



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Thayná Hammes de Almeida

**Uma Aplicação do Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem - Sialoc na  
Malha Rodoviária Federal de Santa Catarina**

Florianópolis

2024

Thayná Hammes de Almeida

**Uma Aplicação do Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem - Sialoc na  
Malha Rodoviária Federal de Santa Catarina**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Eduardo Lobo, Dr.

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica para trabalhos acadêmicos (BU)

Thayná Hammes de Almeida

**Uma Aplicação do Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem - Sialoc na Malha Rodoviária Federal de Santa Catarina**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil.

Florianópolis, 21 de junho de 2024.

Prof.<sup>a</sup> Liane Ramos da Silva, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca examinadora**



Documento assinado digitalmente  
**Eduardo Lobo**  
Data: 03/07/2024 13:32:47-0300  
CPF: \*\*\*,029.580-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Eduardo Lobo, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Ana M. B. Franzoni, Dra.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Gustavo Garcia Otto, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024.

Ao meu avô Lucas Hammes (in memoriam),  
cuja presença senti em cada etapa dessa jornada,  
e que tanto sonhou em ter uma neta engenheira.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente aos meus familiares. A começar por meus pais, Rosana e Pedro, meus exemplos, por serem meus maiores incentivadores, acreditarem no meu potencial, e pelas inúmeras orações pelo meu êxito ao longo desses anos. Sem vocês, nada disso seria possível. À minha irmã Janayna e ao meu cunhado Luís, por me inspirarem academicamente e me mostrarem que conhecimento nunca é demais. Às minhas sobrinhas, Marina e Clara, e ao meu irmão, João Gabriel, por preencherem minha vida com alegria e leveza, mesmo nos momentos mais angustiantes. Aos meus avós: Amida, Lucas (in memoriam), Vito (in memoriam) e Neta (in memoriam). Se cheguei até aqui, devo isso à minha ancestralidade e às lutas que vocês travaram. Vocês sempre serão exemplos para mim.

Agradeço ao meu companheiro, Daniel, por todo amor, parceria, cuidado e suporte emocional ao longo dos últimos anos de graduação. És o meu porto seguro, e tua chegada em minha vida veio carregada de significado e motivação a buscar por um futuro melhor para nós. Agradeço também aos meus sogros pelo apoio incondicional para que concluísse os meus estudos.

Agradeço também aos meus professores por todo conhecimento compartilhado, em especial a professora Ana M. B. Franzoni, por aceitar tão prontamente ao meu convite para participação da banca avaliadora deste trabalho, e ao meu orientador, Eduardo Lobo, pelas aulas descontraídas e cheias de ensinamentos para a vida, pela oportunidade de orientação, por acreditar no meu potencial e desde o início olhar para a minha pesquisa com brilho nos olhos, pelos momentos freudianos e pela amizade que construímos.

Estendo também meus agradecimentos a todos os meus gestores do LabTrans ao longo desses anos de UFSC, em especial Juliana V. S. Albuquerque, Lucas Franceschi, Gustavo Garcia Otto e Keyla J. C. Shinohara. O crescimento profissional que tive junto a vocês é imensurável. Obrigada por me apresentarem o "universo" dos transportes, por acreditarem no meu potencial e incentivarem meu desenvolvimento. Foi uma honra trabalhar com vocês.

Um agradecimento especial à minha psicóloga, Juline Silveira, por clarear minha visão nos momentos mais escuros, me motivar a seguir em frente e atingir a minha melhor versão.

Por fim, agradeço aos meus amigos, que tornaram a graduação mais leve e motivadora: Márcia, Gabriel, Marcolino, Carolina, Eduarda, Maria Luiza, Letícia, Karenn, Miriam, Brunella e Shaiane. A UFSC se tornou um lugar acolhedor a partir do momento em que vocês cruzaram o meu caminho. Desde bares e festas, até almoços no RU, maratonas de estudo na BU e noites viradas estudando, vocês sempre estiveram ali, foram o meu suporte e não me deixaram desistir.

"Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana."

Carl Jung<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> JUNG, Carl Gustav. Obras Completas. Volume VII. Estudos Sobre a Psicologia Analítica. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1991.

## RESUMO

As rodovias desempenham papel fundamental no contexto do transporte de cargas no Brasil, contribuindo de maneira significativa para o desenvolvimento econômico e social do país. Dessa forma, o estado de conservação das rodovias impacta no custo operacional do transporte e na segurança viária, sendo o tráfego de veículos sobrecarregados um dos principais fatores relacionados a degradação do pavimento. Nesse sentido, evidencia-se a importância da prática de fiscalização de peso por parte dos órgãos responsáveis, mediante a aplicação de multas para os transportadores praticantes do sobrepeso. No entanto, um dos principais desafios relacionados à fiscalização de peso consiste em definir a localização dos equipamentos, de modo a capturar o maior fluxo de veículos, e tendo em vista a tendência evasiva dos transportadores que trafegam sobrecarregados. Assim sendo, o presente trabalho tem por objetivo identificar os critérios que devem ser considerados na alocação dos postos de pesagem, bem como os métodos de alocação propriamente ditos. Além disso, aplica-se a metodologia do Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP) através do Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem (Sialoc), por meio de um estudo de caso aplicado à malha rodoviária federal não concessionada de Santa Catarina. A presente pesquisa foi realizada através de uma revisão bibliográfica utilizando os termos chave, e complementada por uma revisão sistemática. Em sequência, são apresentados os dados e as funcionalidades do Sialoc, e executada a aplicação do software à malha rodoviária federal catarinense. Por fim, analisa-se a viabilidade de instalação dos postos de pesagem nos locais propostos e são discutidos os resultados dessa pesquisa.

**Palavras-chave:** Sistemas de Transportes; Alocação de Postos de Pesagem; Pesagem em Movimento; Sialoc; Modo Rodoviário.

## ABSTRACT

Highways play a fundamental role in the context of cargo transportation in Brazil, significantly contributing to the country's economic and social development. Thus, the condition of highways impacts the operational cost of transportation and road safety, with the traffic of overloaded vehicles being one of the main factors related to pavement degradation. In this context, the importance of weight enforcement by responsible agencies is highlighted, through the application of fines to transporters who practice overloading. However, one of the main challenges related to weight enforcement is defining the location of the equipment to capture the highest vehicle flow, considering the evasive tendency of overloaded transporters. Therefore, this study aims to identify the criteria that should be considered in the allocation of weigh stations, as well as the proper allocation methods. Additionally, the methodology of the Weight Enforcement Feasibility Index (IVFP) is applied through the Weigh Station Allocation Support System (Sialoc), via a case study applied to the non-concessioned federal highway network of Santa Catarina. This research was conducted through a literature review using key terms, complemented by a systematic review. Subsequently, the data and functionalities of Sialoc are presented, and the application of the software to the federal highway network of Santa Catarina is executed. Finally, the feasibility of installing weigh stations at the proposed locations is analyzed, and the results of this research are discussed.

**Keywords:** Transportation Systems; Weigh Station Allocation; Weigh-In-Motion; Sialoc; Road Mode.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese dos resultados da Pesquisa CNT de Rodovias 2023 em Santa Catarina .....	6
Figura 2 – A expansão das estradas de rodagem no período de 1957-1964.....	15
Figura 3 – Malha rodoviária brasileira atual .....	20
Figura 4 – Estado geral das rodovias brasileiras contempladas pela Pesquisa CNT de Rodovias 2023 .....	21
Figura 5 – Caminhões que fizeram história no Brasil .....	28
Figura 6 – Caminhões elétricos brasileiros VW e-Delivery, da Volkswagen.....	31
Figura 7 – Dados da frota brasileira de veículos .....	31
Figura 8 – Brasil: produção do espaço geográfico em “ilhas econômicas” (dos séculos XVI à XX) .....	32
Figura 9 – Corredores Logísticos Estratégicos e o planejamento de transportes .....	33
Figura 10 – Corredores Logísticos de Exportação – Soja e Milho.....	34
Figura 11 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Soja e Milho .....	35
Figura 12 – Corredores Logísticos de Exportação – Minério de Ferro .....	36
Figura 13 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Minério de Ferro .....	37
Figura 14 – Corredores Logísticos de Exportação – Veículos Automotores .....	38
Figura 15 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Veículo Automotores .....	39
Figura 16 – Corredores Logísticos de Exportação – Cana-de-Açúcar .....	40
Figura 17 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Cana-de-Açúcar .....	41
Figura 18 – Posto Integrado Automatizado de Fiscalização – PIAF.....	45
Figura 19 – Sítio de Pesquisa de HS-WIM de Araranguá/SC e seus componentes .....	46
Figura 20 – Operadores cadastrados e Veículos registrados no RNTRC.....	54
Figura 21 – Fluxograma da pesquisa.....	74
Figura 22 – Fluxograma das etapas de seleção de estudos para a revisão sistemática.....	77
Figura 23 – Script utilizado na organização dos resultados obtidos da busca na base Scopus	79
Figura 24 – Dashboard de projetos em andamento .....	83
Figura 25 – Dashboard de projetos em andamento: Setor de Transportes .....	83
Figura 26 – Projetos do setor rodoviário em andamento.....	84
Figura 27 – Menu inicial do Acervo Fundiário .....	85
Figura 28 – Principais componentes do Sialoc.....	87
Figura 29 – Comunicação entre os componentes do Sialoc: Arquitetura JCCM .....	91
Figura 30 – Configuração do cenário inicial (cenário adotado) .....	92

Figura 31 – Filtro nas rodovias de Santa Catarina.....	93
Figura 32 – Filtro de IVFP $\geq 1,80$ nas rodovias de Santa Catarina.....	94
Figura 33 – Filtros de IVFP $\geq 1,80$ e VMDAp $\geq 800$ nas rodovias de Santa Catarina .....	95
Figura 34 – Pontos de Análise criados .....	96
Figura 35 – Acidentes envolvendo veículos pesados nos pontos de análise 1 e 2 .....	97
Figura 36 – Acidentes envolvendo veículos pesados nos pontos de análise 3, 4 e 5 .....	97
Figura 37 – Acidentes envolvendo veículos pesados nos pontos de análise 6, 7 e 8 .....	98
Figura 38 – Camada de corredores logísticos de Santa Catarina .....	99
Figura 39 – Volume Médio Diário Anual de veículos pesados no estado de Santa Catarina	100
Figura 40 – Locais escolhidos em estudos anteriores no estado de Santa Catarina .....	101
Figura 41 – Visualização do trecho destacado pelo ponto 2, no <i>Google Street View</i> .....	103
Figura 42 – Visualização do trecho destacado pelo ponto 5, no <i>Google Street View</i> .....	103
Figura 43 – Visualização do trecho destacado pelo ponto 8, no <i>Google Street View</i> .....	104
Figura 44 – Locais selecionados para a instalação de PPM na malha rodoviária federal de Santa Catarina.....	105

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matriz brasileira de transportes de carga.....	3
Gráfico 2 – Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas, 2009-2019 (valores em mil km) .....	19
Gráfico 3 – Resumo das características da malha rodoviária brasileira .....	22
Gráfico 4 – Estudos selecionados: número de publicações por ano.....	63
Gráfico 5 – Assuntos abordados nos estudos selecionados.....	65
Gráfico 6 – Número de sensores versus cobertura total do caminho .....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dez caminhões que fizeram história no Brasil .....	27
Quadro 2 – Produção total de autoveículos - 1957/2023 (em unidades).....	29
Quadro 3 – Corredores Logístico de Combustíveis.....	41
Quadro 4 – Bases de cálculo para normalização das variáveis contínuas do IVFP .....	59
Quadro 5 – Estudos selecionados através da Revisão Sistemática.....	62
Quadro 6 – Assuntos e metodologias dos estudos selecionados .....	64
Quadro 7 – Fonte dos dados utilizados nos estudos selecionados.....	70
Quadro 8 – Classificações de pesquisa e o presente trabalho.....	72
Quadro 9 – Quantitativo de resultados obtidos através das buscas nas bases de dados .....	78
Quadro 10 – Quantitativo dos resultados obtidos nas etapas de seleção de estudos .....	80
Quadro 11 – Fonte dos dados utilizados no Sialoc.....	81
Quadro 12 – Dados dos pontos criados .....	96
Quadro 13 – Corredores logísticos que passam pelos pontos de análise .....	100
Quadro 14 – Quadro-resumo dos pontos selecionados .....	102
Quadro 15 – Informações geográficas dos pontos selecionados .....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acidentes registrados nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2023 .....	4
Tabela 2 – Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para o PBT .....	51
Tabela 3 – Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para eixos e grupos de eixos.....	51
Tabela 4 – Limites do regulamento estabelecido pela Portaria Inmetro nº 019/2022 para o PBT.....	52
Tabela 5 – Limites do regulamento estabelecido pela Portaria Inmetro nº 019/2022 por eixo isolado e grupos de eixos.....	52

## LISTA DE SIGLAS

AAT	Agente da Autoridade de Trânsito
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BAT	Boletim de Acidente de Trânsito
BTCLP	<i>Bi-objective Traffic Counting Location Problem</i>
B-WIM	<i>Bridge Weigh-In-Motion</i>
CCO	Centro de Controle Operacional
CGPERT	Coordenação Geral de Operações Rodoviárias
CMT	Capacidade Máxima de Tração
CNT	Confederação Nacional dos Transportes
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
COST	<i>European Cooperation in Science and Technology</i>
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DAER-RS	Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul
DER	Departamentos de Estradas e Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagens
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DOU	Diário Oficial da União
ECP	Estações de Controle em Pista
EFCP	<i>Evasive Flow Capturing Problem</i>
FCP	<i>Flow Capturing Problem</i>
FNM	Fábrica Nacional de Motores
FRN	Fundo Rodoviário Nacional
FUNAI	Fundação Nacional dos Povos Indígenas
GEIA	Grupo Executivo da Indústria Automobilística
GESFRA	Grupo Executivo de Substituição de Ferrovias e Ramais Antieconômicos
GTINAM	Grupo de Trabalho para a Integração da Amazônia
HS-WIM	<i>High-Speed Weigh-In-Motion</i>

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
IRI	Índice de Irregularidade Longitudinal
IVFP	Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso
JCR	<i>Journal Citation Indicator</i>
KKT	<i>Karush-Kuhn-Tucker</i>
LabTrans	Laboratório de Transportes e Logística
MTPA	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
OD	origem-destino
OIML	<i>Organisation Internationale de Métrologie Légale</i>
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBT	Peso Bruto Total
PBTC	Peso Bruto Total Combinado
PDNEP	Plano Diretor Nacional Estratégico de Pesagem
PIAF	Posto Integrado Automatizado de Fiscalização
PIB	Produto Interno Bruto
PIL	Programa de Investimento em Logística
PIN	Programa de Integração Nacional
PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNL	Plano Nacional de Logística
PNP	Plano Nacional de Pesagem
PNV	Plano Nacional de Viação
PPI	Programa de Parcerias e Investimentos
PPM	Posto de Pesagem Misto
PPP	Parceria Público-Privada
PPV	Posto de Pesagem Veicular
PRF	Polícia Rodoviária Federal
QAV	querosene de aviação
QFV	Quadro de Fabricantes de Veículos
RAB	Regime Automotivo Brasileiro

RNA	Rede Neural Artificial
RNTRC	Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas
SC	Santa Catarina
Sialoc	Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIOR	Sistema Integrado de Operações Rodoviárias
SNT	Sistema Nacional de Trânsito
SNV	Sistema Nacional de Viação
SRID	<i>Spatial Referencing System Identifier</i>
TCLP	<i>Traffic Counting Location Problem</i>
TCU	Tribunal de Contas da União
TED	Termo de Execução Descentralizada
UF	Unidade Federativa
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UMO	Unidade Móvel Operacional
UPE	Unidade de Potencial Econômico
VMDA	Volume Médio Diário Anual
VMDAp	Volume Médio Diário Anual de veículos Pesados
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
WIM	<i>Weigh-In-Motion</i>

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	3
	OBJETIVOS .....	8
<b>1</b>	<b>1.2.1</b> <b>Objetivo Geral</b> .....	<b>8</b>
1.1	<b>1.2.2</b> <b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>8</b>
1.2	JUSTIFICATIVA .....	8
	ESTRUTURA E ESCOPO DO TRABALHO .....	9
1.3	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>11</b>
1.4	INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO .....	11
<b>2</b>	<b>EVOLUÇÃO DAS CARGAS NO MODO RODOVIÁRIO</b> .....	<b>11</b>
2.1		11
2.2	<b>2.2.1</b> <b>Característica das vias</b> .....	<b>11</b>
	<b>2.2.2</b> <b>Característica dos veículos</b> .....	<b>22</b>
	<b>2.2.3</b> <b>Característica das cargas</b> .....	<b>32</b>
	2.2.3.1 <i>Soja e Milho</i> .....	33
	2.2.3.2 <i>Minério de Ferro</i> .....	35
	2.2.3.3 <i>Veículos Automotores</i> .....	37
	2.2.3.4 <i>Cana de Açúcar</i> .....	39
2.3	2.2.3.5 <i>Petróleo e Combustíveis</i> .....	41
	PESAGEM.....	42
	<b>2.3.1</b> <b>Definições</b> .....	<b>42</b>
2.4	<b>2.3.2</b> <b>Infraestrutura</b> .....	<b>45</b>
	<b>2.3.3</b> <b>Gestão Pública e Regulação</b> .....	<b>47</b>
2.5	LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES DE PESAGEM .....	54
	<b>2.4.1</b> <b>Métodos e Critérios</b> .....	<b>54</b>
	<b>2.4.2</b> <b>Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP)</b> .....	<b>58</b>
	REVISÃO SISTEMÁTICA .....	61
	<b>2.5.1</b> <b>Resultados da Revisão Sistemática</b> .....	<b>61</b>
	<b>2.5.2</b> <b>Assuntos e metodologias abordadas pelos trabalhos analisados</b> .....	<b>63</b>
	2.5.2.1 <i>Contagem de fluxo e localização de sensores de contagem de fluxo</i> .....	65
	2.5.2.2 <i>Localização de sensores de pesagem de veículos</i> .....	67
	2.5.2.3 <i>Localização de sensores de velocidade</i> .....	69

2.5.3	<b>Fonte dos dados utilizados nos artigos.....</b>	<b>70</b>
	FECHAMENTO DO CAPÍTULO .....	70
	<b>METODOLOGIA E APRESENTAÇÃO DO OBJETO SIALOC .....</b>	<b>71</b>
	INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO .....	71
	ESTRUTURA METODOLÓGICA .....	71
2.6		
3	<b>3.2.1 Procedimento Metodológico .....</b>	<b>72</b>
3.1	SOBRE O PROCESSO DA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	75
3.2	<b>3.3.1 Coleta e seleção dos trabalhos .....</b>	<b>78</b>
3.3	SOBRE OS DADOS .....	80
	SOBRE O SIALOC .....	86
3.4	<b>3.5.1 Aspectos Técnicos .....</b>	<b>87</b>
3.5		
	3.5.1.1 <i>QGIS</i> .....	87
	3.5.1.2 <i>PostgreSQL</i> .....	88
	3.5.1.3 <i>Qt</i> .....	88
	3.5.1.4 <i>Git</i> .....	88
	3.5.1.5 <i>Arquitetura de Software</i> .....	89
3.6	FECHAMENTO DO CAPÍTULO .....	91
4	<b>DIAGNÓSTICO/ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>91</b>
4.1	INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO .....	91
4.2	CONFIGURAÇÃO DO CENÁRIO PARA CÁLCULO DO IVFP .....	92
4.3	APLICAÇÃO DE FILTROS NO MAPA .....	93
4.4		
4.5	CRIAÇÃO DE PONTOS DE ANÁLISE.....	95
4.6	VISUALIZAÇÃO DAS CAMADAS GEOGRÁFICAS NOS LOCAIS SELECIONADOS.....	98
4.7	ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS NOS 5	
5.1	LOCAIS SELECIONADOS .....	102
5.2	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO (SHAPEFILE) .....	104
5.3	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>105</b>
5.4	INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO .....	105
5.5		
5.6	SOBRE A PERGUNTA DE PESQUISA.....	106
	SOBRE OS OBJETIVOS .....	106
	PRINCIPAIS CONCLUSÕES/SISTEMA .....	108
	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	109
	FECHAMENTO DO CICLO/SOBRE A AUTORA.....	110

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>126</b>

## INTRODUÇÃO

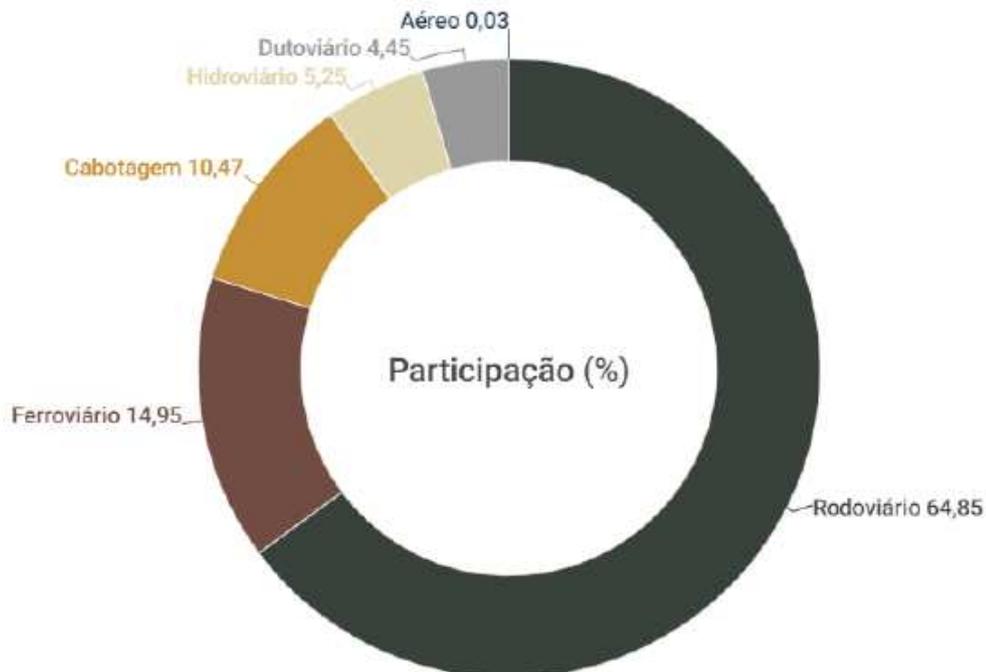
### CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

1 O modal rodoviário é protagonista na matriz brasileira de transporte, sendo responsável por movimentar cerca de 65% das cargas e 95% dos passageiros no território nacional. As rodovias desempenham um papel estratégico para a integração regional e desenvolvimento socioeconômico, sendo fundamental, portanto, que a malha rodoviária apresente uma infraestrutura abrangente e de qualidade, de forma a viabilizar o transporte eficiente e competitivo (CNT, 2023).

1.1

O Gráfico 1 expõe a atual matriz brasileira de transporte de cargas, segundo o Boletim Unificado da Confederação Nacional dos Transportes – CNT, publicado em abril de 2024. Ressalta-se que os dados são referentes ao mês de março do mesmo ano.

Gráfico 1 – Matriz brasileira de transportes de carga



Fonte: CNT (2024)

A legislação brasileira define como acidente de trânsito “qualquer fato que produzir dano em pessoas ou coisas como consequência da circulação dos veículos” (Brasil, 1993). De acordo com a Polícia Rodoviária Federal (PRF), em 2023 as rodovias federais brasileiras registraram um total de 166.623 acidentes, resultando em 5.615 óbitos e 18.890 vítimas gravemente feridas. No mesmo ano, Santa Catarina foi o segundo estado do Brasil em número

de acidentes em rodovias federais segundo dados da PRF, totalizando 7.789 acidentes e 364 óbitos registrados nas rodovias federais catarinenses, sendo as rodovias BR-101, BR-282 e BR-470 as maiores contribuintes, como mostra a Tabela 1. Além disso, mais de 4 milhões e 700 mil quilos de excesso de peso em veículos de carga foram retirados das rodovias federais catarinenses em 2023 (PRF, 2024).

