pages 165–177, 2015.
- [20] M. Gupta and R. Sandhu. Authorization framework for secure cloud assisted connected cars and vehicular internet of things. *Proceedings of the 23Nd ACM on Symposium on Access Control Models and Technologies*, 2018.
- [21] S. Dahbour, R. Qutteneh, Y. Al-Shafie, I. Tumar, Y. Hassouneh, and A.A. Issa. Intelligent transportation system in smart cities (ITSSC). *Intelligent Systems and Applications*, pages 1157–1170, 2019.

- [22] M. Al-Jabi. Toward an iot-enabled adaptive interactive bus transportation system. *2017 2nd International Conference on the Applications of Information Technology in Developing Renewable Energy Processes & Systems (IT-DREPS)*, pages 1–4, 2017.
- [23] Y. Rouchdi, E.A.A. Alaoui, and K.E. Yassini. Analysis of the security between smart vehicles and parcels in smart cities. *Innovations in Smart Cities Applications Edition 2*, pages 991–999, 2019.
- [24] Z.A. Baig, P. Szewczyk, C. Valli, P. Rabadia, P. Hannay, M. Chernyshev, M. Johnstone, P. Kerai, A. Ibrahim, K. Sansurooah, N. Syed, and M. Peacock. Future challenges for smart cities: Cyber-security and digital forensics. *Digital Investigation*, pages 3 – 13, 2017.
- [25] V. Albino, U. Berardi, and R.M. Dangelico. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, pages 3–21, 2015.
- [26] I.Y. Noy, D. Shinar, and W.J. Horrey. Automated driving: Safety blind spots. *Safety Science*, pages 68 – 78, 2018.
- [27] A. Chaudhari, D. Shah, K. Mungekar, and V. Wani. Design and implementation of car for smart cities—intelligent car prototype. *Soft Computing and Signal Processing*, pages 485–494, 2019.
- [28] A. Berdigh, K. Oufaska, and K.E. Yassini. Connected car & CO2 emission overview: Solutions, challenges and opportunities. *Innovations in Smart Cities Applications Edition 2*, pages 1000–1013, 2019.
- [29] J. Vilela, J. Castro, L.E.G. Martins, and T. Gorschek. Integration between requirements engineering and safety analysis: A systematic literature review. *The Journal of Systems and Software*, pages 68–92, 2017.
- [30] M. Srinivasan and S. Koteeswaran. A pragmatic approach on the internet of things for smart applications. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, pages 2749–2754, 2019.
- [31] A. Khelifi, M.A. Talib, D. Nouichi, and M.S. Eltawil. Toward an efficient deployment of open source software in the internet of vehicles field. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2019.
- [32] C. Kaiser, M. Steger, A. Dorri, A. Festl, A. Stocker, M. Fellmann, and S. Kanhere. Towards a privacy-preserving way of vehicle data sharing – a case for blockchain technology? *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2018*, pages 111–122, 2018.
- [33] I. Yaqoob, E. Ahmed, M.H.ur. Rehman, A.I.A. Ahmed, M.A. Al-garadi, M. Imran, and M. Guizani. The rise of ransomware and emerging security challenges in the internet of things. *Computer Networks*, pages 444 – 458, 2017.

- [34] H.J. Yang. Xi ‘an intelligent transportation system construction platform research. *Procedia Computer Science*, pages 181 – 185, 2019.
- [35] R.A. Barbosa, R.P. Sousa, F.A. Oliveira, H.C. Oliveira, P.D.G. Luz, and L.T. Manera. Circulino: An IoT solution applied in the university transport service. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, pages 503–514, 2019.
- [36] J. Naher, G. Popoola, and C. Graves. Demonstrating a data access-based context ontology with an online racing game controller application. *2017 IEEE SmartWorld Ubiquitous Intelligence and Computing, Advanced and Trusted Computed, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation, SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI 2017 - Conference Proceedings*, pages 1–8, 2018.
- [37] L. Birek, A. Grzywaczewski, R. Iqbal, F. Doctor, and V. Chang. A novel big data analytics and intelligent technique to predict driver’s intent. *Computers in Industry*, pages 226 – 240, 2018.
- [38] A. Derder, S. Moussaoui, Z. Doukha, and A. Boualouache. An online target tracking protocol for vehicular ad hoc networks. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, pages 969–988, 2019.
- [39] C.-T. Li, C.-Y. Weng, C.-L. Chen, and C.-C. Lee. A secure authentication protocol for wireless sensor network in smart vehicular system. *Internet of Vehicles. Technologies and Services Towards Smart City*, pages 278–288, 2018.
- [40] S. Vijayarangam, J. Megalai, S. Krishnan, S. Nagarajan, M.R. Devi, and S. Lokesh. Vehicular cloud for smart driving using internet of things. *Journal of Medical Systems*, page 240, 2018.
- [41] M. Stecca, C. Moiso, M. Fornasa, P. Baglietto, and M. Maresca. A platform for smart object virtualization and composition. *IEEE Internet of Things Journal*, pages 604–613, 2015.
- [42] W. Balzano and F. Vitale. GER-EN – GNSS error reduction using an elastic network based on V2V and LiDAR. In *Cyberspace Safety and Security*, pages 124–131, 2018.
- [43] M. Baunach, R.M. Gomes, M. Malenko, F. Mauroner, L.B. Ribeiro, and T. Scheipel. Smart mobility of the future – a challenge for embedded automotive systems. *Elektrotechnik und Informationstechnik*, pages 304–308, 2018.
- [44] M. Aamir, S. Masroor, Z.A. Ali, and B.T. Ting. Sustainable framework for smart transportation system: A case study of karachi. *Wireless Personal Communications*, pages 27–40, 2019.