Tabela 1 - Acidentes registrados nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2023

<b>ACIDENTES NAS RODOVIAS FEDERAIS CATARINENSES EM 2023</b>			
<b>Rodovia</b>	<b>Acidentes</b>	<b>Feridos</b>	<b>Mortos</b>
BR-101	4.113	4.350	116
BR-282	1.190	1.407	82
BR-470	1.114	1.311	82
BR-280	709	823	33
BR-116	347	350	31
BR-163	144	171	6
BR-153	73	93	7
BR-480	61	60	3
BR-158	35	29	4
BR-285	3	4	0
<b>TOTAL</b>	<b>7.789</b>	<b>8.598</b>	<b>364</b>

Fonte: PRF (2024)

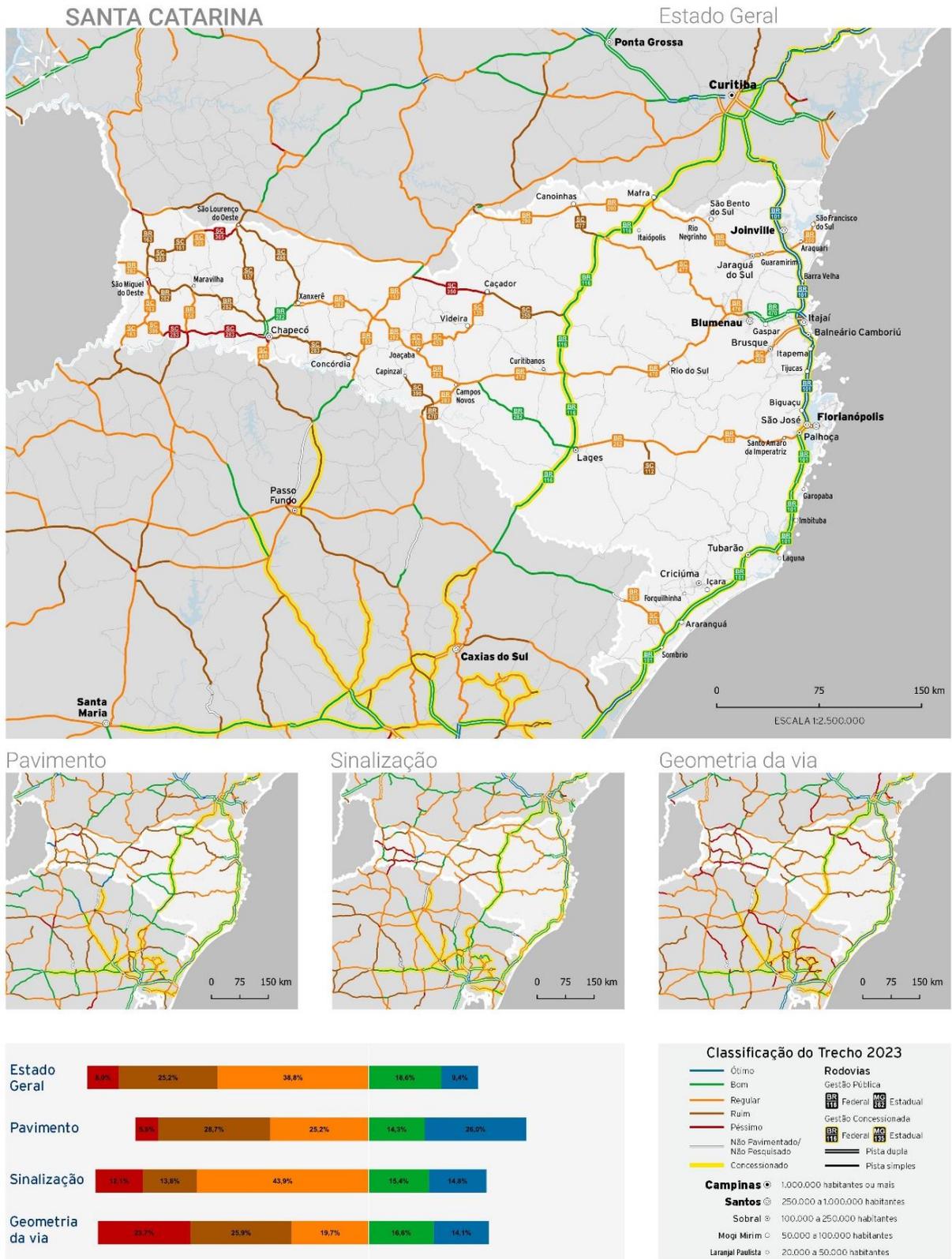
A Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2023) avaliou 111.502 quilômetros de rodovias brasileiras pavimentadas na Pesquisa CNT de Rodovias 2023, onde foi possível identificar piora no estado geral da malha rodoviária nacional com relação aos anos anteriores, totalizando 67,5% de sua extensão classificados como Regular, Ruim ou Péssimo. O estudo em questão também aponta a piora no estado de conservação do pavimento das rodovias brasileiras, onde 56,8% da extensão encontram-se em estado Regular, Ruim ou Péssimo. Ainda, o estudo pontua consequências do estado de conservação das rodovias, como o aumento no custo operacional do transporte, o imenso desperdício de diesel devido ao alto consumo por parte dos veículos de carga, a redução de investimentos na malha rodoviária, e os altos custos com acidentes (que ultrapassam o valor investido em infraestrutura).

No estado de Santa Catarina, a Pesquisa CNT de Rodovias 2023 analisou 3.515 km de rodovias catarinenses pavimentadas (cerca de 3,2% do total pesquisado no Brasil), classificando-as quanto a seu estado de conservação geral, pavimento, sinalização e geometria. Esta pesquisa aponta que cerca de 72,0% da malha rodoviária catarinense apresenta algum problema (porcentagem essa referente ao estado geral classificado como Regular, Ruim ou

Péssimo). Além disso, as três características que compõem o estado geral também foram classificadas como regulares, ruins ou péssimas: pavimento (59,7%), sinalização (69,8%) e a geometria da via (69,3%), e foram identificados 18 pontos críticos no estado – situações atípicas que ocorrem ao longo da via e que podem trazer graves riscos à segurança dos usuários, além de custos adicionais de operação, devido à possibilidade de dano severo aos veículos, aumento do tempo de viagem e/ou elevação do consumo de combustíveis (CNT, 2023).

Ainda, de acordo com a pesquisa, são necessários R\$ 3,70 bilhões para recuperação das rodovias catarinenses, com ações emergenciais de restauração, reconstrução e manutenção, e estima-se um consumo desnecessário de R\$ 37,7 milhões de litros de diesel devido à má qualidade do pavimento da malha no estado (CNT 2023). Os demais resultados da pesquisa para Santa Catarina são expostos na Figura 1, a seguir.

Figura 1 – Síntese dos resultados da Pesquisa CNT de Rodovias 2023 em Santa Catarina



Fonte: CNT (2023)

Tendo em vista a grande movimentação de cargas via modal rodoviário supracitada, a conservação das rodovias federais torna-se um dos pilares do crescimento econômico do Ministério dos Transportes. Foi demonstrado que um dos principais fatores relacionados à degradação do pavimento é o tráfego de veículos sobrecarregados (Jacob e Beaumelle, 2010), uma vez que o pavimento é projetado considerando um peso específico por eixo, e sobrecargas implicam em excesso além do peso considerado em projeto.

Portanto, pode-se inferir que a prática de fiscalização de peso tem papel importante tanto para a conservação do pavimento das rodovias, quanto para a regulação dos transportes de carga no país. Além disso, várias pesquisas já demonstraram a efetividade da fiscalização de peso para prevenir a prática de sobrepeso (Coiro e Arriola, 2016; Han et al., 2012; Jacob e Cottineau, 2016). No contexto brasileiro, Otto et al. (2019) analisam o impacto da falta de fiscalização de peso no comportamento de empresas e condutores, através da comparação de dados coletados ao longo de anos com e sem fiscalização. Dados de um único trecho de uma rodovia federal em Santa Catarina mostraram que o percentual de veículos sobrecarregados cresceu em 87% durante o período sem fiscalização, enquanto que no âmbito nacional, esse percentual apresentou crescimento médio de 34%. Ainda, os autores verificaram que esse aumento na porcentagem dos veículos com sobrepeso produziu um aumento médio de 19% nos custos anuais de manutenção das rodovias.

Outro comportamento frequente no Brasil quando se fala de fiscalização de peso, é a tendência, por parte dos condutores de veículos sobrecarregados, de evasão à fiscalização, utilizando-se de rotas alternativas para seguir viagem. Nesse sentido, Franceschi et al. (2020) expõem a importância de considerar a evasão dos veículos no planejamento da localização dos equipamentos de fiscalização. Além disso, os autores também mostram que a consideração matemática do comportamento de evasão não aumenta de forma expressiva o número de equipamentos que devem ser instalados na malha, mas sim otimiza a sua localização para que sejam capturados todos os caminhos possíveis para cada par origem-destino (dentro de uma distância máxima de desvio em relação ao menor caminho).

No intuito de abordar o mais elevado fluxo de veículos de carga para garantir baixa taxa de evasão na fiscalização, considerando ainda as limitações socioambientais da região, pergunta-se: **“Quais os principais fatores/requisitos para a localização de postos de pesagem no modo rodoviário brasileiro?”**

No intuito de responder à pergunta de pesquisa, abordam-se os objetivos no item a seguir.

## OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

1.2 Este trabalho tem como objetivo geral **aplicar o modelo de apoio à tomada de decisão Sialoc na malha rodoviária federal catarinense, a partir de dados espaciais.**

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar as tecnologias de pesagem em movimento adotadas no modo rodoviário (estado da arte);
- b) Abordar as melhores práticas de pesagem em movimento e de alocação de postos de pesagem (estado da prática);
- c) Por meio de estudo de caso, na malha rodoviária federal catarinense não concessionada, analisar as funcionalidades do Sialoc;
- d) Propor um mapa das rodovias federais do estado de Santa Catarina (*shapefile*<sup>2</sup>) com a indicação dos melhores locais para implementação de fiscalização de peso.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O estado de Santa Catarina é o segundo estado em número de acidentes registrados pela PRF, sendo que 59,7% de suas rodovias apresenta pavimento em estado regular à péssimo, totalizando 18 pontos críticos.

Sabe-se que, no Brasil, é comum a prática de sobrepeso como forma de obtenção de lucro (Franceschi et al., 2020). Essa prática, além de promover uma concorrência desleal no custo do frete, representa um grave perigo aos demais usuários da rodovia, devido à maior possibilidade de que esses caminhões percam o controle e causem acidentes, e devido ao fato de causarem danos exponenciais ao pavimento, criando defeitos que podem comprometer a segurança de outros usuários e demandar intervenções precoces na infraestrutura, refletindo no aumento dos custos de manutenção das vias. Nesse sentido, a fiscalização de peso nas rodovias é uma importante ferramenta de regulação do transporte terrestre, visando promover concorrência justa no preço dos fretes rodoviários.

---

<sup>2</sup> De acordo com ESRI (2024), “*shapefile* é um formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, a forma e os atributos de feições geográficas. É armazenado como um conjunto de arquivos relacionados e contém uma classe de feição [...] e foi historicamente utilizado em aplicativos de desktop GIS.”

A localização de equipamentos de fiscalização em rodovias é, portanto, um problema de interesse para várias entidades – sejam elas federais, estaduais ou municipais, do setor público ou privado – responsáveis pela manutenção da infraestrutura viária e fiscalização das leis de trânsito, e deve ser planejada com atenção, levando em consideração os aspectos socioeconômicos da região, os dados espaciais e dados de contagem de tráfego, bem como a tendência de evasão dos veículos (de acordo com as possibilidades dos caminhos alternativos disponíveis).

Ainda, vale ressaltar que o presente trabalho está em sintonia com as metas propostas pelo Plano Global da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021) para Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021-2030, visando promover uma infraestrutura viária mais segura.

## ESTRUTURA E ESCOPO DO TRABALHO

1.4

Tendo em vista as motivações e objetivos supracitados, o presente estudo é estruturado de maneira a proporcionar uma compreensão abrangente sobre pesagem automatizada, com ênfase em sua infraestrutura e métodos de alocação. A pesquisa busca contribuir para a melhoria das práticas de fiscalização de peso nas rodovias federais, oferecendo insights baseados em dados e análise rigorosa.

No Capítulo 2, é apresentada uma revisão da literatura que abrange as principais teorias e estudos relacionados ao tema. Este capítulo contextualiza o leitor acerca do desenvolvimento do transporte rodoviário de cargas no Brasil e estabelece o fundamento teórico necessário para entender as complexidades da implementação de fiscalização de peso na malha rodoviária. Além disso, é apresentada legislação pertinente ao tema, e realizada uma revisão sistemática visando trazer referências mais atuais.

Em seguida, no Capítulo 3, a metodologia utilizada na pesquisa é detalhada, explicando os métodos de coleta e análise de dados, bem como os critérios de seleção das fontes. Também são caracterizados os dados utilizados, discorrendo sobre sua obtenção, e apresentados os aspectos técnicos do Sialoc, sistema utilizado para cálculo do Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP) - metodologia escolhida para aplicação deste trabalho.

O Capítulo 4 aborda as funcionalidades do Sialoc por meio de um estudo de caso, através de sua aplicação à malha rodoviária federal de Santa Catarina. Neste capítulo são descritos os passos executados, os critérios avaliados, bem como as decisões tomadas ao longo deste processo. Por fim, é apresentado o resultado deste estudo no formato de um mapa,

contendo as indicações dos locais para instalação dos postos de pesagem, bem como uma breve análise de viabilidade.

Finalmente, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais desta pesquisa, apontando o cumprimento dos seus objetivos, e sugere recomendações para trabalhos futuros relacionados ao tema de pesquisa.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“E eu tendo que pensar em como ia descobrir uma estrada para passar com as oito carretas, cada uma com um peso que era capaz de afundar muita estrada boa. E com aquela chuva não havia estrada boa em lugar nenhum” (França Jr., 1967, p. 29)<sup>3</sup>

2

### INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO

Neste capítulo são abordados os principais tópicos relacionados às pesquisas atuais sobre pesagem de cargas e suas tecnologias, além do histórico e de características do transporte rodoviário no Brasil, da infraestrutura de pesagem disponível na malha rodoviária brasileira, da gestão pública e da regulação da prática de fiscalização de peso. Ademais, é apresentado o Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP), utilizado para apontar os locais mais propícios para a pesagem de cargas de forma efetiva. Assim, a informações contidas no presente capítulo servem de embasamento para a metodologia adotada e orientar sua aplicação para a malha rodoviária federal catarinense.

### 2.2 EVOLUÇÃO DAS CARGAS NO MODO RODOVIÁRIO

Este tópico traz um breve histórico da evolução das cargas no modo rodoviário em nível nacional, com caracterização da infraestrutura rodoviária disponível, das cargas transportadas e dos veículos destinados a esse transporte.

#### 2.2.1 Característica das vias

Com a Revolução Industrial na Europa, no século XIX, houve a centralização dos meios de produção em fábricas, a inserção de máquinas no processo de fabricação e, conseqüentemente, o aumento da produção e o movimento de êxodo rural. Logo surgiu a necessidade de transportar mercadorias e passageiros de forma mais rápida e eficiente. Neste contexto – ao fim do século XIX e início do século XX – surgiu nos Estados Unidos e Europa a indústria automobilística, que revolucionou os meios de produção, expandiu os padrões de consumo, influenciou o desenvolvimento do transporte rodoviário e estruturou seu poder perante economias centrais e periféricas (Pereira, 2011). Segundo Kucinski (1986), a indústria automobilística revolucionou o sistema produtivo pela adoção da produção em série, que

---

<sup>3</sup> Trecho retirado do livro “Jorge, um brasileiro”, escrito por Oswaldo França Jr. em 1967, que retrata a realidade do cotidiano de um usuário da rodovia (caminhoneiro), em meio aos desafios e adversidades daquela época.

através do aumento da produção e diminuição dos custos, possibilitou lançar produtos mais competitivos no mercado internacional.

Ford (1967) defendia que a expansão dos meios de transportes (especialmente o automóvel) facilitaria a comunicação e levaria o mundo ao progresso, influenciando nos investimentos em infraestrutura e, portanto, ampliando acessos e aumentando a circulação de pessoas e mercadorias. No entanto, no período pós Segunda Guerra Mundial, as grandes empresas automobilísticas realizaram um movimento de expansão dos seus complexos produtivos em diversos países periféricos, como forma de fortalecimento e expansão do capitalismo pelo mundo. A política de transportes brasileira teve forte influência da expansão do modelo fordista de produção, fato que ficou evidente através da priorização do transporte rodoviário em detrimento dos outros modais de transporte.

No início do século XX, a chegada das primeiras empresas automobilísticas ao Brasil reforçou a necessidade de melhorias nas estradas existentes (até então projetadas e construídas para o tráfego de carroças). Nesse sentido, o Estado de São Paulo teve importantes avanços entre os anos de 1920 e 1924, período em que teve Washington Luís como presidente do Estado, dentre os quais destacam-se a criação das rodovias São Paulo – Santos e São Paulo – Campinas, totalizando 413 km de estradas executadas em território paulista ao longo deste governo (ABCP, 2009).

Em 1926, Washington Luís assumiu a presidência da República (1926 - 1930), carregando o slogan de sua campanha "Governar é abrir estradas". Durante o seu governo Washington Luís criou o "Fundo especial para a construção e conservação de estradas de rodagem federais" (Brasil, 1927), constituindo as primeiras bases institucionais para implantação de uma política rodoviarista brasileira. Tal legislação deu origem a importantes obras rodoviárias da época, dentre as quais pode-se destacar a construção e pavimentação em concreto de cimento da Rio – São Paulo e Rio – Petrópolis (inauguradas em 1928), e foi essencial para criação de projetos rodoviários e investimentos em obras de infraestrutura rodoviária, que consequentemente, atraíram o interesse do empresariado em explorar o transporte rodoviário no Brasil. (Gômara, 1999).

Durante o governo Vargas (1930 – 1945), foi criado o Plano Rodoviário do Nordeste (1931) sob coordenação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, com o objetivo de interligar as capitais e principais cidades do Nordeste brasileiro através de uma malha rodoviária composta por sete estradas-tronco e cinquenta estradas subsidiárias, e facilitar o combate aos efeitos das secas na região (Ministério dos Transportes, 1974). Além disso, o

governo Vargas aprovou oficialmente o primeiro Plano Geral de Viação Nacional de 1934 (Brasil, 1934), que colaborou para a criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER) em 1937 (Brasil, 1937), e coordenou a política nacional de transportes durante três décadas. De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2009), as principais heranças deste período em termos de infraestrutura rodoviária foram a pavimentação da rodovia Rio – Petrópolis, a construção das rodovias Porto Alegre – São Leopoldo (1933), Porto Alegre – Gravataí (1933), Itaipava – Teresópolis (1937), Rio – Sul (1937) e início da construção da Rio – Bahia (1939), atual BR-393/BR-116, considerada a primeira via efetiva de integração nacional. Em todas as rodovias supracitadas, previa-se pavimentação em concreto ao menos nos trechos de grande trânsito.

Apesar de sua criação em 1937, apenas em 1945 o DNER teve sua autonomia administrativa e financeira estabelecida, no governo provisório do presidente José Linhares, através da Lei Joppert – decreto lei nº 8.463, que criou o Fundo Rodoviário Nacional – FRN, um fundo destinado à construção, conservação e melhoramentos das rodovias compreendidas no Plano Rodoviário Nacional e a auxílio federal aos Estados, Territórios e Distrito Federal para a execução de suas malhas rodoviárias regionais (Brasil, 1945). Além disso, a lei Joppert foi fundamental para a organização dos Departamentos de Estradas e Rodagem (DER) a nível estadual, uma vez que esta era a condição para repasse do FRN.

No governo de Eurico Gaspar Dutra (1946 – 1951) foram entregues a rodovia Anchieta, o trecho São Paulo – Limeira da rodovia Anhanguera (ambas construídas pelo DER-SP), além de uma variante a Rio – Petrópolis (construída pelo DNER). Na região nordeste, destaca-se a execução da rodovia PE/BR-025 entre Jaboatão e Moreno (DER-PE), e na região sul, a construção da rodovia Pelotas – Rio Grande pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER-RS) (ABCP, 2009). Ademais, no ano de 1951 ocorreu a revisão e atualização do Plano Geral de Viação Nacional, com a proposta de criação de uma rede rodoviária de 61 mil quilômetros, subdivididos em cinco eixos rodoviários radiais, nove longitudinais, vinte e três transversais e quarenta e dois de ligação (Pereira e Lessa, 2011).

O governo seguinte, de Juscelino Kubitschek (1956 – 1961), foi marcado por um período de modernização e transformação da economia brasileira, com a promessa de fazer o Brasil crescer “cinquenta anos em cinco”. Para tal, o Plano de Metas proposto por JK previa investimentos em setores estratégicos da economia, abrangendo energia, transporte, alimentação, indústria de base, educação e construção de Brasília. No que tange o setor de transporte rodoviário, o Plano de Metas contemplava a pavimentação de 5.000 km de rodovias

e a construção de 12.000 km de rodovias de primeira classe (incluindo importantes ligações de Brasília com as demais regiões do país), e estabelecia metas de produção para a indústria automobilística (Brasil, 1958). Faro e Silva (1991) afirmam que as três metas citadas do Plano foram superadas, uma vez que ao fim do governo de JK, cerca de 6.202 km haviam sido pavimentados e 14.970 km construídos (principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Distrito Federal e Rio de Janeiro), além de 199.180 unidades de veículos fabricados.

Ademais, do projeto de integração nacional de JK originou-se a ideia do “Cruzeiro Rodoviário”, que consistia na construção de grandes eixos rodoviários radiais, longitudinais e transversais que interligassem a nova capital federal, Brasília, às capitais dos demais estados, bem como aos pontos extremos do território brasileiro. Este processo de expansão de infraestrutura e modernização econômica da década de 1950 foram viabilizados através da aliança entre elite nacional, o Estado e o capital externo – que se deu principalmente através da implantação de atividades produtivas e complexos industriais em solo brasileiro (Faro e Silva, 1991).

A partir da década de 1960, Castro (2001) coloca que a expansão da infraestrutura foi acompanhada pelo crescimento da indústria de transporte rodoviário de cargas e passageiros, indústria esta que viria a se tornar responsável pela maior parcela da divisão intermodal de serviços de transportes do país. O Plano Trienal do governo de João Goulart (1961 – 1964) propôs a construção, pavimentação e conservação das rodovias que interligavam as regiões com grande potencial econômico, inclusive, incentivando a substituição dos ramais ferroviários “antieconômicos” por rodovias. Neste Plano eram previstas melhorias e pavimentação das rodovias ligando Rio – Bahia, Rio – São Paulo, São Paulo – Curitiba, Belo Horizonte – Vitória, Porto Alegre – Uruguaiana, Fortaleza – Feira de Santana, Cuiabá – Porto Velho, Natal – Aracaju, entre outras (Brasil, 1962), que foram continuadas nos governos seguintes.

A Figura 2 apresenta a malha rodoviária brasileira existente até o ano de 1957, e sua expansão entre os anos de 1957 e 1964, composta por rodovias de terra e rodovias pavimentadas.

Figura 2 – A expansão das estradas de rodagem no período de 1957-1964



Fonte: FGV (2023)

Foi no regime militar que o rodoviário se consolidou, de fato, no país, com o desenvolvimento do Plano Nacional de Viação de 1964 (Brasil, 1964), baseado nas atualizações propostas por legislações específicas, criando planos de revisão e de atualização. No que diz respeito ao modo rodoviário, o Plano propôs a pavimentação e melhoria da rede rodoviária nacional, dando origem a 8 rodovias radiais, 17 rodovias longitudinais, 24 rodovias transversais, 27 rodovias diagonais e 62 rodovias de ligação. Em 1966, foi criado o Grupo Executivo de Substituição de Ferrovias e Ramais Antieconômicos – GESFRA, cuja função consistia na desativação dos ramais ferroviários e construção de rodovias substitutivas (Paula, 2001); e em 1967, foi criado o Grupo de Trabalho para a Integração da Amazônia – GTINAM, que visava a efetiva ocupação e povoamento da região Amazônica, com enfoque nas regiões com baixa ocupação demográfica e zonas de fronteiras (Maciel et al., 2020).

Na década de 1970, foi criado o Programa de Integração Nacional – PIN (Brasil, 1970), que tinha como objetivo promover a integração e o desenvolvimento econômico do Nordeste e do Norte, além de ocupação do Centro-Oeste e da Amazônia. Nesse contexto, foram construídas as estradas Perimetral Norte, Cuiabá/Santarém (BR-163) e a polêmica Transamazônica, que liga a região Nordeste à região Norte no sentido Leste-Oeste. Apesar de a Transamazônica ser a terceira maior rodovia brasileira – totalizando 4.000 quilômetros que ligam os estados da Paraíba, Piauí, Maranhão, Pará e Amazonas – até hoje a rodovia não é pavimentada em grande parte de sua extensão. Além das rodovias contempladas pelo PIN, outras heranças importantes do período militar foram a construção da rodovia Rio-Santos e da Ponte Rio-Niterói. Tendo em vista a expansão rodoviária que o país vivenciava, um novo Plano Nacional de Viação (PNV) foi instituído pela Lei nº 5.917/1973, a qual dispôs sobre conceituação, nomenclatura e relação descritiva dos elementos dos sistemas federais rodoviário, ferroviário, portuário, hidroviário, aeroviário, e dos transportes urbanos. (Brasil, 1973).

Na década de 1980, o crescimento acelerado do setor rodoviário deu lugar à estagnação. A extinção do imposto sobre lubrificantes e combustíveis líquidos e do imposto sobre serviços de transporte rodoviário, em 1988, implicou numa queda na arrecadação fiscal, e, juntamente com o aumento do preço unitário médio nos serviços de implantação e pavimentação, limitou a ampliação da rede rodoviária e sua manutenção. A destinação e aplicação dos recursos financeiros nessa área, portanto, foi feita de forma pulverizada (IPEA, 1992).

Na década de 1990, foi criado no Brasil o Programa de Concessões de Rodovias Federais, através da Portaria Ministerial nº 10/1993, que deu origem a um grupo de trabalho que tinha por finalidade estudar a possibilidade de conceder à iniciativa privada a exploração de cerca de 30% da malha rodoviária federal pavimentada até então, além de estabelecer os procedimentos para sua licitação. O objetivo principal do programa consistia na redução dos custos públicos e a diminuição do papel do Estado provedor, uma vez que assegurava a cobrança extras de manutenção por parte das concessionárias, responsáveis pela operação e manutenção do trecho sob sua responsabilidade.

Com isso, em 1994 deu-se início a Primeira Etapa de Concessões, com a concessão da Ponte Rio-Niterói, seguida da expansão do programa, com a concessão de mais trechos. Foi nesse contexto que se deu a promulgação da Lei nº 9.277/1996, denominada Lei das Delegações (Brasil, 1996), que criou a possibilidade de estados, municípios e o Distrito Federal solicitarem a delegação de trechos de rodovias federais para incluí-los em seus Programas de Concessão de

Rodovias. Por sua vez, a Portaria nº 368/96, do Ministério dos Transportes, estabeleceu os procedimentos para a delegação de rodovias federais aos estados, dentre outras definições (Barbo et al., 2010).

No início dos anos 2000, com a promulgação da Lei nº 10.233/2001, foram criados os órgãos Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), sendo extinto o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (Brasil, 2001). Dessa forma, o papel da regulação do setor de transportes terrestres, incluindo a regulação dos contratos das rodovias federais concedidas, passou a ser exercido pela ANTT. A partir de 2005, a Agência também assumiu a responsabilidade de elaboração dos estudos necessários para a licitação das concessões (até então, exercido pelo Ministério dos Transportes), dando início a Segunda Etapa de Concessões das rodovias brasileiras (Barbo et al., 2010).

No que tange a economia, a partir de 2004 o país passou a apresentar um crescimento consistente, fato que impulsionou a criação do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, através do Decreto nº 6.025/2007 (posteriormente alterado pelo Decreto nº 7.470/2011 e Decreto nº 11.632/2023, que lançaram novas versões do Programa), pelo governo de Luís Inácio Lula da Silva (Brasil, 2007a).

Já a Lei nº 11.578/2007 assegurou a transferência obrigatória de recursos financeiros para a execução de ações do PAC pelos estados, pelo Distrito Federal e pelos municípios (Brasil, 2007c). O investimento da primeira fase do PAC foi na ordem de R\$ 657,4 bilhões, resultando em 9.000 quilômetros de rodovias construídas, pavimentadas e/ou duplicadas, dentre as quais destacam-se a pavimentação da BR-101 Nordeste, a duplicação da BR-101 no Rio Grande do Sul, além das obras da BR-364 entre Acre e Mato Grosso, BR-163 entre Mato Grosso e Pará, BR-230 na Paraíba, BR-135 no Piauí, BR-262 em Minas Gerais, BR-158 e BR-242 em Mato Grosso, Arco Rodoviário no Rio de Janeiro, e conclusão da pavimentação da BR-282 em Santa Catarina. Tal investimento impactou de forma positiva nas condições das rodovias federais (DNIT, 2010).

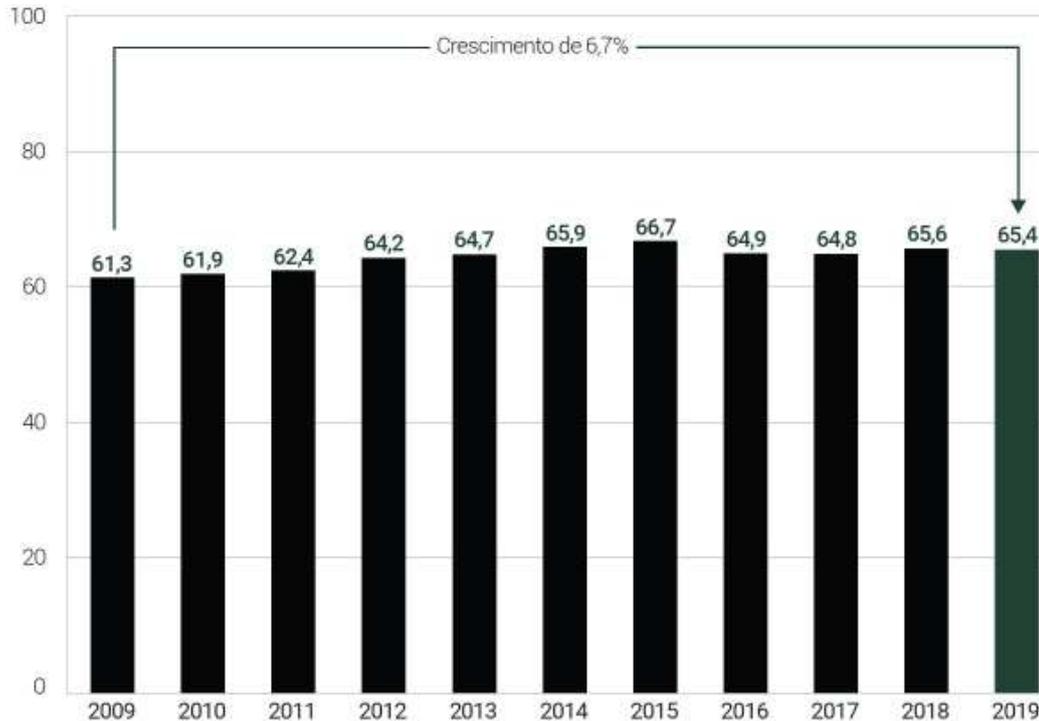
O Sistema Nacional de Viação (SNV) foi instituído pela Lei nº 12.379/2011, atualizada pelo Art. 76 da Lei nº 14.273/2021, sendo constituído pela infraestrutura física e operacional dos vários modos de transporte de pessoas e bens, sob jurisdição dos diferentes entes da Federação, nos regimes público e privado. No que tange os modos de transporte, o SNV compreende os subsistemas rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário (Brasil, 2011b; Brasil, 2021c).

No governo Dilma Rousseff, foi implementado o PAC 2, através do Decreto nº 7.470/2011 (Brasil, 2011a), e foi lançado o Programa de Investimento em Logística (PIL) em 2012, onde seriam investidos cerca de R\$ 451,4 bilhões de reais em recursos públicos para a ampliação da infraestrutura de transportes no Brasil. O governo federal optou por investimentos através de concessões à iniciativa privada, visando melhoria da infraestrutura rodoviária através da duplicação de estradas, manutenção da sinalização e aprimoramento da segurança, além da redução de custos logísticos. No entanto, com o golpe que retirou a presidenta Dilma do poder em 2016, o PIL foi extinto (Fernandes, 2020). Ainda no mesmo ano, o governo Temer criou o Programa de Parcerias de Investimentos – PPI, através da Lei nº 13.334/2016, com a finalidade de ampliar e fortalecer a interação entre o Estado e a iniciativa privada por meio da celebração de contratos de parceria e de outras medidas de desestatização (Brasil, 2016).

Dentre as principais obras realizadas no decorrer da década de 2010, destacam-se a duplicação de trechos da BR-101 (em especial nos estados de Santa Catarina, Rio de Janeiro e Bahia), duplicação de trechos da BR-381 (Rodovia Fernão Dias) compreendidos entre Belo Horizonte (MG) e São Paulo (SP), além da conclusão do Rodoanel Mário Covas, um anel viário que circunda a capital paulista, desviando o tráfego de veículos pesados do centro da cidade e melhorando a logística urbana.

O Gráfico 2 expõe a evolução extensão da malha rodoviária federal pavimentada ao longo da década de 2010, onde é possível observar um crescimento de 6,7% da extensão pavimentada desde 2009.

Gráfico 2 – Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas, 2009-2019 (valores em mil km)



Fonte: SOBRATEMA (2020)

Em 2020, o governo Bolsonaro lançou o Plano Nacional de Logística (PNL) 2035, documento que apresentava diretrizes para modernizar e expandir a infraestrutura rodoviária, priorizando a duplicação e pavimentação de estradas, a manutenção e conservação com tecnologias avançadas, a segurança viária através de melhorias na sinalização e infraestrutura, e a ampliação de concessões e parcerias público-privadas. O plano também propôs a integração multimodal, conectando rodovias a outros modais de transporte, e a criação de corredores logísticos (MINFRA, 2020).

Como consequência do PNL, o Programa de Parcerias de Investimentos – PPI foi ampliado para incluir diversas rodovias federais, promovendo concessões e parcerias público-privadas (PPP) para a construção, manutenção e operação de estradas. Dentre as concessões, destaca-se o trecho da BR-101 no estado de Santa Catarina. Por fim, o governo Bolsonaro entregou uma série de obras de infraestrutura de transportes, totalizando cerca de 6.500 quilômetros de rodovias pavimentadas, duplicadas e restauradas (MTR, 2022).

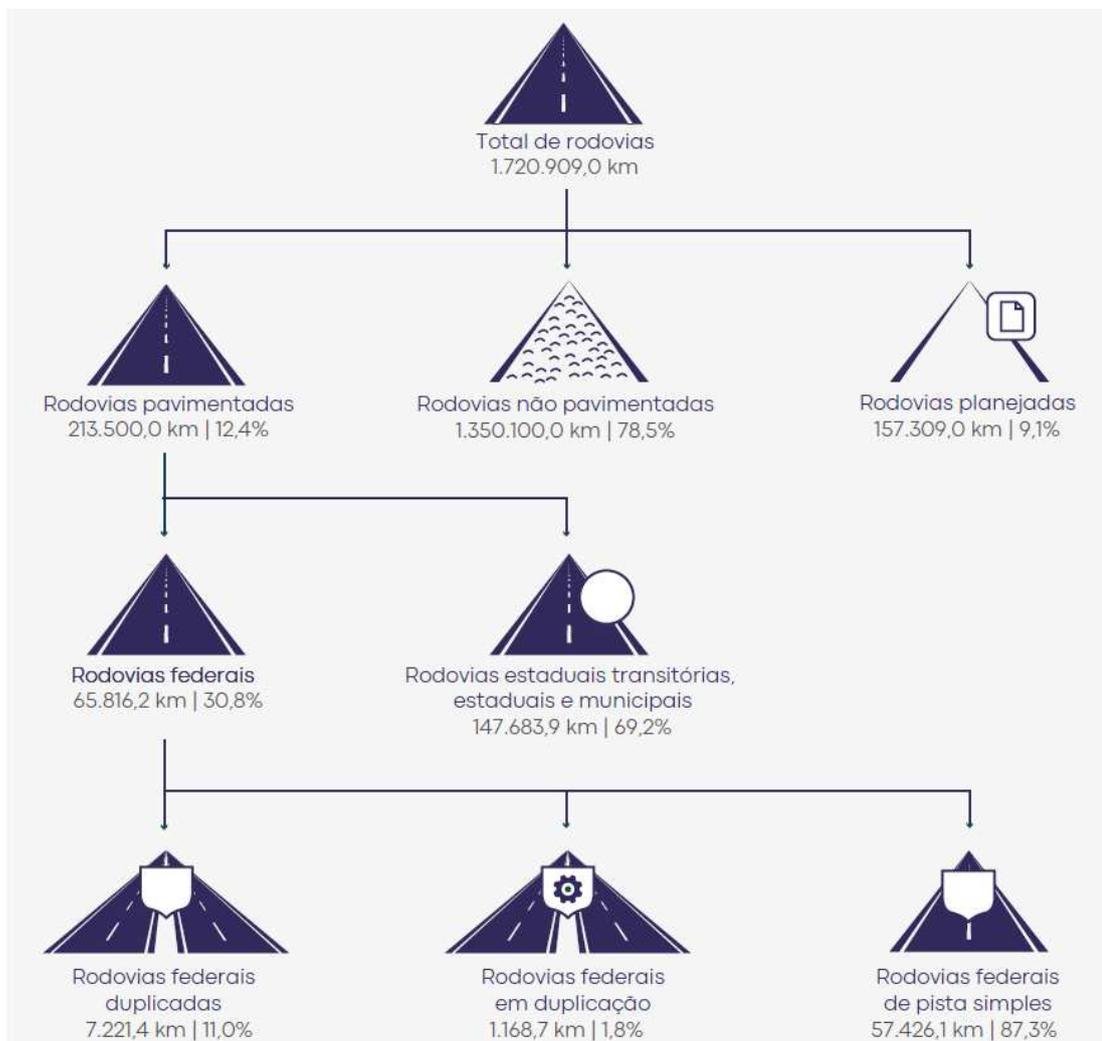
Com o retorno de Lula ao poder, foi lançado o Novo PAC através do Decreto nº 11.632 de 2023, com investimento de R\$ 1,7 trilhão em todos os estados do Brasil (Brasil, 2023a). Desse valor, R\$ 349 bilhões serão destinados ao eixo “Transporte Eficiente e Sustentável”, que reúne os investimentos em rodovias, ferrovias, portos, aeroportos e hidrovias em todos os

estados do país, a fim de reduzir os custos da produção nacional para o mercado interno e elevar a competitividade do Brasil no exterior (Planalto, 2023).

Ainda em 2023, o Governo Federal concluiu a manutenção/restauração rodoviária de 2.045 quilômetros de rodovias e de 42 obras de arte especiais (pontes e viadutos). Além disso, foram duplicados 53,3 quilômetros de rodovias em todo o país; implantados/pavimentados 67 quilômetros de rodovias, e entregues 16 obras de arte especiais. Ademais, foi concluída a adequação de 34,7 km de rodovias, incluindo 14 obras de arte especiais (SECOM, 2023).

Atualmente, segundo a Pesquisa CNT de Rodovias, o Brasil conta com uma malha rodoviária pavimentada de 213.500 quilômetros de extensão. Destes, apenas 30% (ou 65.816,2 quilômetros) correspondem a rodovias federais, as quais são compostas, em sua maioria, de pista simples, conforme exposto na Figura 3 (CNT, 2023).

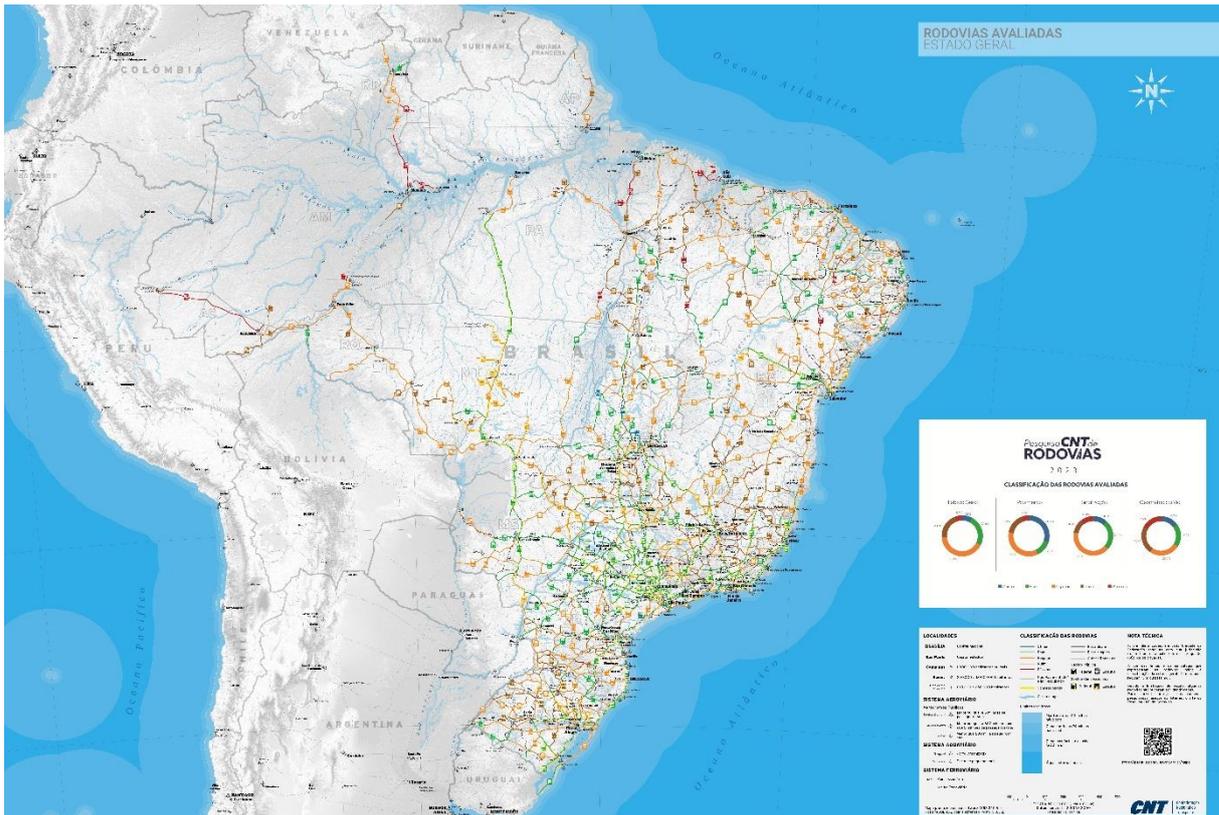
Figura 3 – Malha rodoviária brasileira atual



Fonte: CNT (2023)

Como citado anteriormente no item 1.1 deste trabalho, a Pesquisa CNT de Rodovias avalia cada um dos parâmetros de qualidade da rodovia, classificando-os em “Ótimo”, “Bom”, “Regular”, “Ruim” e “Péssimo”. A Figura 4 apresenta a malha rodoviária brasileira contemplada pela Pesquisa CNT de Rodovias 2023, representada em função do seu estado geral de conservação.

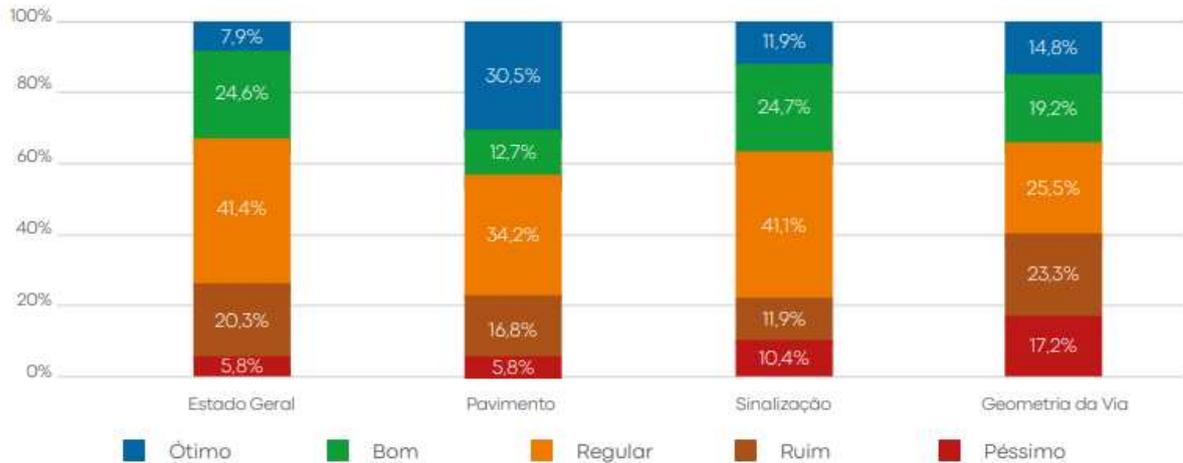
Figura 4 – Estado geral das rodovias brasileiras contempladas pela Pesquisa CNT de Rodovias 2023



Fonte: CNT (2023)

O Gráfico 3, por sua vez, expõe de forma resumida os resultados para o estado geral de conservação, e para cada característica avaliada na pesquisa – Pavimento, Sinalização e Geometria da Via – abrangendo a extensão total da malha rodoviária.

Gráfico 3 – Resumo das características da malha rodoviária brasileira



Fonte: CNT (2023)

Para a composição da classificação do Pavimento, são avaliadas a condição da superfície do pavimento, a situação do rolamento e a qualidade do pavimento do acostamento. No que tange a classificação da Sinalização das rodovias, são levados em consideração o estado de conservação da sinalização horizontal e a presença de sinalização vertical nos locais onde elas são necessárias. Também são avaliadas a existência de elementos que podem prejudicar a visualização da placa e se essas placas apresentam condições de legibilidade satisfatória. Já em relação a classificação da Geometria da via, são avaliados o tipo e o perfil da rodovia, a presença e condição da faixa adicional de subida, a presença e condição de pontes e viadutos, a presença e sinalização de curvas perigosas, além da condição do acostamento (CNT, 2023).

## 2.2.2 Característica dos veículos

No início do século XX, o Brasil iniciou a importação de veículos automotores dos Estados Unidos, destinados apenas à circulação nas áreas urbanas tendo em vista a precariedade das estradas interurbanas. Segundo Ferreira-Neto (1974), no ano de 1917 havia cerca de 5000 automóveis em circulação no Brasil, dentre os quais 90% encontravam-se distribuídos entre Rio de Janeiro e São Paulo, regiões mais urbanizadas. Foi neste contexto em que as primeiras empresas automobilísticas se instalaram na cidade de São Paulo a partir de 1919, aproveitando a mão-de-obra local (Pereira e Lessa, 2011).

No decorrer da Segunda Guerra Mundial, o país atravessou uma das mais graves crises no setor de transportes, diante da suspensão no processo de importação de peças e combustíveis, o que levou a uma precarização do transporte interno, principalmente de caminhões e ônibus. Foi neste contexto que a estatal Fábrica Nacional de Motores (FNM) foi criada no Brasil, no

ano de 1942, com o intuito de produzir motores de aviões para os Estados Unidos. No entanto, com o fim da guerra em 1945, os norte-americanos perderam o interesse nos motores de aviões nacionais, fato que levou a FNM a se reinventar, e a partir de 1946, passar a produzir tratores agrícolas e veículos de transporte (sobretudo caminhões), em convênio com a empresa italiana Isotta-Fraschini. Em 1949, com o surgimento da indústria brasileira de autopeças, se deu a nacionalização dos caminhões FNM (Moreira, 2023).

No segundo governo de Getúlio Vargas (1951 - 1954), marcado como um governo nacionalista, através da Lei nº 2.004/1953 foi criada a empresa estatal Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras, para realizar a exploração do petróleo em solo brasileiro (Brasil, 1953). A criação da Petrobras também impulsionou a industrialização, através de um plano industrial, contribuindo com o desenvolvimento econômico brasileiro e reforçando o rodoviarismo. Segundo Lambert (1971):

Enquanto no período de 1946 a 1954 o tráfego de mercadorias, por via férrea e marítima, pouco cresceu, o dos transportes rodoviários aumentou em 500%. Os motoristas de caminhão, no Brasil, são de uma audácia, pois, apenas do mau estado tanto das estradas quanto dos seus caminhões, enveredam por qualquer caminho. Sem sua audácia estaria paralisada a economia brasileira. Nas boas estradas do Rio, de São Paulo ou de Belo Horizonte, os caminhões circulam aos milhares todos os dias, mas mesmo nas estradas secundárias de barro, mais distantes, sempre há um outro motorista de caminhão que consegue passar. O motorista de caminhão é hoje o mais precioso dos pioneiros. (Lambert, 1971, p. 161-162).

No governo de Juscelino Kubitschek (1956 – 1961), que carregava o slogan “cinquenta anos de progresso em cinco anos de governo”, a indústria de automóveis ganhou ainda mais força e destaque. O governo, por sua vez, estabeleceu as normas diretoras para a criação da Indústria Automobilística Brasileira, através do Decreto nº 39.412/1956, o qual também instituiu o Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA), que tinha a finalidade de examinar, negociar e aprovar os projetos singulares referentes à indústria automobilística para o Brasil. (Brasil, 1956a).

Conforme mencionado no item 2.2.1, o Plano de Metas do governo JK contemplava uma meta de produção automobilística, a meta 27:

A meta de produção a ser atingida em 1960 deverá ser de 170.000 veículos, assim distribuídos [...] 80.000 caminhões [...] 25.000 jipes [...] 25.000 utilitários [...] 40.000 automóveis (BRASIL, 1958, p. 101).

Os incentivos do Estado brasileiro à indústria automobilística se deram através de:

Estímulos cambiais pela conversão de taxas cambiais favoráveis; estímulos fiscais pela isenção de direitos e taxas aduaneiras para equipamentos e peças complementares e isenção de imposto de consumo para veículos produzidos; estímulos creditícios pelo financiamento de ágios e por financiamentos a longo prazo do BNDE; e, finalmente, estímulos comerciais pela proteção fiscal ao produto nacional – este conjunto de medidas favorece aos industriais que se submetem a determinadas exigências de capitalização própria e nacionalização de veículos (BRASIL, 1958, p. 101).

Foi neste contexto que ocorreu a entrada e a transformação das linhas de montagens de importantes complexos industriais automobilísticos no Brasil, podendo citar a Ford, General Motors, Toyota, SIMCA, Willys Overland, Volkswagen, Mercedes Benz, Scania, entre outras. As empresas automobilísticas se instalaram na grande São Paulo, nas cidades do ABC paulista, e passaram a fabricar veículos de passeio, ônibus, caminhões e tratores, que impulsionaram o desenvolvimento do transporte rodoviário brasileiro (HAFFNER, 2002).

Segundo Gattás (1981), o governo de JK protagonizou a chamada “Segunda Revolução Industrial”:

Brasil realizou, assim, de 1956 a 1960, o seu maior e mais arrojado esforço no campo da industrialização e, nessa arrancada histórica, efetivou, em menos de cinco anos, uma façanha que nenhum outro país havia conseguido lograr. Vencendo etapas, ingressou, pois, na Era do motor e na produção em série de veículos da mais avançada tecnologia. (GATTÁS, 1981, p. 331).

Dessa forma, surgiu a necessidade de decretos que regulamentassem a indústria de veículos de grande porte. Em 1956 foi instaurado o Decreto nº 39.412, responsável pelas aberturas e fixação das atividades fabris bem como pelas exigências de realização manufatureiras (Brasil, 1956b). O decreto era relativo aos automotores de carga, assim designados comercialmente, com peso bruto (*gross vehicle weight*) entre 4.200kg e 15.000kg.

Brasileiro e Henry (1999, p. 50) colocam que a indústria automobilística assumiu um papel estratégico na inserção da economia brasileira no mercado internacional, fato que junto à política de integração nacional, colocou o rodoviarismo como protagonista da política de transporte do país. No entanto, de acordo com Fausto (2018), a indústria se enquadrou no propósito de criar uma "civilização do automóvel" em detrimento da ampliação de meios de transporte coletivo para a grande massa. A década de 1960 foi marcada pela fabricação de automóveis, a ponto de representarem quase 58% da produção total de veículos em 1968. Com

a política dos governos militares de desativação dos ramais ferroviários, o Brasil se tornou cada vez mais dependente da extensão e conservação das rodovias, e do uso dos derivados do petróleo na área de transporte (Fausto, 2018).

A década de 1970 foi marcada pelo Milagre Econômico Brasileiro, que ocorreu em função do crescimento da indústria de bens de consumo duráveis, tais como a indústria da construção civil, a agroindústria, a indústria de eletroeletrônicos, mas principalmente, a indústria automobilística. Em 1971 foi implementado o I Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), o qual pretendia elevar a taxa de investimento bruto para 19% ao ano, dando prioridade a grandes programas de investimentos: siderúrgico, petroquímico, corredores de transportes, construção naval, energia elétrica (inclusive nuclear), comunicação e mineração. Para viabilizar tais programas de investimento, são fundamentais tanto a participação das grandes empresas estatais, quanto dos bancos oficiais (na disponibilização de créditos), além do conjunto de incentivos coordenados pelo Conselho de Desenvolvimento Industrial – como isenção de impostos, créditos-prêmio, depreciação acelerada, etc. (Prado e Earp, 2003).

Todavia, com a crise do petróleo atingindo o Brasil em 1973, e tendo em vista os combustíveis fósseis totalmente dependentes do petróleo, a indústria automobilística foi bastante afetada. Na época, o país importava maior parte do combustível que consumia, estando sujeito a preços internacionais, e o petróleo tornou-se um dos itens mais pesados das importações brasileiras, fato que influenciou nos custos do transporte. Justamente por se desenvolver com base na “civilização do carro”, o Milagre Econômico resultou em um déficit enorme nos cofres públicos, sendo seus impactos sentidos por alguns anos (Habert, 1992).

Os caminhões foram, gradativamente, se adequando às necessidades de cada serviço a ser prestado. O chassi e o eixo utilizados na montagem dos caminhões foram moldados de acordo com as necessidades das mercadorias carregadas, surgindo, assim, outros modelos de veículos, tais como o caminhão tanque, boiadeiro, cegonha, guincho, e até mesmo os ônibus (Moreira, 2023). Dessa forma, surgia também a carreta, um tipo de caminhão articulado, formado pelo cavalo-mecânico e a carroceria (semirreboque) acoplada com um a três eixos (Cheirobim, 1984), e o termo "carreteiro" – que apesar de ser usado popularmente para designar o motorista de caminhão, diz respeito ao motorista do tipo de “caminhão carreta” (Kapron, 2012). Ainda de acordo com Kapron (2012), a intensificação do uso do tipo de caminhão carreta na década de 1970 ocorreu por ser um modelo de caminhão com maior potência, com uma cabine mais espaçosa (proporcionando maior conforto), com melhor visibilidade, melhor

manuseio operacional e contendo cama em seu interior. Além disso, permitia maiores remunerações nos fretes devido à possibilidade de transportar uma quantidade maior de carga.

Outro evento importante da década de 1970 consiste no início do Plano Nacional de Contagem de Trânsito – PNCT, em 1977, com 120 postos permanentes distribuídos pela malha rodoviária brasileira. Ressalta-se que a implantação do PNCT ocorreu de forma lenta e gradativa, até chegar a sua constituição atual (DNIT, 2014).

Nos anos 1980, o Brasil vivia um período de instabilidade econômica ainda por conta da crise do petróleo, motivo pelo qual essa década ficou conhecida como "década perdida". A indústria automotiva iniciou os anos 1990 em dificuldade, no entanto, em meados da década, especialmente após a instauração do Regime Automotivo Brasileiro (RAB) em 1996, o país passou a receber fortes investimentos com a instalação de novas plantas e a chegada de novos fabricantes. No fim da década de 1990, o setor automobilístico já havia se internacionalizado e apresentava grande descentralização produtiva. Nesse sentido, o fenômeno da modularidade permitiu a expansão geográfica das atividades e deu início a uma rearticulação produtiva para atender os vários mercados. Ainda assim, o setor terminou os anos 1990 com alta capacidade ociosa, devido ao efeito do baixo crescimento da economia e influências das crises externas (Daudt e Willcox, 2018).

O Quadro 1 lista caminhões que marcaram a história da indústria automobilística brasileira, mais especificamente, ao longo da segunda metade do século XX, segundo Quatro Rodas (2017).

Quadro 1 – Dez caminhões que fizeram história no Brasil

Caminhão	Ano	Nome popular	Especificações
Volvo Titan L395	Anos 50	Titan ou Super Volvo	Motor seis cilindros 9.6 diesel de 150 cv
Chevrolet C6500	1958	Chevrolet Brasil	Motor Jobmaster seis cilindros 4.3, a gasolina, de 142 cv a 4.000 e 32 mkgf a 2.400 rpm, com câmbio de três marchas
FNM D-11.000	1958	Barriga D'água	Motor seis cilindros todo de alumínio de 150 cv. Possuía cruzamento de marchas (para cada uma das quatro marchas à frente, havia uma reduzida controlada em uma alavanca extra no painel)
Mercedes L-1113	1969	Fusca das estradas	Motor de seis cilindros 5.7 de 147 cv e 41 mkgf de torque
Mercedes L-608 D	1972	Mercedinho	Motor 3.8 de quatro cilindros com injeção direta, 85 cv e caixa de cinco velocidades ZF, tinha capacidade para 3.500 kg
Scania L111	1976	Jacaré	Motor DS11, um seis cilindros de 11 litros com turbo que entregava 296 cv a 2.200 rpm e 111 mkgf de torque a 1.400 rpm, com transmissão de 10 marchas e duas gamas
Ford F-8500	1977	-	Motor Detroit V6 5.2 de 202 cv a 2.600 rpm e 61 mkgf a 1.800 rpm
Volvo N10	1979	-	Motor 10 litros de 263 cavalos de potência e capacidade de tração de até 52.000 kg. Algumas unidades possuíam motor turbo TM101 G de 9,6 litros com injeção piloto, que produzia 275 cv - alimentado por álcool e diesel.
Scania 113H	1991	-	Motor DSC11 com tecnologias como turbo e intercooler, com até 360 cv, além de câmbio com 10 marchas e duas à ré
Mercedes L-1620	1996	-	Motor de 6 cilindros turbocooler de 211 cavalos de potência e torque de 71 mkgf entre 1200 e 1900 rpm

Fonte: Adaptado de Quatro Rodas (2017)

A Figura 5 apresenta fotos de alguns caminhões mencionados no Quadro 1.

Figura 5 – Caminhões que fizeram história no Brasil



Fonte: Adaptado de Quatro Rodas (2017)

Os anos 2000, por sua vez, trouxeram maior crescimento econômico ao país, propiciado por questões externas, mas principalmente, por escolhas de política econômica doméstica, como explicam Serrano e Summa (2012). Alguns fatores apontados pelos autores como contribuintes para este cenário consistem em: cenário externo benéfico (com aumento do comércio mundial e das commodities exportadas), retomada do investimento público e das empresas estatais, bem como a ativação de políticas redistributivas e o desenvolvimento do mercado de crédito, impulsionando assim, o consumo de bens duráveis.

Durante os governos Lula da década de 2000, observou-se uma ascensão da classe média (com o aumento da renda real das famílias e consequente elevação do poder de compra), que passou a ser incluída no mercado consumidor. Bielschowsky (2012), ao propor em seu estudo um desenho conceitual de como se deu a recente estratégia brasileira de desenvolvimento, afirmou que um dos “motores” do investimento foi a constituição de um amplo mercado interno de consumo de massa. Dessa forma, a indústria automobilística encontrou no próprio país um mercado consumidor crescente, consolidado pela ascensão da classe média, pelas políticas de ampliação do crédito e pelos incentivos tributários ao barateamento dos veículos.

No que diz respeito aos números de produção da indústria automobilística, o Anuário da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA (2024) apresenta os números referentes aos últimos 66 anos, discriminados por tipo de veículo (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus), bem como a produção total, conforme exibido no Quadro 2. Com efeito, fica evidente o crescimento sistemático nos indicadores de produção da indústria automobilística a partir do ano de 2003, atingindo-se a produção máxima de automóveis no ano de 2010, e a produção máxima de caminhões em 2011.

Quadro 2 – Produção total de autoveículos - 1957/2023 (em unidades)

						Unidades / Units					
ANO Year	AUTOMÓVEIS Cars	COMERCIAIS LEVES Light commercials	CAMINHÕES Trucks	ÔNIBUS Buses	TOTAL Total	ANO Year	AUTOMÓVEIS Cars	COMERCIAIS LEVES Light commercials	CAMINHÕES Trucks	ÔNIBUS Buses	TOTAL Total
1957	10.449	1.588	16.259	2.246	30.542	1991	707.176	180.736	49.295	23.012	960.219
1958	20.808	9.503	26.998	3.674	60.983	1992	816.446	201.104	32.025	24.286	1.073.861
1959	40.171	16.283	36.657	3.003	96.114	1993	1.100.670	223.995	47.876	18.894	1.391.435
1960	70.479	20.875	37.810	3.877	133.041	1994	1.249.098	250.719	64.137	17.435	1.581.389
1961	86.437	28.654	26.891	3.602	145.584	1995	1.299.493	237.373	70.495	21.647	1.629.008
1962	118.026	33.498	36.174	3.496	191.194	1996	1.479.490	258.783	48.712	17.343	1.804.328
1963	121.666	28.495	21.556	2.474	174.191	1997	1.700.438	283.965	63.744	21.556	2.069.703
1964	132.157	27.056	21.790	2.704	183.707	1998	1.273.356	227.704	63.773	21.458	1.586.291
1965	135.041	25.187	21.828	3.131	185.187	1999	1.118.483	168.020	55.277	14.934	1.356.714
1966	157.352	32.204	31.098	3.955	224.609	2000	1.375.382	221.498	71.886	22.674	1.691.240
1967	158.362	35.319	27.141	4.685	225.487	2001	1.516.182	199.813	77.431	23.690	1.817.116
1968	185.922	46.107	40.642	7.044	279.715	2002	1.525.491	174.655	68.558	22.826	1.791.530
1969	258.675	48.777	40.569	5.679	353.700	2003	1.561.780	160.061	78.960	26.990	1.827.791
1970	319.574	54.069	38.388	4.058	416.089	2004	1.954.604	226.527	107.338	28.758	2.317.227
1971	416.995	56.708	38.868	4.393	516.964	2005	2.122.101	255.068	117.693	35.387	2.530.249
1972	488.061	75.323	53.557	5.230	622.171	2006	2.204.390	266.826	106.601	34.512	2.612.329
1973	577.583	97.229	69.202	6.362	750.376	2007	2.481.949	321.922	137.229	39.011	2.980.111
1974	707.068	111.177	79.413	8.262	905.920	2008	2.634.010	370.852	167.406	44.111	3.216.379
1975	726.067	115.354	78.698	10.126	930.235	2009	2.655.704	369.609	123.633	34.536	3.183.482
1976	775.401	115.260	83.891	12.059	986.611	2010	2.924.208	484.839	191.613	45.880	3.646.540
1977	736.205	69.792	101.368	13.828	921.193	2011	2.630.893	530.330	229.083	56.023	3.446.329
1978	876.807	86.598	86.269	14.340	1.064.014	2012	2.766.978	488.872	136.264	41.556	3.433.670
1979	918.141	103.942	93.051	12.832	1.127.966	2013	2.955.788	547.749	190.962	45.026	3.739.525
1980	939.278	109.414	102.017	14.465	1.165.174	2014	2.509.295	487.682	143.660	37.222	3.177.859
1981	589.181	101.959	76.350	13.393	780.883	2015	2.016.500	332.445	77.686	25.659	2.452.290
1982	676.014	126.772	46.698	9.820	859.304	2016	1.800.040	307.583	64.539	23.550	2.195.712
1983	750.209	104.560	35.487	6.206	896.462	2017	2.308.797	330.616	89.449	25.280	2.754.142
1984	680.645	128.171	48.497	7.340	864.653	2018	2.388.337	358.981	115.697	31.889	2.894.904
1985	760.784	132.770	64.769	8.385	966.708	2019	2.448.600	355.351	117.692	29.803	2.951.446
1986	818.221	142.349	84.544	11.218	1.056.332	2020	1.607.335	297.539	94.809	20.546	2.020.229
1987	686.665	145.562	74.205	13.639	920.071	2021	1.707.851	362.711	164.945	20.817	2.256.324
1988	785.368	193.151	71.810	18.427	1.068.756	2022	1.824.833	351.167	169.006	35.155	2.380.161
1989	733.676	202.324	62.699	14.553	1.013.252	2023	1.782.079	421.626	111.560	24.089	2.339.354
1990	665.051	182.787	51.597	15.031	914.466						

FUNTE / SOURCE: ANFAVEA.

Fonte: ANFAVEA (2024)

Apesar do excepcional resultado setorial até o ano de 2013, Serrano e Summa (2012) apontam que a economia brasileira já vinha dando sinais de fraqueza desde 2011, quando teve início um processo de ajuste fiscal “rudimentar”, combinado com uma redução da expansão do crédito ao consumo. Desde o ano de 2011, o faturamento do setor passou a cair – até 2014, de forma mais suave, e, posteriormente, de forma mais acentuada, devido à forte retração do PIB de aproximadamente 8% no biênio 2015-2016, seguido de baixo dinamismo da atividade econômica, com o crescimento de 1% do PIB (Produto Interno Bruto) em 2017 (Daudt e Willcox, 2018). Os autores definem o desempenho da indústria automobilística neste período como desastroso, com a produção de veículos decaindo em cerca de 2,2 milhões de unidades. Esse cenário culminou no aumento de desemprego e fechamento de fábricas por todo o país.

Em 2018, o governo federal instituiu o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística através da Lei nº 13.755/2018, uma iniciativa estratégica voltada para a modernização e desenvolvimento da indústria automobilística nacional. Este programa tem como objetivos promover a eficiência energética, incentivar a inovação tecnológica, aumentar a competitividade e reduzir os impactos ambientais dos veículos produzidos e comercializados no país, num cenário de quinze anos de duração. Através de incentivos fiscais e regulamentações específicas, o Rota 2030 visa estimular a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, tecnologias de propulsão alternativas, como veículos elétricos e híbridos, e melhorias na segurança veicular. Além disso, o programa busca integrar a cadeia produtiva nacional ao contexto global, promovendo a adoção de padrões internacionais de qualidade e sustentabilidade, e fortalecendo o setor automotivo brasileiro frente aos desafios da mobilidade do futuro.

Dessa forma, nos últimos anos, os caminhões elétricos e híbridos vêm se consolidando como uma alternativa viável e promissora ao país, refletindo uma tendência global de busca por soluções de transporte mais sustentáveis e eficientes. Nesse sentido, as empresas chinesas foram pioneiras no Brasil com seus caminhões elétricos: a BYD lançou o eT8 em 2019, caminhão elétrico direcionado a coleta de lixo; a JAC Motors lançou o iEV1200, caminhão que atraiu atenção de transportadores (Estadão, 2021a). Em 2021, a Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO) lançou o primeiro caminhão elétrico desenvolvido e produzido no Brasil, o e-Delivey, disponível nas versões com PBT de 11 toneladas e com PBT de 14 toneladas, destinado a entregas urbanas (Estadão, 2021b). Em 2022, a VWCO iniciou os testes de uma versão do e-Delivery com PBT de 17 toneladas (VWCO, 2022).

Figura 6 – Caminhões elétricos brasileiros VW e-Delivery, da Volkswagen



Fonte: VWCO (2022)

Por fim, a Figura 7 apresenta um panorama atual da frota brasileira de veículos, de acordo com o Boletim Unificado da CNT.

Figura 7 – Dados da frota brasileira de veículos

### Frota de veículos registrados\*

Automóveis	Motocicletas	Caminhões	Ônibus	Outros	Total
75.667.596	32.668.301	7.547.517	1.152.852	2.191.391	119.227.657

\*Nota: Frota total de veículos emplacados, dados de dezembro de 2023. Dados 2024 indisponíveis.

### Média de Idade

Automóveis	Motocicletas	Caminhões	Ônibus	Comerciais leves
10 anos e 9 meses	8 anos e 5 meses	11 anos e 11 meses	11 anos e 3 mês	8 anos e 9 meses

Nota: dados de 2022. Dados 2023 e 2024 indisponíveis.

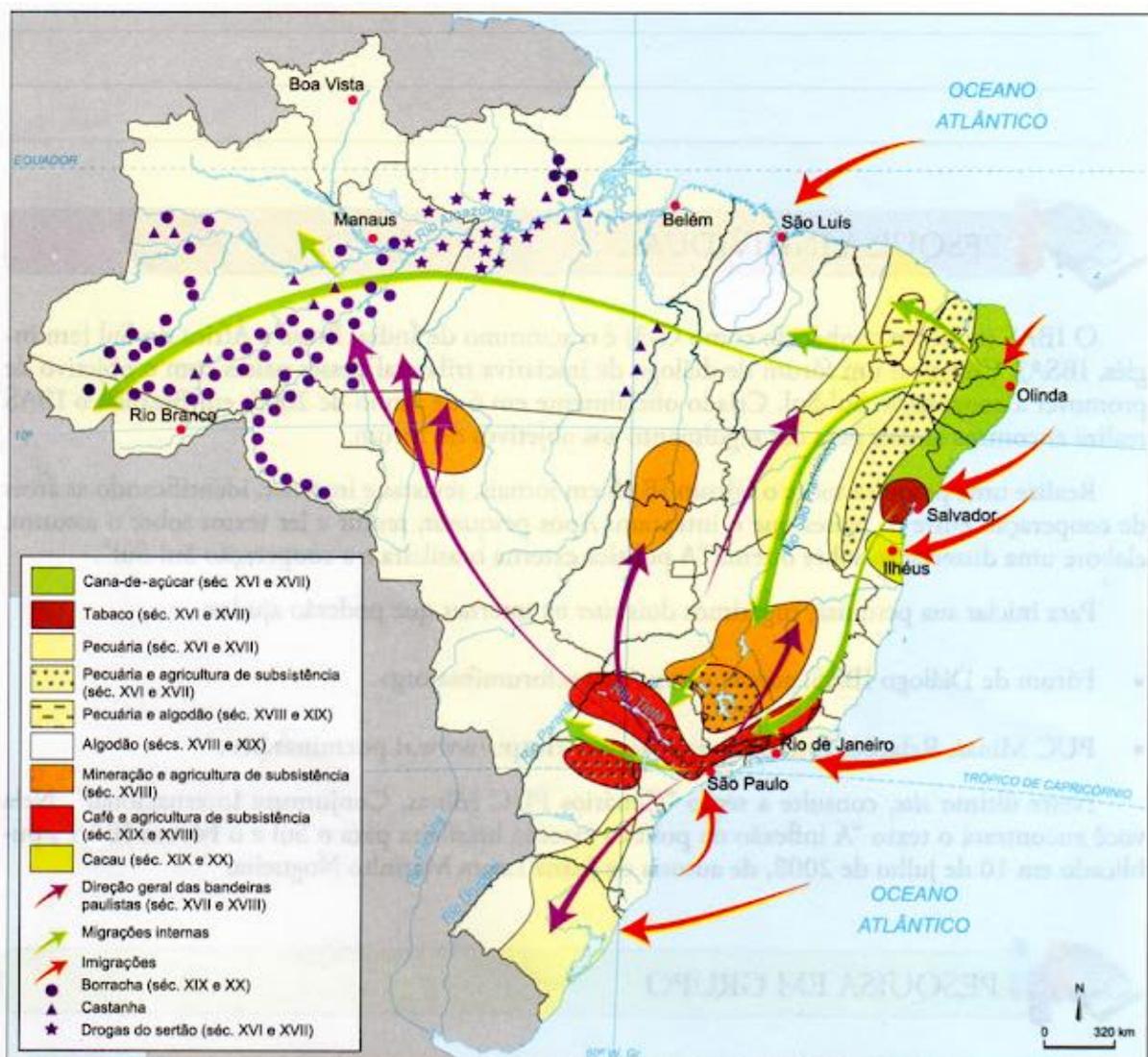
Fonte: CNT (2024)

É possível observar que ao fim do ano de 2023, a frota contava com 7.547.517 caminhões registrados. Com relação a idade média da frota, de acordo com os dados de 2022, os caminhões apresentavam, em média, 11 anos e 11 meses.

### 2.2.3 Característica das cargas

Nas primeiras décadas do século XX, a economia brasileira era centrada em dois setores econômicos básicos: o agroexportador e o da produção interna, ambos desenvolvidos pelas malhas ferroviárias existentes no país, já que a malha rodoviária era pequena e precária (Nunes, 2011). Grande parte da movimentação econômica desta época consistia na exportação de grãos de café. A Figura 8 ilustra a produção do espaço geográfico em função dos processos migratórios e das produções brasileiras do século XVI até o século XX.

Figura 8 – Brasil: produção do espaço geográfico em “ilhas econômicas” (dos séculos XVI à XX)



Brasil: produção do espaço geográfico em “ilhas econômicas” (século XVI até 1930). Fonte: Organizado por Sérgio Adas especialmente para o *São Paulo faz escola*, 2008.

Fonte: Ferreira (2012)

Em 2017, o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA) desenvolveu o Projeto Corredores Logísticos Estratégicos, um estudo com o objetivo de apresentar uma visão panorâmica e diagnóstica da infraestrutura de transportes voltada para o escoamento das principais cargas do Brasil, bem como de subsidiar estrategicamente a formulação e avaliação de políticas públicas relacionadas às infraestruturas viárias e aos serviços logísticos associados aos eixos estruturantes do País (Brasil, 2018a). A Figura 9 demonstra o projeto Corredores Logísticos no contexto do planejamento de transportes.

Figura 9 – Corredores Logísticos Estratégicos e o planejamento de transportes



Fonte: MTPA (2017)

Este projeto contou com a participação ativa dos setores público e privado nas discussões e na validação dos resultados, dando origem a seis produtos que contemplam o diagnóstico e análise das rotas de escoamento do complexo de soja e milho, do complexo de minério de ferro, de veículos automotores, do complexo da cana-de-açúcar, de transporte de passageiros e pessoas, e de petróleo e combustíveis, respectivamente (Brasil, 2018). No presente trabalho serão desconsiderados apenas os dados de transporte de passageiros e pessoas, tendo em vista que seu foco será na pesagem de cargas.

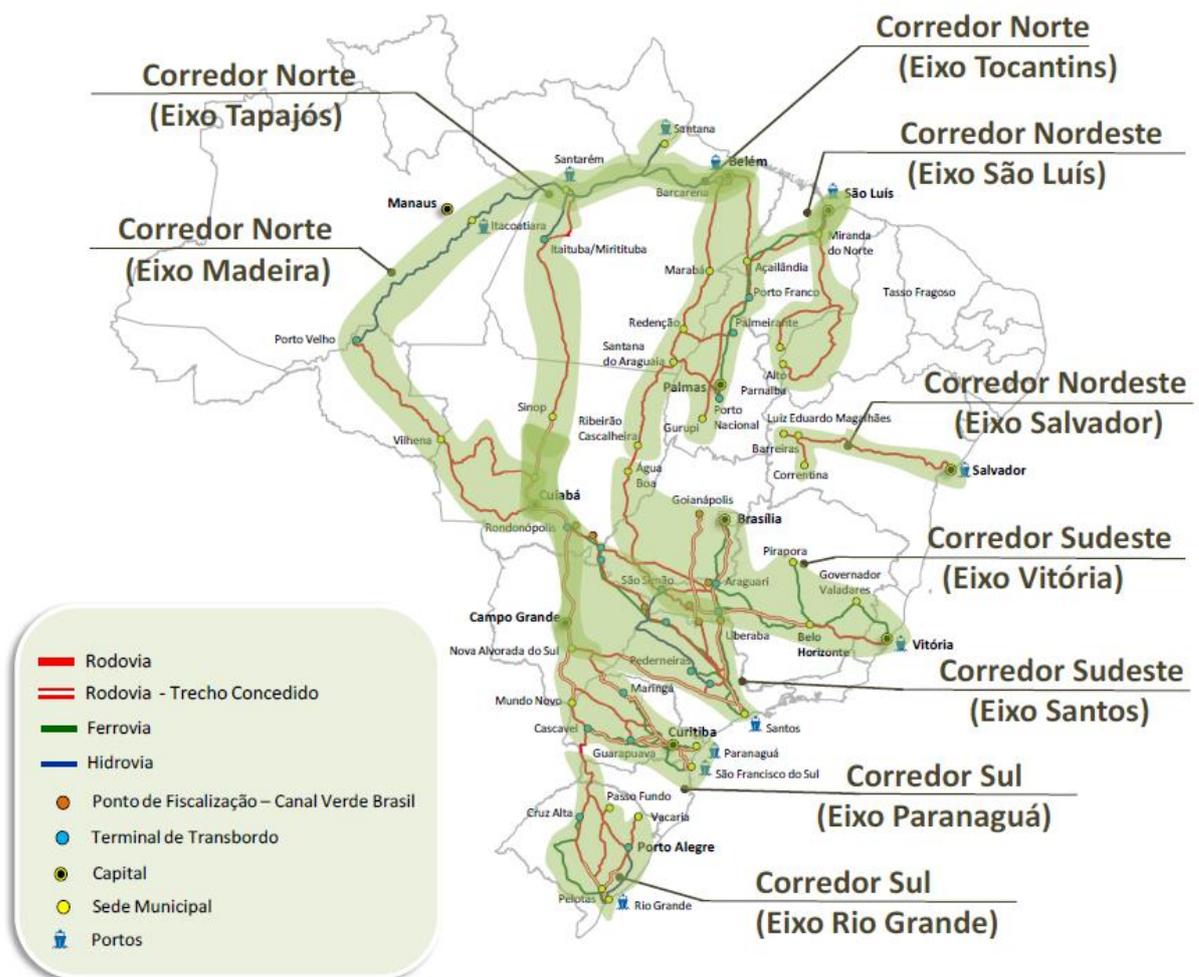
### 2.2.3.1 Soja e Milho

O Volume I do Relatório do Projeto Corredores Logísticos Estratégicos, referente ao Complexo de Soja e Milho, identificou os fluxos de carga mais relevantes no transporte destes grãos tanto para atender o mercado externo quanto para o consumo interno. Como resultado, foram delimitados os Corredores Logísticos Estratégicos, ou seja, os sistemas compostos de rotas modais e intermodais, por meio dos quais convergem as movimentações de cargas do complexo de soja e milho (Brasil, 2017).

De acordo com o estudo, para os fluxos de exportação, foram definidos nove Corredores Logísticos Estratégicos (Figura 10):

- Corredor Logístico Norte - Eixo Madeira;
- Corredor Logístico Norte - Eixo Tapajós;
- Corredor Logístico Norte - Eixo Tocantins;
- Corredor Logístico Nordeste - Eixo São Luís;
- Corredor Logístico Nordeste - Eixo Salvador;
- Corredor Logístico Sudeste - Eixo Vitória;
- Corredor Logístico Sudeste - Eixo Santos;
- Corredor Logístico Sul - Eixo Paranaguá;
- Corredor Logístico Sul - Eixo Rio Grande.

Figura 10 – Corredores Logísticos de Exportação – Soja e Milho



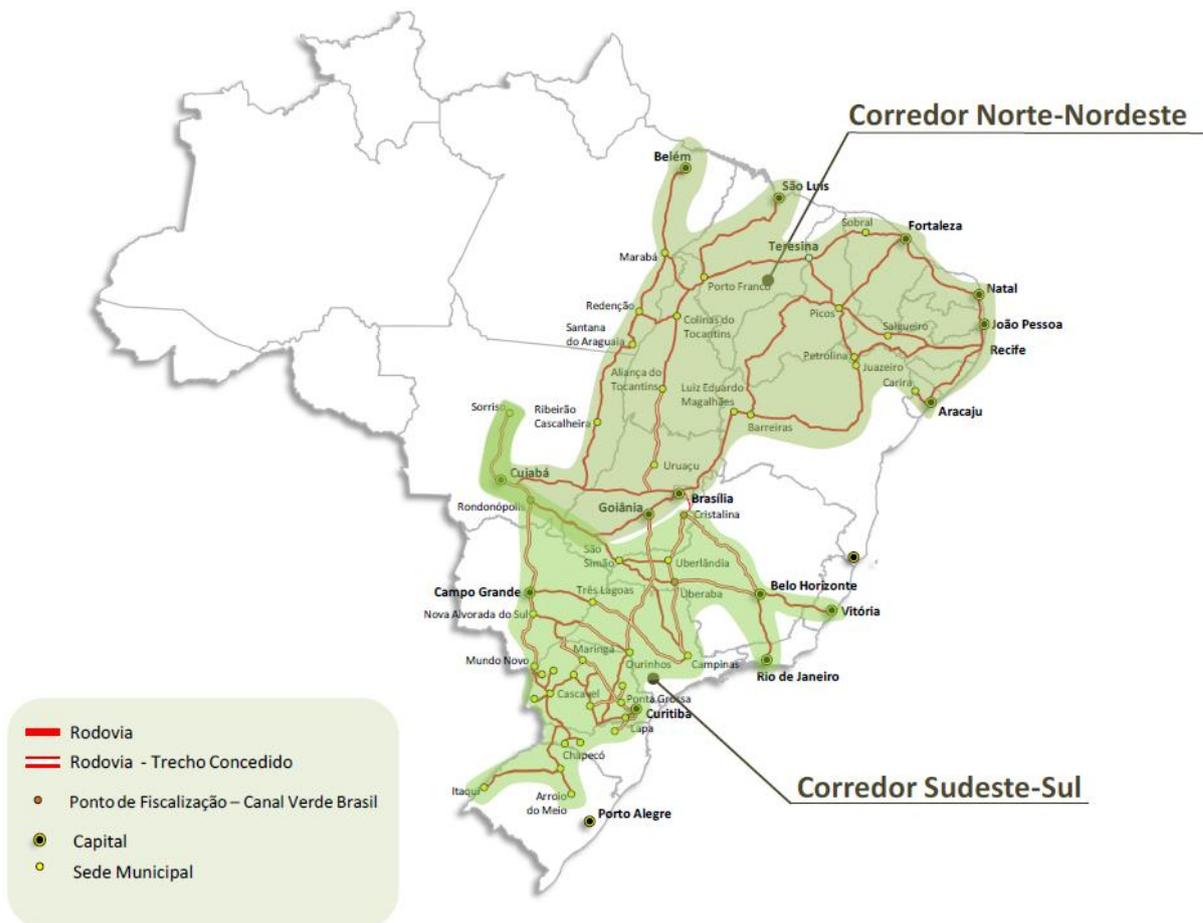
Fonte: MTPA (2017)

Ressalta-se que para este trabalho serão consideradas apenas a infraestrutura rodoviária disponível, no entanto, levando-se em consideração as localizações dos Portos, por entender a sua influência nos fluxos de carga.

Referente ao fluxo de abastecimento interno, o estudo definiu quatro corredores logísticos (Figura 11):

- Corredor Logístico Norte;
- Corredor Logístico Nordeste;
- Corredor Logístico Sudeste;
- Corredor Logístico Sul.

Figura 11 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Soja e Milho



Fonte: MTPA (2017)

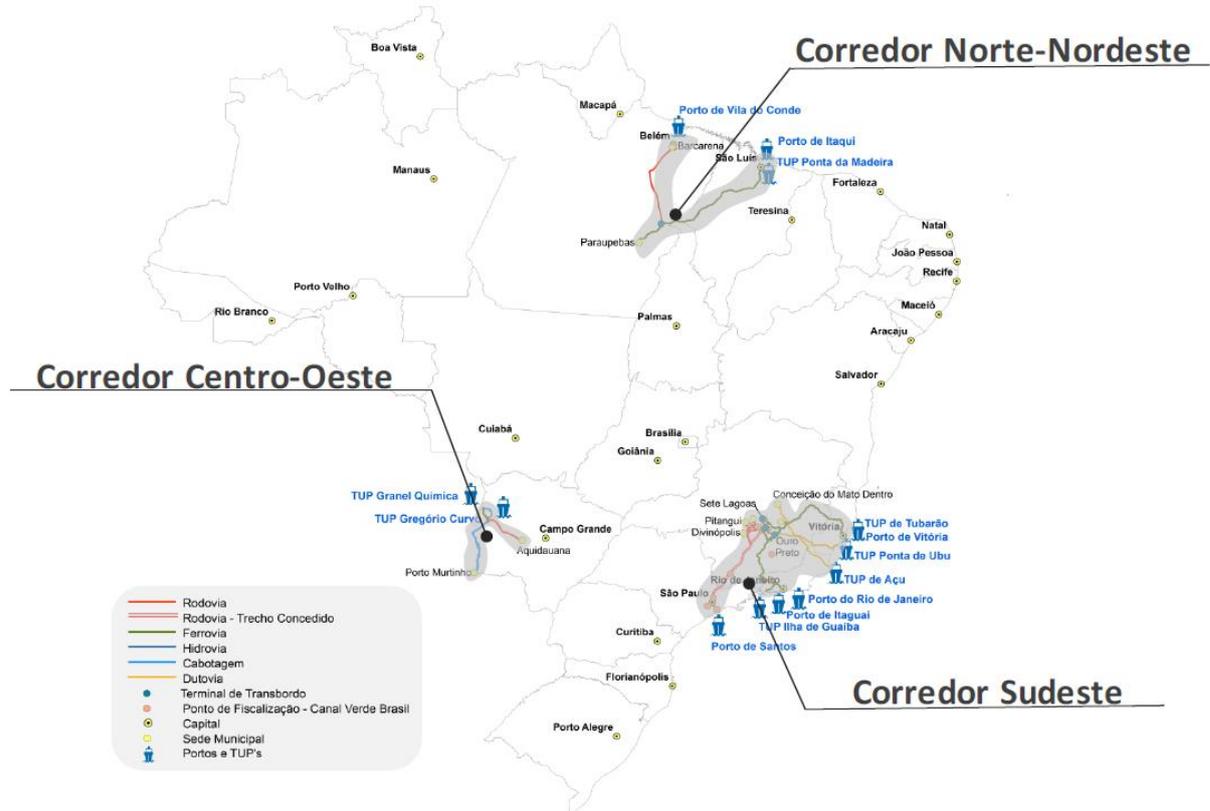
### 2.2.3.2 Minério de Ferro

O Volume II do Relatório do Projeto Corredores Logísticos Estratégicos diz respeito ao Complexo de Minério de Ferro, e apontou os fluxos de carga mais expressivos no transporte desses minérios para atender o mercado externo e o também o consumo interno (Brasil, 2018).

Levando em consideração os fluxos de exportação, foram definidos três Corredores Logísticos (Figura 12):

- Corredor Logístico Norte-Nordeste;
- Corredor Logístico Centro-Oeste;
- Corredor Logístico Sudeste.

Figura 12 – Corredores Logísticos de Exportação – Minério de Ferro

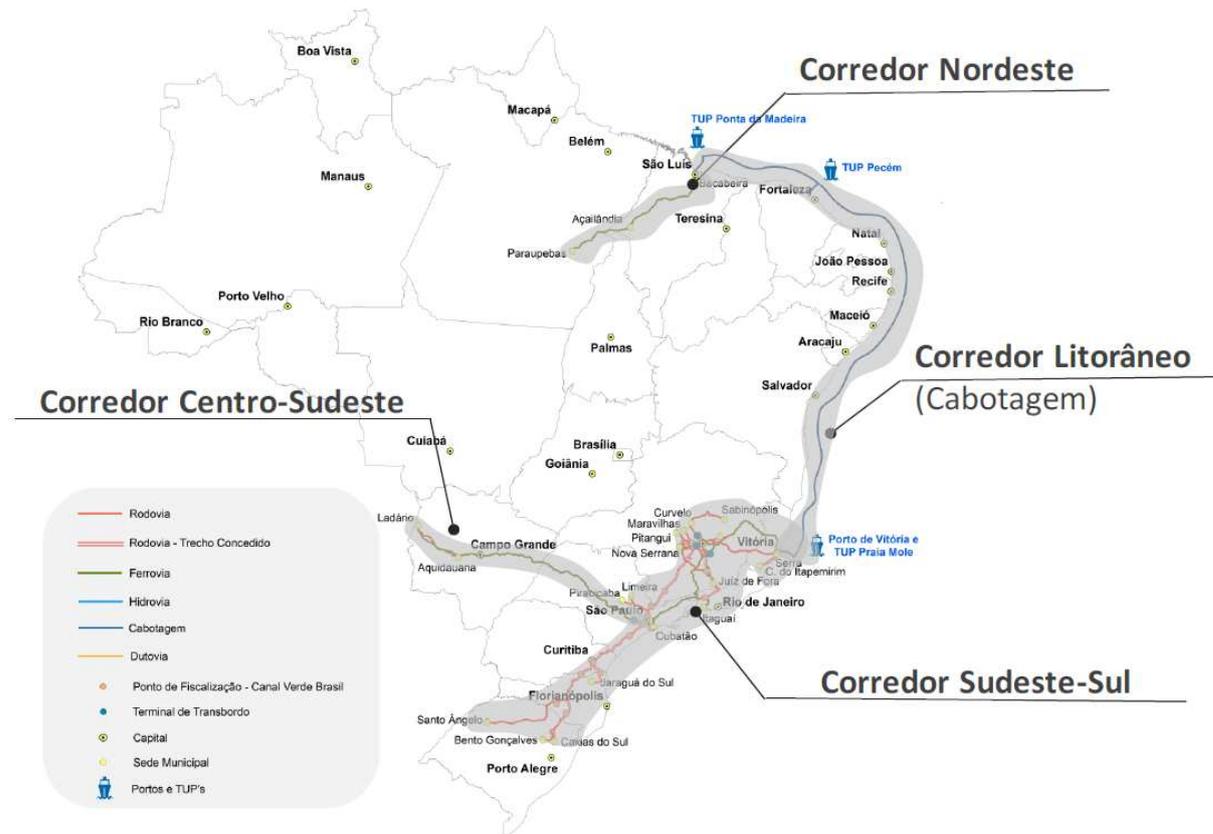


Fonte: MTPA (2018a)

Tendo como base os fluxos de abastecimento interno, foram definidos quatro Corredores Logísticos (Figura 13):

- Corredor Logístico Nordeste;
- Corredor Logístico Centro-Oeste;
- Corredor Logístico Sudeste – Sul;
- Corredor Litorâneo.

Figura 13 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Minério de Ferro



Fonte: MTPA (2018a)

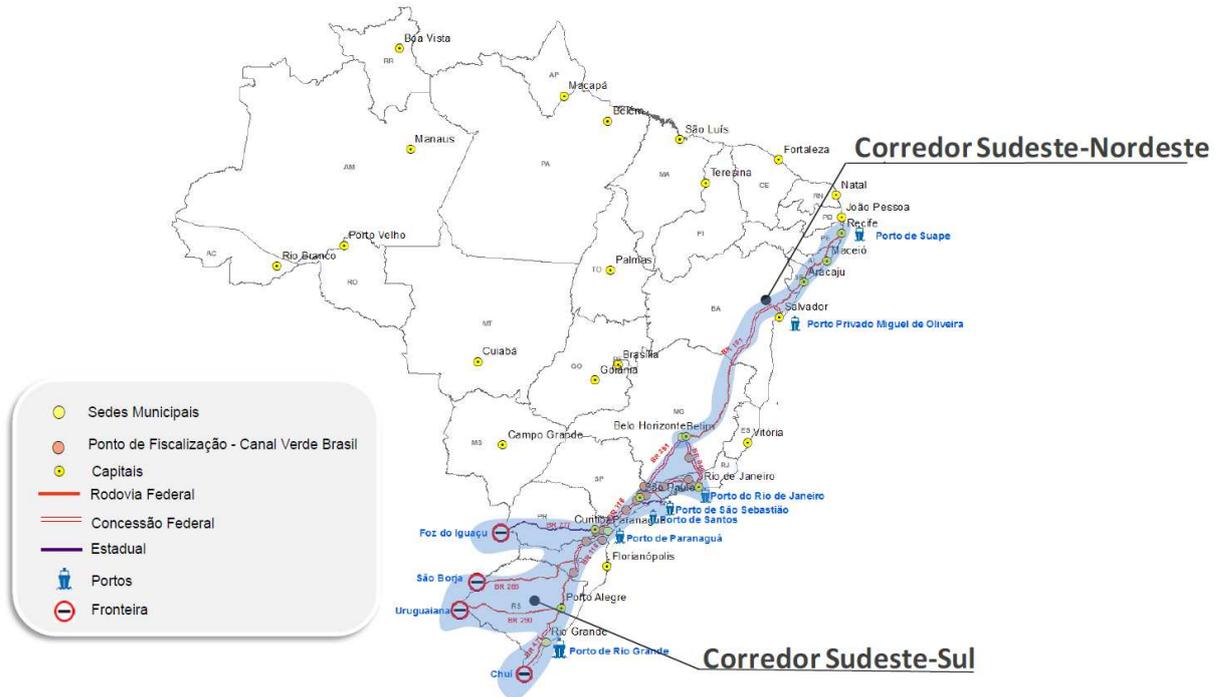
### 2.2.3.3 Veículos Automotores

O Volume III do Relatório do Projeto Corredores Logísticos Estratégicos, por sua vez, abordou o Complexo de Veículos Automotores, destacando os fluxos de carga mais expressivos no transporte de veículos destinados à exportação e ao consumo interno (Brasil, 2018).

O projeto definiu dois Corredores Logísticos para os fluxos de exportação (Figura 14):

- Corredor Sudeste-Sul;
- Corredor Sudeste-Nordeste.

Figura 14 – Corredores Logísticos de Exportação – Veículos Automotores

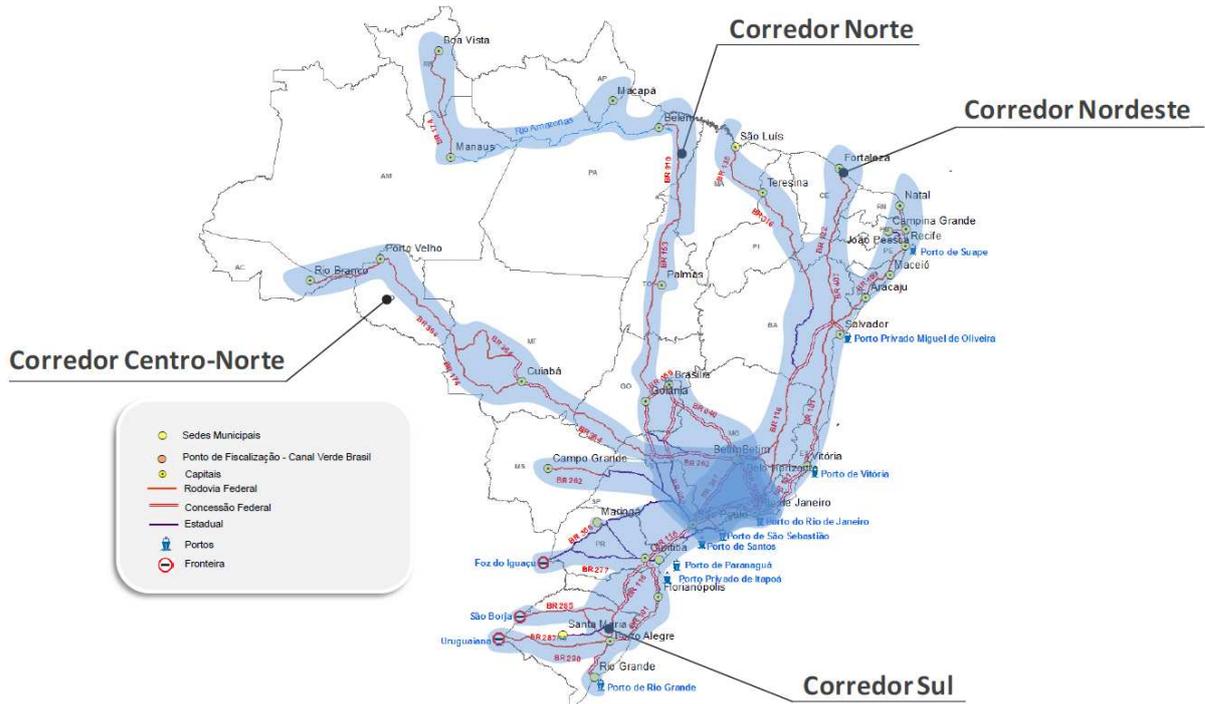


Fonte: MTPA (2018b)

Já para os fluxos de abastecimento interno e importação, o estudo definiu quatro Corredores Logísticos (Figura 15):

- Corredor Nordeste;
- Corredor Norte;
- Corredor Centro-Norte;
- Corredor Sul.

Figura 15 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Veículo Automotores



Fonte: MTPA (2018b)

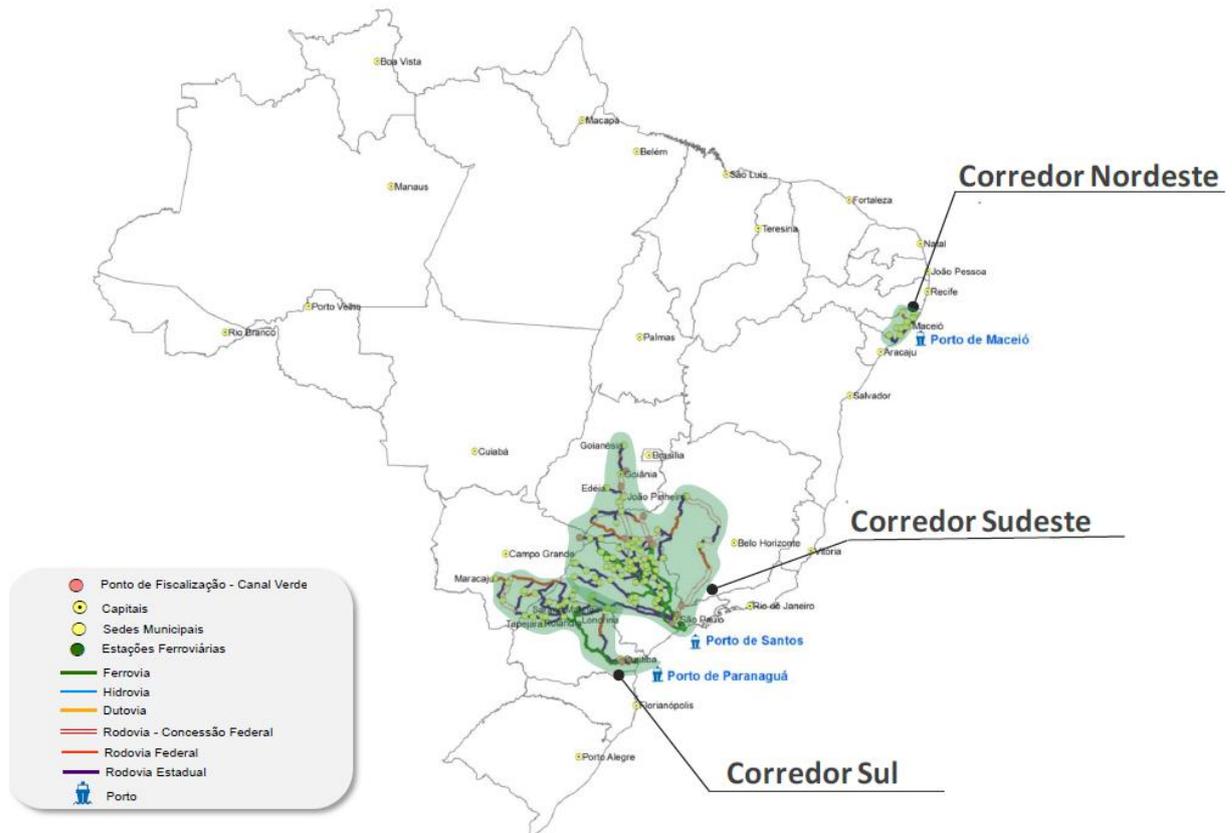
#### 2.2.3.4 Cana de Açúcar

O Volume IV do Relatório do Projeto Corredores Logísticos Estratégicos trata do Complexo da Cana-de-Açúcar, identificando os fluxos de carga mais expressivos no transporte da carga destinados à exportação e ao consumo interno, a partir dos quais foram definidos os corredores logísticos (Brasil, 2018).

O projeto definiu três Corredores Logísticos abrangendo os fluxos de exportação (Figura 16):

- Corredor Nordeste;
- Corredor Sudeste;
- Corredor Sul.

Figura 16 – Corredores Logísticos de Exportação – Cana-de-Açúcar

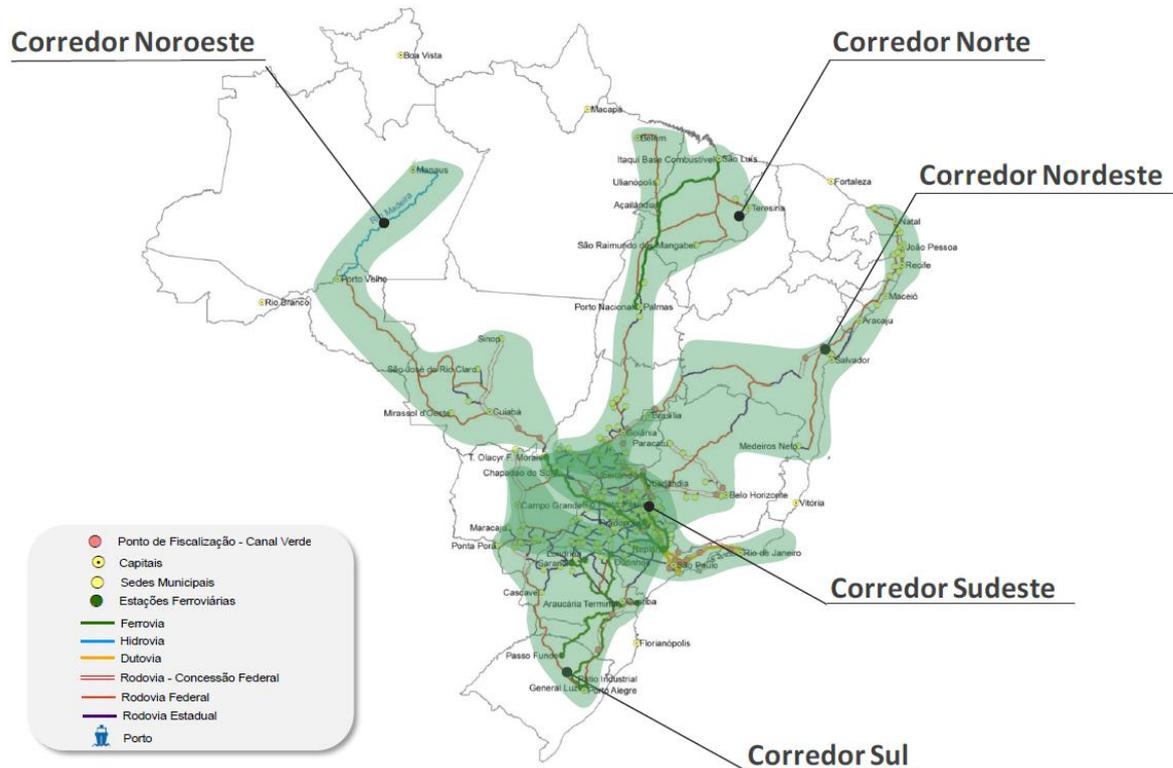


Fonte: MTPA (2018c)

Para os fluxos de abastecimento interno, por sua vez, o projeto definiu cinco Corredores Logísticos (Figura 17):

- Corredor Noroeste;
- Corredor Norte;
- Corredor Nordeste;
- Corredor Sudeste;
- Corredor Sul.

Figura 17 – Corredores Logísticos de Consumo Interno – Cana-de-Açúcar



Fonte: MTPA (2018c)

### 2.2.3.5 Petróleo e Combustíveis

O Volume VI, último produto do Relatório do Projeto Corredores Logísticos Estratégicos, avaliou a movimentação da cadeia produtiva do petróleo e combustíveis, identificando os fluxos de movimentação interna mais expressivos no escoamento de gasolina, óleo diesel, querosene de aviação (QAV), biodiesel e etanol. Como resultado, foram definidos sete Corredores para os produtos gasolina e diesel, nove para o QAV, cinco para o biodiesel e cinco para o etanol (Brasil, 2020), conforme exposto no Quadro 3.

Quadro 3 – Corredores Logístico de Combustíveis

CORREDORES LOGÍSTICOS			
GASOLINA E DIESEL	QUEROSENE DE AVIAÇÃO	BIODIESEL	ETANOL
Noroeste	Amazônico	Noroeste	Noroeste
Amazônico	Norte	Norte	Norte
Nordeste Setentrional	Nordeste 1 - (CE/PI)	Nordeste	Nordeste
Nordeste Meridional	Nordeste 2 - (PE/PB/RN)	Sudeste	Sudeste
Sudeste	Nordeste 3 - (BA/SE/AL)	Sul	Sul
Centro-Sul	Sudeste	-	-
Sul	Centro-Oeste	-	-
-	Sul 1 - (PR/SC)	-	-
-	Sul 2 - (RS/SC/PR)	-	-

Fonte: Adaptado de MTPA (2020)

Devido à grande quantidade de corredores logísticos envolvendo petróleo e combustíveis, os mapas confeccionados pelo MTPA para apresentar cada corredor individualmente não estão representados neste tópico, mas podem ser verificados no Relatório do Volume VI – Petróleo e Combustíveis (MTPA, 2020).

## PESAGEM

Esta sessão aborda como a pesagem é realizada no Brasil, apresentando as principais definições acerca do tema, a infraestrutura existente, os tipos de operações de pesagem vigentes no país, bem como aspectos da gestão e regulação destes processos.

### 2.3.1 Definições

A seguir, serão abordadas algumas definições e conceitos usuais na área de pesagem rodoviária de veículos, retiradas do Código de Trânsito Brasileiro – CTB (Brasil, 1997).

**Peso Bruto Total (PBT):** Peso máximo que o veículo transmite ao pavimento, constituído da soma da tara mais a lotação.

**Peso Bruto Total Combinado (PBTC):** Peso máximo transmitido ao pavimento pela combinação de um caminhão-trator mais seu semi-reboque ou do caminhão mais o seu reboque ou reboques.

**Lotação:** Carga útil máxima, incluindo condutor e passageiros, que o veículo transporta, expressa em quilogramas para os veículos de carga, ou número de pessoas, para os veículos de passageiros.

**Tara:** Peso próprio do veículo, acrescido dos pesos da carroçaria e equipamento, do combustível, das ferramentas e acessórios, da roda sobressalente, do extintor de incêndio e do fluido de arrefecimento, expresso em quilogramas.

**Capacidade Máxima de Tração (CMT):** Máximo peso que a unidade de tração é capaz de tracionar, indicado pelo fabricante, baseado em condições sobre as limitações de geração e multiplicação de momento de força e resistência dos elementos que compõem a transmissão.

Além disso, outros conceitos interessantes referentes à fiscalização de peso contidos no Plano Nacional de Pesagem – PNP (2021b), são listados a seguir:

**Infraestrutura para pesagem:** Infraestrutura rodoviária destinada a comportar os instrumentos de pesagem a serem utilizados para o desenvolvimento das pesagens em movimento e estática, sendo parte componente dos sistemas de pesagem.

**Centro de Controle Operacional (CCO):** Local disponibilizado na SEDE do DNIT, Superintendência Regional, Unidade Local ou outro local definido pela Regional, onde funcionará o monitoramento das operações de fiscalização remota por meio dos Agentes da Autoridade de Trânsito, dimensionado conforme a quantidade de balanças móveis definidas para a Unidade da Federação.

**Agente da Autoridade de Trânsito (AAT):** Pessoa, civil ou policial militar, credenciada pela Autoridade de Trânsito, para o exercício das atividades de fiscalização, operação, policiamento ostensivo de trânsito ou patrulhamento. Caso exerça as atividades de fiscalização do excesso de peso por videomonitoramento, através do circuito interno de câmeras em Centro de Controle Operacional, é denominado Agente Remoto.

**Pesagem estática:** Procedimento que visa medir o peso transmitido pelos pneus de veículos comerciais pesados no pavimento, realizar a leitura do PBT do conjunto veicular e a parcela dele que é distribuída entre os eixos e/ou conjuntos de eixos. Esta pesagem é realizada com o veículo parado sobre instrumentos e sistemas de pesagem estática, tendo em vista a legislação de trânsito vigente e os normativos metrológicos específicos.

**Pesagem em movimento (ou *Weigh-In-Motion* - WIM):** Procedimento que visa medir as forças de impacto aplicadas pelos pneus de veículos comerciais pesados no pavimento, quando da passagem sobre instrumentos ou sistemas de pesagem em movimento e, assim, a partir desta medida, realizar a leitura do Peso Bruto Total (PBT) do conjunto veicular e a parcela dele que é distribuída entre os eixos e/ou conjuntos de eixos. É realizada com o veículo em movimento, sendo as velocidades variáveis de acordo com as especificações técnicas dos instrumentos e sistemas e tendo em vista a legislação de trânsito vigente e os normativos metrológicos específicos. A pesagem em movimento é essencial para a fiscalização eficiente, reduzindo interrupções no tráfego e o desgaste do pavimento causado pela frenagem, e permitindo a coleta de dados em tempo real.

**Sistema de pesagem:** Conjunto constituído por instrumentos de pesagem, instalados em compatibilidade com as respectivas infraestruturas, atendendo aos requisitos técnicos e metrológicos específicos de cada instrumento. Compõem dispositivos eletrônicos e softwares, para controle do próprio sistema e, para a coleta, controle, análise e armazenamento dos dados, e com hardwares de comunicação, voltados à transmissão dos dados.

**Sistema Integrado de Operações Rodoviárias (SIOR):** Sistema, em ambiente *web*, que receberá todos os dados e imagens registradas pelos equipamentos e sistemas decorrentes

da operação de pesagem nas rodovias federais administradas pelo DNIT, conforme protocolo de comunicação definido pelo DNIT.

**Ticket de Pesagem:** Ticket que fica disponível após a pesagem do veículo, caso requerido pelo condutor, indicando os pesos aferidos em cada eixo, bem como o PBT/PBTC.

**Veículo comercial pesado:** Veículo rodoviário de carga e de passageiros, tendo em vista as configurações de veículos homologadas pelo Órgão Executivo Máximo componente do Sistema Nacional de Trânsito (SNT).

**Zona de fiscalização:** Áreas ou segmentos destacados com sinalizações regulamentares, que contemplam os sistemas de pesagem e todos os demais insumos necessários ao desenvolvimento das operações de pesagem e coleta de dados de veículos comerciais pesados, e nos quais pode ser verificado também o cometimento de outras infrações de trânsito, que não aquelas relacionadas aos limites de peso.

Ademais, outros conceitos importantes são mencionados:

**Peso por eixo:** Peso suportado por cada eixo do veículo. A distribuição adequada do peso entre os eixos é essencial para manter a integridade das vias e a estabilidade do veículo, não devendo exceder o indicado pelo fabricante.

**Excesso de peso:** Peso que ultrapassa os limites legais estabelecidos para o PBT ou para o peso por eixo. As penalidades para o excesso de peso incluem multas e, em alguns casos, a retenção do veículo até que a carga seja redistribuída ou reduzida.

**Balanças rodoviárias:** Dispositivos instalados em pontos específicos das rodovias para medir o peso dos veículos. Podem ser estáticas, onde o veículo deve parar sobre a balança, ou dinâmicas, como no caso dos dispositivos de pesagem em movimento (WIM). A calibração regular e a manutenção dessas balanças são fundamentais para garantir medições precisas e confiáveis.

**Fiscalização e Controle:** Envolve o monitoramento constante dos veículos de carga para assegurar que cumpram as regulamentações de peso (vide item 2.3.3). Órgãos como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) são responsáveis pela fiscalização.

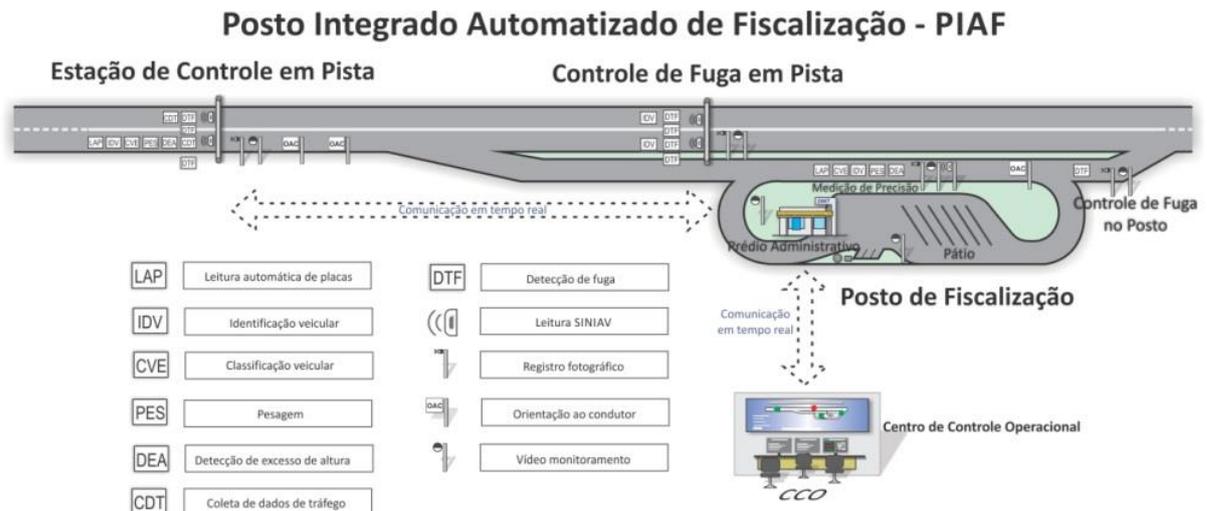
**Infraestrutura e Manutenção Rodoviária:** A gestão adequada do peso dos veículos contribui diretamente para a preservação das rodovias. O excesso de peso acelera o desgaste do pavimento, aumentando os custos de manutenção e reduzindo a vida útil das estradas. Dessa forma, evidencia-se a importância das políticas de pesagem (vide item 2.3.3).

### 2.3.2 Infraestrutura

O posto de pesagem veicular (PPV) é uma instalação localizada em rodovias, destinada a medir o peso dos veículos comerciais pesados para assegurar o cumprimento dos limites legais de peso estabelecidos pela legislação. Esses postos são equipados com balanças dinâmicas de baixa velocidade ou sensores WIM, que permitem a medição do peso total do veículo e do peso por eixo. Neste item são abordadas as diferentes infraestruturas disponíveis de postos de pesagem.

Em 2016, o DNIT propôs o modelo de Posto Integrado Automatizado de Fiscalização – PIAF, como alternativa de substituição aos antigos PPVs – até então munidos, em sua maioria, por balança de baixa velocidade. Na Figura 18 é possível visualizar o modelo do PIAF, bem como os dispositivos de fiscalização que o compõe.

Figura 18 – Posto Integrado Automatizado de Fiscalização – PIAF



Fonte: DNIT (2016)

Considerado uma “evolução” do PIAF, surge o conceito do Posto de Pesagem Misto (PPM). O modelo do PPM é composto por um conjunto de diferentes unidades, que realizam a fiscalização e o controle dos veículos comerciais de carga e passageiros que trafegam pelas rodovias. Todos os procedimentos são controlados por sistemas, que monitoram os veículos em cada etapa do processo de fiscalização, sendo tais sistemas incorporados pelo controle em pista, a medição de precisão e o controle de fuga. Quanto à sua composição, os PPMs são compostos pela instalação de Estações de Controle em Pista – ECP, pela disponibilização e manutenção de Unidades Móveis Operacionais – UMO, dotadas de sistema de pesagem com balança portátil

de pesagem, e demais equipamentos e sistemas associados e pelo Centro de Controle Operacional – CCO (DNIT, 2023).

Com relação aos sistemas de pesagem em movimento, os mesmos podem ser classificados em função de sua infraestrutura em HS-WIM (*High-Speed Weigh-In-Motion*) ou B-WIM (*Bridge Weigh-In-Motion*). Nos sistemas HS-WIM, os sensores são instalados diretamente na superfície da rodovia, embutidos no pavimento, permitindo a pesagem dos veículos enquanto eles trafegam em alta velocidade sem a necessidade de interrupção. Já os sistemas B-WIM utilizam as estruturas de pontes já existentes, onde sensores são instalados nas vigas ou outros componentes da ponte para medir a deformação causada pela passagem dos veículos, determinando assim seu peso. Enquanto o HS-WIM demanda uma intervenção direta na via com instalação de sensores específicos, e, portanto, uma atenção extra na pavimentação para não os danificar, o B-WIM aproveita a infraestrutura já existente das pontes, mas requer uma análise estrutural detalhada das mesmas para a correta instalação dos sensores.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), representada pelo Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans), conta com um sítio de pesquisas de pesagem em movimento no município de Araranguá/SC, alocado entre os quilômetros 415 e 418 da rodovia BR-101 (sentido sul). A infraestrutura do sítio de pesquisas é apresentada na Figura 19.

Figura 19 – Sítio de Pesquisa de HS-WIM de Araranguá/SC e seus componentes



Fonte: Otto (2018)

Desde 2007, são realizadas pesquisas para o desenvolvimento tecnológico de sistemas de pesagem em Araranguá. No decorrer dos anos de pesquisa, foram implantados e testados sistemas HS-WIM de diversas empresas, nacionais e internacionais, no sítio supracitado, no qual foram executados trechos projetados especialmente para o suporte desses sistemas (FAPEU, 2024).

### 2.3.3 Gestão Pública e Regulação

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) são órgãos governamentais brasileiros que atuam de forma complementar na gestão e regulação do setor de transportes terrestres, e foram instituídos pela mesma lei, a Lei nº 10.233/2001 (Brasil, 2001). O DNIT é responsável pela implementação, manutenção e operação da infraestrutura de transportes terrestres no Brasil, incluindo rodovias federais e ferrovias. Suas atribuições incluem a construção, conservação e fiscalização das obras de infraestrutura, garantindo que as estradas e ferrovias estejam em condições adequadas para o tráfego seguro e eficiente. A ANTT, por outro lado, é a agência reguladora que supervisiona e regula a prestação dos serviços de transporte terrestre, abrangendo rodovias e ferrovias concedidas à iniciativa privada, transporte rodoviário de cargas e passageiros, e a exploração da infraestrutura ferroviária.

Cabe à ANTT estabelecer normas e regulações, fiscalizar o cumprimento dessas normas e resolver conflitos entre concessionárias e usuários, assegurando a qualidade e a competitividade dos serviços de transporte. Ambos os órgãos colaboram para assegurar um sistema de transporte terrestre eficiente e seguro no Brasil: enquanto o DNIT foca na infraestrutura física, a ANTT concentra-se na regulação e supervisão dos serviços de transporte, garantindo que as operações sejam realizadas de acordo com as normas estabelecidas e promovendo a melhoria contínua do setor.

Os dados desempenham um papel crucial na gestão eficiente do setor rodoviário, auxiliando na tomada de decisões estratégicas e operacionais. Desde a análise do tráfego e padrões de uso da infraestrutura até a manutenção preventiva e a segurança viária, informações precisas e atualizadas permitem que as autoridades e gestores identifiquem áreas de melhoria, otimizem recursos e implementem políticas que melhor atendam às necessidades dos usuários das vias, buscando garantir um sistema rodoviário seguro e funcional para todos. Nesse sentido, o Plano Nacional de Contagem de Tráfego – PNCT é uma ferramenta potente para aquisição de dados. Conforme citado no item 2.2.2, o PNCT foi criado em 1977, e sua implantação ocorreu de forma lenta e gradativa, sendo interrompida em 2001 por contingenciamentos orçamentários, e retomada em 2013 (DNIT, 2014).

A classificação veicular é essencial para diversas aplicações, incluindo a regulamentação de trânsito, a formulação de políticas públicas de transporte, a fiscalização e a gestão da infraestrutura rodoviária. No Brasil, a classificação veicular é regulamentada pelo

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), através da Resolução CONTRAN nº 916, de 28 de março de 2022, que apresenta uma tabela contendo a classificação de veículos conforme tipo, marca, espécie e carrocerias (CONTRAN, 2022b).

No entanto, uma classificação mais simplificada voltada para o Plano Nacional de Contagem de Tráfego – PNCT, proposta pelo edital nº 811/2012 (PNCT, 2012), contempla a seguinte classificação veicular (de A à L) para a contagem de tráfego:

- **Classe A** (2 eixos): ônibus, caminhão simples
- **Classe B** (3 eixos): ônibus trucado, caminhão trucado
- **Classe C** (4 eixos): caminhão duplo direcional trucado, caminhão + reboque, caminhão + 2 semirreboques
- **Classe D** (5 eixos): caminhão + semirreboque, caminhão trucado + semirreboque, caminhão + reboque, caminhão trucado + reboque, caminhão + semirreboque + reboque, caminhão + 2 semirreboques
- **Classe E** (6 eixos): caminhão + semirreboque, caminhão trucado + reboque, caminhão + reboque, Romeu e Julieta (caminhão trucado + reboque), caminhão trucado + semirreboque + reboque, caminhão + semirreboque + reboque, caminhão trucado + 2 semirreboques
- **Classe F** (7 eixos): caminhão trucado + reboque, Romeu e Julieta (caminhão trucado + reboque), Bitrem articulado (caminhão trucado + 2 semirreboques), caminhão trucado + semirreboque + reboque
- **Classe G** (8 eixos): caminhão trucado + semirreboque + reboque, caminhão + 2 reboques
- **Classe H** (9 eixos): caminhão trucado + 2 semirreboques, Rodotrem (caminhão trucado + semirreboques + reboque com dolly), Tritrem (caminhão trucado + três semirreboques)
- **Classe I** (2 eixos): veículos de passeio e utilitários
- **Classe J** (2 eixos): motocicletas
- **Classe L**: outros veículos (que não se enquadram nas classes anteriores)

Ressalta-se que o quadro do PNCT contendo as classes do edital nº 811/2012, com especificação das silhuetas de cada veículo, pode ser contemplada no Anexo I deste trabalho.

No que tange a pesagem veicular, na década de 1960, a legislação brasileira passou a prever o controle de pesagem de veículos, que até 1974, era efetuado única e exclusivamente com equipamentos de pesagem estática. Em 1975, o Departamento Nacional de Estradas de

Rodagem (DNER), por intermédio da Diretoria de Trânsito, iniciou o desenvolvimento do Plano Diretor de Pesagem, que contemplava o emprego de equipamentos de pesagem dinâmica. Em 1981, com a elaboração e publicação do Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis, pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, mostrou-se necessária a criação de uma legislação específica, buscando disciplinar os pesos máximos por eixo dos veículos (Brasil, 2006; DNER, 1981).

Com a promulgação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), instituído pela Lei nº 9.503/1997, a fiscalização se tornou mais rigorosa, estabelecendo normas mais claras e penalidades para o excesso de peso (Brasil, 1997). Essa mesma lei também definiu atribuições ao Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. Nos anos subsequentes, a implementação de balanças de pesagem em rodovias federais e estaduais foi intensificada, visando controlar de maneira mais eficiente o tráfego de veículos de carga.

A Resolução CONTRAN nº 882/2021, estabelece que nenhum veículo ou combinação de veículos pode transitar com peso bruto total (PBT) ou com peso bruto total combinado (PBTC) com peso por eixo, superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração (CMT) da unidade tratora. Além disso, no âmbito da fiscalização de peso dos veículos por balança rodoviária, essa resolução também admite tolerância máxima de 5% (cinco por cento) sobre os limites de PBT ou PBTC, e de 12,5% sobre os limites de peso bruto transmitido por eixo, como forma de suprir a incerteza de medição do equipamento, conforme legislação metrológica (CONTRAN, 2021).

Ainda, a Resolução CONTRAN nº 882/2021 define os seguintes limites de pesos para os veículos de transporte de carga internacional (Mercosul) em território brasileiro:

- I. PBT 45 t;
- II. peso bruto transmitido por eixo às superfícies das vias públicas:
  - a) eixo simples dotado de 2 rodas: 6 t;
  - b) eixo simples dotado de 4 rodas: 10,5 t;
  - c) eixo duplo dotado de 4 rodas: 10 t;
  - d) eixo duplo dotado de 6 rodas: 14 t;
  - e) eixo duplo dotado de 8 rodas: 18 t;
  - f) eixo triplo dotado de 6 rodas: 14 t;
  - g) eixo triplo dotado de 10 rodas: 21 t; e
  - h) eixo triplo dotado de 12 rodas: 25,5 t

O Plano Nacional de Pesagem, definido pela Instrução Normativa nº 50/DNIT SEDE, de 26 de agosto de 2021, é uma estratégia coordenada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para o monitoramento e fiscalização do peso dos veículos que trafegam nas rodovias federais brasileiras. Este plano estabelece diretrizes operacionais e técnicas para a implantação e operação de postos de pesagem, tanto fixos quanto móveis, além da utilização de tecnologias avançadas de pesagem em movimento (WIM). A normativa detalha os procedimentos de pesagem, a calibração e manutenção dos equipamentos, bem como as responsabilidades dos operadores e órgãos fiscalizadores na execução e cumprimento das normas estabelecidas (Brasil, 2021b).

No âmbito internacional da regulação, a COST 323 é uma iniciativa europeia que se concentra no desenvolvimento e padronização de tecnologias e metodologias para a pesagem em movimento (WIM). Lançada pela *European Cooperation in Science and Technology* – COST, em 1999, a COST 323 tem o objetivo de melhorar a precisão e a confiabilidade dos sistemas WIM, através do estabelecimento de critérios de desempenho, classificando-os em diferentes níveis de precisão para atender a diversas aplicações, desde a gestão de infraestrutura até a fiscalização de peso. Dessa forma, a COST 323 fomenta uma fiscalização mais eficiente e menos invasiva do peso dos veículos de carga em trânsito, contribuindo para a harmonização das regulamentações de pesagem e para a proteção da infraestrutura rodoviária, além de aumentar a segurança viária e a eficiência do transporte de mercadorias (COST, 2002).

Também no cenário internacional, a *Organisation Internationale de Métrologie Légale* (OIML) consiste em um fórum internacional de Metrologia Legal, composto por mais de cem países, que emite recomendações e documentos elaborados por comitês específicos e aprovados pelos países-membros. Dentre seus objetivos, destacam-se desenvolvimento de regulamento modelo, normas e documentos a serem utilizados pelas autoridades de metrologia legal e industrial, além de fornecimento de sistemas de reconhecimento mútuo que reduzem as barreiras comerciais e os custos no mercado mundial (INMETRO, 2023).

Em 2006, a OIML emitiu a recomendação internacional OIML R 134-1 (OIML, 2006) a respeito de instrumentos automáticos para pesagem de veículos em movimento e medindo cargas por eixo. A recomendação tem por objetivo a regulamentação do processo automatizado de fiscalização de peso, e estabeleceu limites para PBT (Tabela 2).

Tabela 2 – Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para o PBT

Accuracy class for vehicle mass	Percentage of conventional value of the vehicle mass (6.7)	
	Initial verification	In-service inspection
0.2	±0.10 %	±0.20 %
0.5	±0.25 %	±0.50 %
1	±0.50 %	±1.00 %
2	±1.00 %	±2.00 %
5	±2.50 %	±5.00 %
10	±5.00 %	±10.00 %

Fonte: OIML (2006)

A recomendação também estabeleceu limites para eixos e grupos de eixos (Tabela 3).

Tabela 3 – Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para eixos e grupos de eixos

Accuracy class for single-axle load and axle-group load	Percentage of the corrected mean single-axle load or corrected mean axle-group load	
	Initial verification	In-service inspection
A	±0.50 %	±1.00 %
B	±1.00 %	±2.00 %
C	±1.50 %	±3.00 %
D	±2.00 %	±4.00 %
E	±4.00 %	±8.00 %
F	±8.00 %	±16.00 %

Fonte: OIML (2006)

O Brasil aderiu à OIML em 1983, sendo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) o seu representante. Em 2022, através da Portaria nº 19/2022 do INMETRO, foi aprovado o Regulamento Técnico Metrológico consolidado para instrumentos de pesagem automáticos de veículos rodoviários em movimento (Brasil, 2022). Esta portaria estabelece os limites de erro para o PBT apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Limites do regulamento estabelecido pela Portaria Inmetro nº 019/2022 para o PBT

Percentagem do valor verdadeiro convencional da massa do veículo (7.6)		
Classes de exatidão	Aprovação de Modelo, verificação inicial e verificação subsequente ( $\pm$ )	Supervisão metrológica ( $\pm$ )
1	2,50%	5,00%
2	3,50%	7,00%
3	5,00%	10,00%

Fonte: Brasil (2022)

Com relação aos limites de erro para eixos isolados e grupos de eixo, a portaria propõe o exposto na Tabela 5.

Tabela 5 – Limites do regulamento estabelecido pela Portaria Inmetro nº 019/2022 por eixo isolado e grupos de eixos

Percentagem do valor verdadeiro convencional da carga estática de referência por eixo isolado (7.7)		
Classes de exatidão	Aprovação de Modelo, verificação inicial e verificação subsequente ( $\pm$ )	Supervisão metrológica ( $\pm$ )
A	4,00%	8,00%
B	6,00%	12,00%
C	8,00%	16,00%

Fonte: Brasil (2022)

A Resolução CONTRAN nº 902/2022 surgiu com o intuito de aprimorar a eficiência na fiscalização do excesso de peso, proteger a infraestrutura rodoviária e garantir a segurança no trânsito. Esta resolução dispõe sobre o uso de sistemas automatizados integrados para a aferição de peso e dimensões de veículos com dispensa da presença física da autoridade de trânsito ou de seu agente no local da aferição, entre outras providências (CONTRAN, 2022a).

Art. 3º Para efeito desta Resolução, entende-se por sistema automático não metrológico de fiscalização o conjunto constituído pelo instrumento ou equipamento de controle não metrológico, o módulo detector veicular e o dispositivo registrador de imagem, que não necessitam da interferência do operador em qualquer das fases de seu funcionamento (CONTRAN, 2022a).

A Resolução, ainda, define que o sistema de pesagem deve ser certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), bem como o sistema de classificação veicular deve ser homologado pelo órgão máximo executivo de trânsito da União. Além disso, estabelece competências a autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via, como dispor sobre a utilização, localização, instalação e operação do sistema automatizado integrado (CONTRAN, 2022a).

Entre as ações e programas recentes da ANTT, destaca-se o início do Ambiente Regulatório Experimental (*Sandbox* Regulatório), em 2023, um ambiente regulatório experimental para permitir o teste de inovações nos serviços de transporte terrestre, com o intuito de avaliar os riscos e benefícios das inovações para o setor. Na prática, a ANTT permite que uma empresa opere com regras diferentes das demais, por um período de tempo determinado, para testar alguma inovação. Dentre as inovações abordadas pelo *Sandbox* Regulatório, destacam-se o Pedágio Eletrônico (*Free Flow*) – onde a cobrança eletrônica do pedágio é realizada por pórticos instalados na rodovia, com a detecção dos veículos através de etiqueta eletrônica (TAG) ou da placa do veículo –, e o teste dos Sistemas de Pesagem em Movimento de Alta Velocidade (HS-WIM) como ferramenta de fiscalização (ANTT, 2024).

No que concerne à regulamentação do transporte de cargas, o Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas - RNTRC, instituído através da Lei nº 11.442/2007, é um sistema de registro obrigatório no Brasil para todas as pessoas físicas ou jurídicas que realizam transporte rodoviário de cargas por conta de terceiros e mediante remuneração (Brasil, 2007b). Este registro é administrado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, e tem como objetivo principal regular, fiscalizar e promover a segurança e a qualidade do serviço de transporte de cargas no país. A inscrição no RNTRC é necessária para que os transportadores possam operar legalmente e envolve a apresentação de documentação específica que comprove a capacidade técnica e operacional do transportador, bem como a conformidade dos veículos utilizados para o transporte.

Além disso, o registro permite um melhor controle e organização do setor de transporte de cargas, facilitando a fiscalização e a implementação de políticas públicas voltadas para a melhoria das condições de trabalho e a segurança nas estradas. Entre os benefícios do RNTRC estão a garantia de maior formalidade e transparência nas operações de transporte, e a melhoria das condições de concorrência justa entre os transportadores (Brasil, 2023b; RNTRC, 2024).

A Figura 20 apresenta dados do RNTRC, referentes ao mês de março de 2024.

Figura 20 – Operadores cadastrados e Veículos registrados no RNTRC

## Operadores Cadastrados - RNTRC

Transportador Autônomo de Cargas - TAC <b>586.051</b>	Empresa de Transporte de Cargas - ETC <b>154.144</b>	Cooperativa de Transporte de Cargas - CTC <b>419</b>
--	---	---

Nota: dados de março de 2024.

## Veículos registrados\* - RNTRC

Transportador Autônomo de Cargas - TAC <b>781.544</b>	Empresa de Transporte de Cargas - ETC <b>1.464.943</b>	Cooperativa de Transporte de Cargas - CTC <b>35.593</b>
--	---	--

\*Nota: São considerados todos os veículos automotores de carga e implementos rodoviários utilizados na execução do transporte rodoviário de carga com cobrança de frete, dados de março de 2024.

Fonte: CNT (2024)

Além da realização do cadastro na ANTT e inclusão de placas em seu registro, o sistema RNTRC também possibilita alterações e renovação do cadastro, de forma a manter a ANTT atualizada.

2.4

### LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES DE PESAGEM

O presente item destina-se a apresentar um estado-da-arte acerca dos métodos utilizados para a localização de instalações de pesagem na malha rodoviária. Para isso, foram realizadas pesquisas em bases de conhecimento públicas e em sites de autoridades de transporte internacionais, buscando identificar quais os principais fatores tomados como relevantes para a tomada de decisão. Por fim, é apresentado o Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP).

#### 2.4.1 Métodos e Critérios

No Uruguai, um país que serve como hub logístico na região sul da América do Sul, os postos de pesagem são estrategicamente localizados próximos aos principais portos, visando interceptar o tráfego de carga internacional que se origina nesses locais (Coiro e Arriola, 2016).

Já na França, devido a sua localização em meio a um continente com alta circulação internacional de mercadorias, identificou-se que grande parte dos fluxos nas rodovias francesas são fluxos de passagem (ou seja, com origem e destino em outros países europeus). Nesse contexto, os postos de pesagem neste país são alocados próximos às suas fronteiras e em corredores logísticos de longa distância (Dolcemascolo et al., 2016).

Nos casos de utilização de tecnologias da pesagem em movimento em alta velocidade, *High Speed Weigh-in-Motion* (HS-WIM), O'Brien e JEhaes (2002) apontam a qualidade da superfície do pavimento como um critério importante na seleção dos lugares para instalação dos sensores. Ademais, Marchadour e Jacob (2008) colocam a disponibilidade de infraestrutura de apoio (redes elétricas e de telecomunicação) na região de instalação dos sensores, como quesito fundamental para a escolha dos locais.

Nos Estados Unidos da América, os critérios variam de acordo com o estado e a finalidade da fiscalização. No estado de Kentucky, as autoridades de planejamento de transportes indicam que, para o propósito de levantamento de dados voltados a planejamento de infraestrutura, os postos de pesagem *Weigh-in-Motion* (WIM) devem ser localizados em regiões escassas em dados. Já para a perspectiva de fiscalização de peso, a prioridade consiste na interceptação de rotas de fuga de fiscalização, de corredores logísticos e de trechos com maiores taxas de problema de segurança viária (Martin et al., 2014). Os autores, ainda, pontuam que faz pouco sentido instalar equipamentos WIM em trechos com previsão de execução de obras, uma vez que obras de recuperação de superfície, por exemplo, podem vir a danificar, e até mesmo inutilizar, os sensores WIM. No estado de Montana, no mesmo país, são priorizados os trechos de rodovia mais danificados para instalação dos sensores. Nesse estado, oficiais estimam uma redução anual de custos de manutenção de cerca de \$700.000 (setecentos mil dólares) devido a fiscalização de peso, fato que comprova a sua eficácia (Marković et al., 2015).

Nos estudos citados até aqui, os critérios de decisão são apontados, mas o processo decisório propriamente dito não é bem estruturado, com as localizações sendo escolhidas por especialistas com base na análise desses critérios. Da mesma forma foram selecionadas as 109 localizações para os postos de pesagem nas rodovias brasileiras em 2006, contempladas no Plano Diretor Nacional Estratégico de Pesagem – PDNEP (Brasil, 2006). Entretanto, com o intuito de abranger, também, os métodos utilizados na alocação dos equipamentos de pesagem, optou-se por expandir a pesquisa acerca dos métodos matemáticos de pesquisa operacional para localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias.

Na Arábia Saudita, o estudo de AlGadhi (2002) utiliza modelos de captura de fluxo para resolver um problema matemático de otimização, objetivando localizar a distribuição ótima de postos de pesagem na rede rodoviária deste país. Nesse estudo, adotou-se o critério de maximização do número total de veículos interceptados pela fiscalização.

No Irã, os estudos de Mahmoudabadi e Seyedhosseini (2013) abordam o mesmo problema, e resultam em um modelo de localização de postos de pesagem visando aumentar a sua eficiência. Nesse contexto, o objetivo principal consiste em maximizar o número de veículos capturados, ao mesmo tempo minimizando o número de veículos capturados mais de uma vez na mesma viagem, otimizando, assim, a eficiência do sistema. A estrutura proposta pelos autores vai ao encontro do Problema de Captura de Fluxos, ou *Flow Capturing Problem* (FCP), proposto por Hodgson (1990), que pode ser formulado e solucionado através de algoritmos de otimização.

Outro fator a ser considerado nesse âmbito é a tendência evasiva dos veículos em estado de sobrepeso. Existem diversos estudos mostrando que os condutores optam por circular em rotas e horários nos quais não serão fiscalizados, uma vez que isso propicia manter os lucros associados ao trânsito com sobrepeso (Cottrell, 1992; Cunagin et al., 1997; Strathman e Theisen, 2002; Franceschi et al., 2020).

Nesse sentido, é importante alocar os postos de pesagem em locais que não apresentem rotas alternativas em suas proximidades, a fim de evitar o movimento de evasão a fiscalização. Uma forma de atender a este requisito é evitar o posicionamento dos postos de fiscalização próximos a centros urbanos, os quais dispõem uma maior quantidade de estradas locais e ruas urbanas, que podem ser utilizadas para desviar dos postos de pesagem (Franceschi et al., 2019).

Este problema, conhecido como Problema de Captura de Fluxo Evasivo, ou *Evasive Flow Capturing Problem* (EFCP), é abordado e solucionado na literatura através da otimização matemática com modelagem dos fluxos evasivos (Marković et al., 2015, 2017; Arslan et al., 2018; Hooshmand e MirHassani, 2018; Lu et al., 2018). No entanto, essa abordagem é um tanto desafiadora, uma vez que a solução matemática depende da correta modelagem de todas as rodovias do sistema em um grafo e da correta definição de fluxos através de matrizes Origem-Destino (O-D) – dados que podem ser de difícil aquisição para alguns cenários. Além disso, estes problemas tratam apenas da captura dos fluxos, não levando em consideração outros critérios que são levantados pela literatura como influentes na localização de postos de pesagem.

O EFCP foi formulado matematicamente por Marković et al. (2015). Em sua pesquisa, os autores formularam versões determinísticas e estocásticas do EFCP, analisando suas propriedades estruturais e estudando técnicas de solução exata e aproximada. Como solução do problema, os autores propõem um modelo de otimização de dois níveis: no primeiro nível, estão as equações referentes aos tomadores de decisão (os planejadores da infraestrutura); no segundo nível, estão as equações referentes ao comportamento dos motoristas em relação às decisões tomadas pelos fiscalizadores.

Esse modelo implica em uma aplicação especial da teoria dos jogos, proposta por Stackelberg (1952), tipicamente composta por um “líder” e um “seguidor” cujos objetivos são conflitantes, porém dependentes das mesmas variáveis, e o comportamento do “seguidor” é influenciado pelas escolhas do “líder”. No caso do problema localização de equipamentos de fiscalização na malha rodoviária, o “líder” representa a entidade responsável pela fiscalização do transporte (que escolhe o local de instalação dos equipamentos de fiscalização) e os “seguidores” são os transportadores (que alteram suas rotas de transporte a partir das escolhas do líder). O modelo proposto pelo trabalho de Marković et al. (2015) tem como premissa que líder e seguidores possuem o mesmo objetivo de minimizar a distância percorrida pelo veículo com sobrepeso na malha rodoviária sem passagem por equipamentos de fiscalização. Dessa forma, o modelo é reduzido para um nível, possibilitando a solução exata do EFCP.

O trabalho de Marković et al. (2017) consiste em uma evolução do modelo inicial apresentado pelos autores em 2015, considerando a evolução da malha viária ao longo do tempo. Nesse estudo, os autores propõem um algoritmo baseado na relaxação Lagrangiana, que separa o programa estocástico, reformulando-o em uma variante de um problema determinístico.

Na Tailândia, um estudo realizou a localização de postos de pesagem através de um processo analítico multicritérios (Ammarapala et al., 2013). Os autores utilizaram a técnica de Processo Hierárquico Analítico, ou *Analytic Hierarchy Process* (AHP), levando em consideração os seguintes fatores: volume de veículos pesados, volume médio diário de tráfego, proximidade com postos de pesagem existentes, além da localização em polos industriais e de agricultura. Dessa forma, os autores atribuíram uma pontuação para cada trecho em análise, de acordo com uma análise das variáveis.

### 2.4.2 Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP)

Recentemente, Franceschi et al. (2019) propuseram em seu trabalho, um processo de decisão multicritérios para apoio à localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias. Deste processo, surgiu o Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP), que consiste em um valor que classifica os trechos rodoviários em relação ao seu potencial de fiscalização de peso, gerado a partir de um método de análise multicritério. Nesse método, são concatenados diversos critérios relevantes no contexto da localização de postos de pesagem, normalizados e então agregados através de um somatório, levando em consideração a ponderação adotada para cada um, resultando assim, no valor do IVFP.

Os critérios apontados pelos autores foram os seguintes:

- Volume médio diário anual de veículos pesados;
- Qualidade do pavimento;
- Histórico de infrações de sobrepeso;
- Distância de pontos especiais (locais estratégicos);
- Distância de locais já estudados (PPV/PIAF);
- Proximidade de postos ativos;
- Sinuosidade do trecho (geometria da via);
- Histórico de acidentes com veículos pesados;
- Presença de corredor logístico no trecho;
- Fator de potencial econômico;
- Trecho em unidade de conservação;
- Trecho em área urbana;
- Situação em área especial;
- Estudo de concessão;
- Trecho em obra (ou com previsão de obras).

O IVFP, por sua vez, é calculado pela seguinte expressão (Franceschi et al., 2019):

$$IVFP = \max\left(\sum_i B_i \times P_i, \quad 0\right)$$

Sendo:

$B_i$  – Base de cálculo dos diferentes critérios (Quadro 4);

$P_i$  – Peso atribuído aos diferentes critérios;

A fim de transformar as variáveis contínuas em um índice único, o IVFP, realiza-se a normalização das mesmas através das equações expressas no Quadro 4.

Quadro 4 – Bases de cálculo para normalização das variáveis contínuas do IVFP

Critério	Equação da base de cálculo	Variáveis
Volume médio diário anual de veículos pesados	$B_V = \frac{1}{5} \left( \frac{\sum_{f=0}^N V_{MDA,p}^f}{\sqrt{N}} \right)^{\frac{1}{4}}$	$V_{MDA,p}^f$ – Volume Médio Diário Anual de veículos pesados de acordo com a fonte f.  N – Número de fontes f disponíveis para o volume de veículos pesados.
Qualidade do pavimento	$B_{QP} = (2,96 - IRI) \times 0,6$	IRI – Índice de Irregularidade Longitudinal
Histórico de infrações de sobrepeso	$B_{HS} = \frac{1}{ L } \sum_{l \in L} \frac{1}{ A_l } \sum_{a \in A_l} \frac{IMDA_a^l}{25 \times 1,3^t}$	L – Conjunto de locais de pesagem próximos ao trecho (< 100 km).  $A_l$ – Conjunto de anos que se possui dados para o local.  $IMDA_a^l$ – Número médio diário de infrações para o ano, no local.  $t$ – Diferença de tempo, em anos, entre o ano dos dados e o ano atual
Distância de pontos especiais	$B_{PE} = \max \left( \left( 1 - \frac{D_{PE}}{50} \right) \times 1,5, 0 \right)$	$D_{PE}$ – Menor distância entre o trecho e o ponto especial mais próximo.
Distância de locais já estudados (PPV/PIAF)	$B_{LE} = \max \left( \sqrt[3]{1 - \frac{D_{LE}}{50}} \times 1,5, 0 \right)$	$D_{LE}$ – Menor distância entre o trecho e o local estudado anteriormente.
Proximidade de postos ativos	$B_{PA} = \max \left( \sqrt[3]{1 - \frac{D_{PA}}{100}} \times 1,5, 0 \right)$	$D_{PA}$ – Menor distância entre o trecho e o posto de pesagem ativo mais próximo.
Sinuosidade do trecho	$B_{ST} = \frac{\sqrt{S}}{15}$	S – Soma dos ângulos de desvio de todas as curvas dos segmentos. E – Extensão do trecho.
Histórico de acidentes com veículos pesados	$B_{HAp} = A_p \times 0,03$	$A_p$ – Média anual de acidentes envolvendo veículos pesados registrados nos últimos cinco anos.
Histórico de acidentes com todos os veículos	$B_{HA_t} = \frac{A_t}{100}$	$A_t$ – Média anual de acidentes com vítimas registrados nos últimos cinco anos.

Critério	Equação da base de cálculo	Variáveis
Corredor logístico	$B_{CL} = N_{CL} \times 0,2$	$N_{CL}$ – Número de corredores logísticos estratégicos que passam pelo trecho.
Fator de potencial econômico	$B_{UPE} = UPE$	$UPE$ – Unidade de Potencial Econômico (DNIT)
Trecho em unidade de conservação	$\frac{e_{uc}}{E} > 0,5 \rightarrow B_{UC} = 1$ $\frac{e_{uc}}{E} \leq 0,5 \rightarrow B_{UC} = 0$	$e_{uc}$ – Extensão do trecho dentro da área de conservação. $E$ – Extensão total do trecho.
Trecho em área urbana	$\frac{e_{au}}{E} > 0,5 \rightarrow B_{AU} = 1$ $\frac{e_{au}}{E} \leq 0,5 \rightarrow B_{AU} = 0$	$e_{au}$ – Extensão do trecho dentro da área urbana. $E$ – Extensão total do trecho.
Situação em área especial	$\frac{e_{ae}}{E} > 0,5 \rightarrow B_{AE} = 1$ $\frac{e_{ae}}{E} \leq 0,5 \rightarrow B_{AE} = 0$	$e_{ae}$ – Extensão do trecho dentro da área especial. $E$ – Extensão total do trecho.
Estudo de concessão	$T_e \geq T_c \rightarrow B_{EC} = 1$ $T_e < T_c \rightarrow B_{EC} = 0$	$T_e$ – Etapa escolhida na configuração do cenário. $T_c$ – Etapa em que se encontra o estudo para concessão no trecho.
Trecho em obra	Trecho está em obras $\rightarrow B_{EC} = 1$ Caso contrário $\rightarrow B_{EC} = 0$	–

Fonte: adaptado de Franceschi et al. (2019)

De acordo com Franceschi et al. (2019), as variáveis classificadas como binárias assumem valores 0 ou 1, dependendo das seguintes condições:

- **Situação em unidades de conservação:** adota-se um valor unitário caso mais de 50% do trecho estiver dentro de uma área de conservação ambiental.
- **Situação em áreas urbanas:** adota-se um valor unitário caso mais de 50% do trecho esteja situado em área edificada.
- **Situação em áreas especiais:** adota-se um valor unitário caso mais de 50% do trecho esteja dentro de terras indígenas, quilombolas ou de assentamentos rurais.
- **Rodovia em concessão:** adota valor unitário caso a rodovia se encontre atualmente em regime de concessão.
- **Previsão de obras:** adota-se um valor unitário caso existam previsões de obras a serem realizadas no trecho rodoviário.

## REVISÃO SISTEMÁTICA

Com o intuito de atualizar e complementar a pesquisa sobre os métodos de alocação de equipamentos de fiscalização de peso, realizou-se uma revisão sistemática de literatura, visando abranger o maior número possível de estudos, bem como apresentar o que há de mais recente relacionado ao tema. O presente item explora os resultados obtidos através dessa revisão, enquanto que detalhes acerca da metodologia utilizada e sua execução podem ser conferidos no item 3.3.

### **2.5.1 Resultados da Revisão Sistemática**

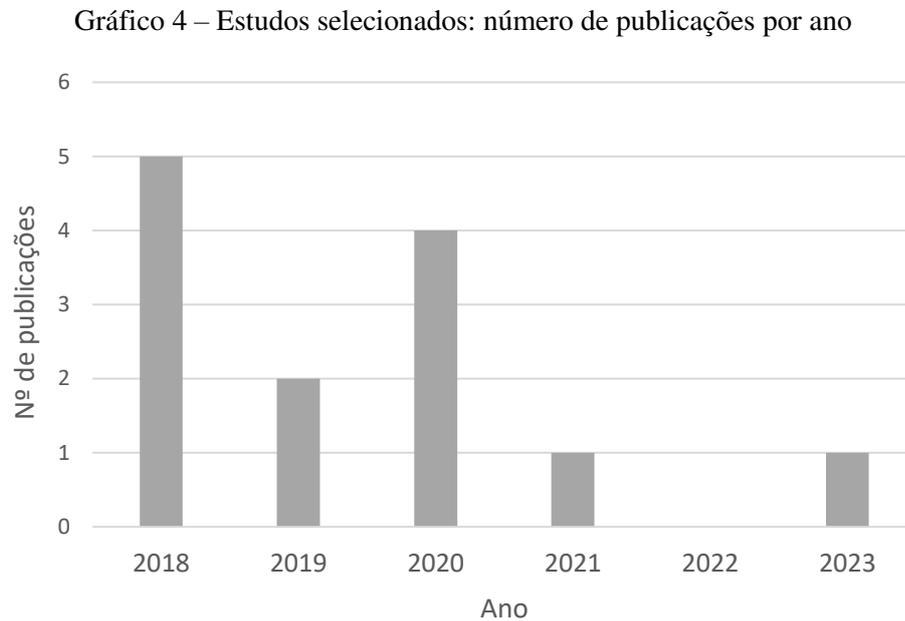
Através do processo de revisão sistemática, descrito no item 3.3, foram selecionados 13 artigos para complementar o acervo referencial da pesquisa acerca dos métodos de otimização existentes para a localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias. Os trabalhos selecionados estão listados no Quadro 5.

Quadro 5 – Estudos selecionados através da Revisão Sistemática

Autores	Título	Ano de publicação
Camara, M.V.O.; Vieira, B.S.; Ferrari, T.; Quadros, S.G.R.; Ribeiro, G. M.	A hybrid solution method for the bi-objective traffic counting location problem using previous origin-destination trip tables	2023
Bogyrbayeva, A.; Kwon, C.	Pessimistic evasive flow capturing problems	2021
Jinyu, J.; Xu, Z.; Zhongzhen, Y.	Locating Control Stations for Mobile Monitoring of Overloaded Trucks on Rural Highways	2020
Owais, M.; Deeb, M. El.; Abbas, Y.A.	Distributing Portable Excess Speed Detectors in AL Riyadh City	2020
Ryguła, A.; Brzozowski, K.; Maczyński, A.	Limitations of the effectiveness of Weigh in Motion systems	2020
Vieira, B.S.; Ferrari, T.; Ribeiro, G.M.; Bahiense, L.; Orrico Filho, R.D.; Abramides, C.A.; Campos Júnior, N.F.R.	A progressive hybrid set covering based algorithm for the traffic counting location problem	2020
González, P.H.; Clímaco, G.; Mauri, G.R.; Vieira, B.S.; Ribeiro, G.M.; Orrico Filho, R.D.; Simonetti, L.; Perim, L.R.; Hoffmann, I.C.S.	New approaches for the traffic counting location problem	2019
Jovanović, I.; Šelmić, M.; Nikolić, M.	Metaheuristic approach to optimize placement of detectors in transport networks - Case study of Serbia	2019
Arslan, O.; Jabali, O.; Laporte, G.	Exact solution of the evasive flow capturing problem	2018
Hooshmand, F.; MirHassani, S.A.	An Effective Bilevel Programming Approach for the Evasive Flow Capturing Location Problem	2018
Kulović, M.; Injac, Z.; Davidović, S.; Posavac, I.	Modelling truck weigh stations' locations based on truck traffic flow and overweight violation: A case study in Bosnia and Herzegovina	2018
Lu, C.-C.; Yan, S.; Ko, H.-C.; Chen, H.-J.	A Bilevel Model with a Solution Algorithm for Locating Weigh-In-Motion Stations	2018
Luo, X.; Niu, L.; Zhang, S.	An Algorithm for Traffic Flow Prediction Based on Improved SARIMA and GA	2018

Fonte: Autora (2024)

O Gráfico 4 expõe a quantidade de estudos selecionados em função do ano de publicação.



Fonte: Autora (2024)

Dentre os estudos selecionados, é possível notar um número maior de publicações nos anos 2018 e 2020. Além disso, três estudos selecionados neste processo já haviam sido citados anteriormente, no item 2.4.1 deste trabalho. No entanto, seus conteúdos serão abordados um pouco mais afundo na seção 2.5.2.

### **2.5.2 Assuntos e metodologias abordadas pelos trabalhos analisados**

Através da leitura dos estudos selecionados na revisão sistemática, foi possível identificar os assuntos abordados, bem como as metodologias utilizadas, descritos no Quadro 6.

Quadro 6 – Assuntos e metodologias dos estudos selecionados

Estudo selecionado	Assunto-chave	Metodologia utilizada
Arslan et al. (2018)	Fiscalização: localização de sensores de pesagem	Modelo de otimização em dois níveis e algoritmo Branch and Cut
Bogyrbayeva e Kwon (2021)	Fiscalização: localização de sensores de pesagem	Modelo de otimização em dois níveis, pessimista, com algoritmo de plano de corte
Camara et al. (2023)	Contagem de fluxo: localização de sensores	Solução híbrida: integração entre o método iterativo multiobjetivo $\epsilon$ -Constraint com estrutura de cobertura parcial de conjunto
González et al. (2019)	Contagem de fluxo: localização de sensores	Algoritmo Branch and Cut e heurística de agrupamento
Hooshmand e MirHassani (2018)	Fiscalização: localização de sensores de pesagem	Modelo de otimização dois níveis e algoritmo Karush-Kuhn-Tucker (KKT)
Jinyu et al. (2020)	Fiscalização: localização de sensores de pesagem	Processo Hierárquico Analítico (AHP) e modelo de otimização de distribuição espacial
Jovanović et al. (2019)	Contagem de fluxo: localização de sensores	Meta-heurística colônia de abelhas
Kulović et al. (2018)	Fiscalização: localização de sensores de pesagem	Modelo simplificado de interceptação de fluxos determinísticos
Lu et al. (2018)	Fiscalização: localização de sensores de pesagem	Modelo de otimização em dois níveis e heurística
Luo et al. (2018)	Contagem de fluxo	Modelo de predição híbrida com algoritmo genético
Owais et al. (2020)	Fiscalização: localização de sensores de velocidade	Abordagem heurística baseada em algoritmo guloso
Rygula et al. (2020)	Fiscalização: problemas dos sensores de pesagem	Estatísticas descritivas dos dados de estações existentes
Vieira et al. (2020)	Contagem de fluxo: localização de sensores	Algoritmo híbrido progressivo com estrutura de cobertura de conjunto

Fonte: Autora (2024)

Através da análise do Quadro 6, torna-se perceptível a incidência dos seguintes assuntos: localização de sensores de pesagem de veículos, localização de sensores de contagem de fluxo, localização de sensores de velocidade, além da contagem de fluxo simples. O Gráfico 5 apresenta as proporções de assuntos abordados nos treze estudos selecionados.

Gráfico 5 – Assuntos abordados nos estudos selecionados



Fonte: Autora (2024)

Dessa forma, nota-se que a maioria dos estudos selecionados trata sobre a localização de sensores de pesagem de veículos (53,85%), que é justamente o foco principal desta revisão sistemática. No entanto, obteve-se uma quantidade significativa de estudos relevantes que tratam sobre o tema da contagem de fluxo e alocação de seus respectivos sensores (totalizando 38,46%), além de um trabalho abordando a localização de sensores de velocidade (7,69%).

Os próximos subitens tratam, de forma sucinta, sobre as pesquisas encontradas relacionadas aos assuntos-chave mencionados.

#### 2.5.2.1 Contagem de fluxo e localização de sensores de contagem de fluxo

A ascensão da economia e da qualidade de vida de uma população geralmente têm por consequência o aumento do número de veículos de transporte, que proporcionam maior conforto e praticidade. Com o aumento da circulação de veículos, surge a problemática do congestionamento das rodovias. Diante desse problema, evidencia-se a necessidade de conhecimento sobre os dados de tráfego atuais, para que se tenha uma previsão sobre os dados futuros, a fim de servir de respaldo para que os órgãos responsáveis possam tomar decisões conscientes e assertivas a respeito do planejamento de transportes (LUO et al., 2018).

A previsão de fluxo de tráfego é uma questão complexa, principalmente quando se trata de sua precisão e da redução do tempo de operação. Nesse sentido, Luo et al. (2018) propõe um modelo de predição híbrida combinada com um modelo melhorado de média móvel integrada autorregressiva sazonal e um modelo autorregressivo de múltiplas entradas por otimização de algoritmo genético. Os autores demonstram que o algoritmo proposto no estudo

atinge quase a mesma precisão de previsão de tráfego através de redes neurais artificiais (RNAs), porém com um tempo de operação semelhante ao modelo de média móvel integrada autorregressiva sazonal, provando, assim, ser um método eficaz.

Diante da necessidade de conhecimento dos dados de tráfegos atuais, surge, também, o questionamento sobre quais os locais mais adequados para o posicionamento dos sensores destinados a contagem de tráfego. Na literatura, essa questão é conhecida como problema tradicional de localização de contagem de tráfego, ou *Traffic Counting Location Problem* (TCLP). Nesse sentido, uma abordagem comumente utilizada para o TCLP é buscar as localizações com maior cobertura dos fluxos, através do problema de cobertura de fluxos, ou *Flow Capture Problem* (FCP).

Entre os estudos selecionados através da revisão sistemática, três abordam o problema de localização de contagem de tráfego (TCLP) no Brasil. Todos utilizam os dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), do DNIT, para a alocação de sensores de contagem de fluxo de tráfego na malha viária dos 26 estados brasileiros, com mais de 50.000 km de rodovias. A pesquisa de Vieira et al. (2020) utilizou um algoritmo híbrido progressivo baseado em abordagens exatas e heurísticas híbridas embutidas em uma estrutura de cobertura de conjunto e encontrou 22 soluções ótimas para as 26 instâncias testadas. Além disso, foram encontradas 20 soluções ideais com tempo computacional inferior ao de González et al. (2019), que utilizou um algoritmo *Branch-and-cut* e uma heurística de pesquisa de algoritmo de agrupamento.

Por sua vez, Camara et al. (2023) apresenta um método de solução híbrido para o problema biobjetivo de localização de contagem de tráfego, ou *Bi-objective Traffic Counting Location Problem* (BTCLP), através da integração entre o método iterativo multiobjetivo  $\epsilon$ -*Constraint* com estrutura de cobertura parcial de conjunto. Foram testados diversos cenários, levando em consideração as 26 instâncias e, para cada uma delas, seis cenários distintos - levando em conta o caminho mais curto, um desvio de 10%, 25%, 50% e 100% da rota mais curta, além de todos os caminhos possíveis. A abordagem exata mostrou-se eficiente para instâncias de pequeno e médio porte, já a abordagem heurística apresentou boas soluções para instâncias de grande porte. Ressalta-se que o BTCLP minimiza o número de estações de contagem localizadas e maximiza a cobertura das viagens de pares O-D.

Além das pesquisas brasileiras, destacou-se o trabalho de Jovanović et al. (2019), com a proposição de um modelo considerando a metaheurística de otimização de colônias de abelhas, visando oferecer soluções mais apuradas para o problema de alocação de sensores de

contagem de tráfego, modelo este testado em dados reais coletados na República Sérvia. O modelo proposto se mostrou eficaz, no entanto, como os sensores que visam alocar têm o intuito apenas de contagem de fluxo, não foi considerado o fenômeno de evasão, que ocorre no caso de sensores para fins de fiscalização.

#### 2.5.2.2 *Localização de sensores de pesagem de veículos*

A pesquisa de Rygula et al. (2020) consiste em um estudo prático sobre as estações HS-WIM instaladas nas rodovias da Polônia. Dentre os principais desafios apontados na localização desse tipo de sensor, destaca-se o desvio feito pelos motoristas no intuito de evitar os postos de fiscalização. Segundo os autores, uma vez que a localização da fiscalização é permanente, passa a ser conhecida pelos condutores, que tendem a procurar outros caminhos que evitem essas estações. Ainda, a pesquisa coloca a fiscalização direta como a abordagem ideal de fiscalização, uma vez que os autores comprovam que a parcela de veículos sobrecarregados aumenta significativamente fora do horário de funcionamento dos serviços de controle. Dessa forma, o ideal seria que esses serviços funcionassem em tempo integral.

A pesquisa de Hooshmand e MirHassani (2018) propõe um modelo de otimização de dois níveis para resolver o Problema de Captura de Fluxo Evasivo, ou *Evasive Flow Capturing Problem* (EFCP), indo ao encontro do proposto nos trabalhos de Marković et al. (2015) e Marković et al. (2017). Neste trabalho, os autores propõem duas abordagens para fornecer uma solução ao modelo: a primeira é baseada nas condições de *Karush-Kuhn-Tucker* (KKT); a segunda, num algoritmo que reformula essas condições. Os autores apontam a existência de um comprimento máximo que os motoristas estão dispostos a percorrer para evadir a fiscalização, e que esse limite está diretamente ligado a fatores como o lucro obtido pelo transporte da sobrecarga e o gasto provocado pelo desvio da rota.

Por outro lado, Lu et al. (2018), que também aborda o EFCP em sua pesquisa, admite como hipótese que não há um limite para a distância percorrida pelos veículos com o intuito de evadir a fiscalização. Então, os autores desenvolveram um modelo de otimização de dois níveis que não depende dos caminhos mais curtos e que utiliza uma formulação baseada em enlacs, nos quais as variáveis de decisão são associadas. Ressalta-se que a heurística desenvolvida não garantiu a otimização global, no entanto os resultados numéricos comprovaram a importância do uso do modelo de otimização de dois níveis, que supera o modelo clássico baseado em caminhos mais curtos.

Também visando a solução para o EFCP, o trabalho de Arslan et al. (2018) formula um modelo de otimização de dois níveis. No entanto, o seu diferencial consiste na geração aleatória de redes para a resolução de experimentos, possibilitando a sua aplicação em configurações de rodovias genéricas e aumentando o tamanho das instâncias que podem ser resolvidas de forma otimizada. Para solucionar o modelo, os autores utilizaram um algoritmo *Branch and Cut* e algoritmos exatos de separação para soluções inteiras. Ainda de acordo com os autores, os modelos de EFCP que funcionam com a pré-geração de rotas se tornam limitantes quanto ao tamanho da instância.

Bogyrbayeva e Kwon (2021) também desenvolveu sua pesquisa sobre o EFCP, introduzindo um cenário pessimista ao modelo de otimização de dois níveis. Esse cenário considera a hipótese que os motoristas podem optar pelos caminhos com maiores distâncias e custos, pois suas atitudes são incertas. Tecnicamente falando, o cenário pessimista proporciona mais um nível ao modelo, cuja solução, proposta pelos autores, se dá através de um algoritmo de plano de corte. Conforme a pesquisa, as formulações pessimistas podem evitar uma maior quantidade de danos à rede viária do que as otimistas (aquelas que consideram uma limitação do caminho percorrido).

Kulović et al. (2018), por sua vez, propõe um modelo simplificado de interceptação de fluxo determinístico para a solução do problema de localização de sensores de pesagem, aplicado aos dados das rodovias da Bósnia e Herzegovina. Em seu estudo, os autores identificaram que a taxa de sobrepeso mais comumente praticada variava de 10 a 20% do peso total permitido, com destaque para os caminhões de 5 eixos, que chegavam a atingir 58,7% (extremamente elevada). Ainda, em seu modelo, os autores consideraram determinantes os seguintes fatores de entrada: volume de tráfego de caminhões, número de nós da rede e histórico de infração de sobrepeso (frequências e volumes). Para um nível de precisão de pelo menos 85%, os autores propuseram 11 estações de pesagem distribuídas pela malha rodoviária do país, garantindo uma cobertura satisfatória do fluxo de tráfego de caminhões direcionado com o nível de precisão exigido. Ainda, visando diminuir a evasão à fiscalização e aumentar a credibilidade dos dados, foi recomendada a utilização de balanças de pesagem em movimento (WIM) nos locais propostos no estudo.

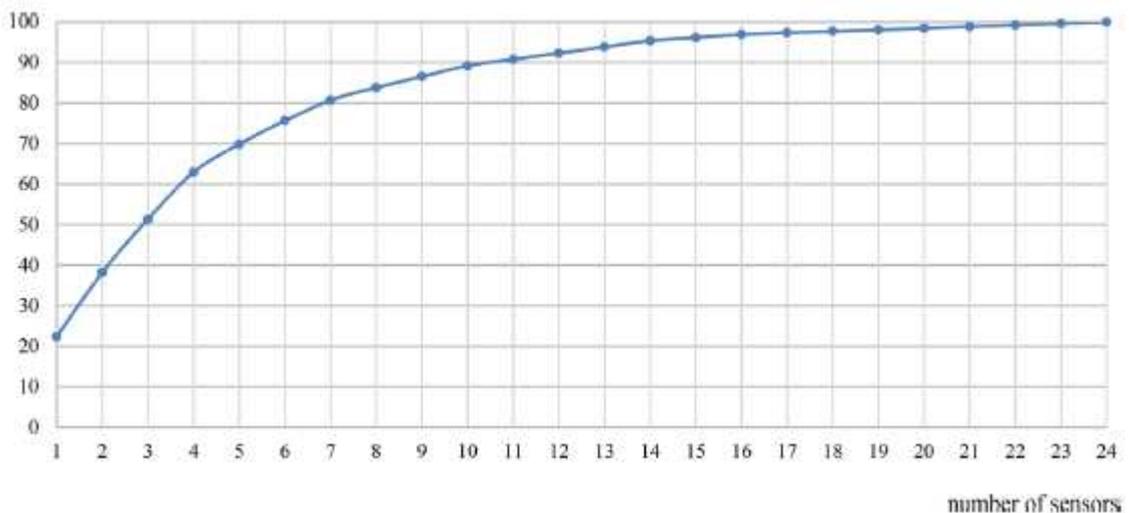
A pesquisa de Jinyu et al. (2020), por sua vez, aborda a fiscalização móvel. Os autores propuseram um método multicritérios de Processo Hierárquico Analítico, ou *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para avaliar locais para a colocação de veículos de fiscalização de peso. A sugestão da operação de fiscalização móvel surgiu devido à alta complexidade da malha

rodoviária do local do estudo (cidade de Guiyang, China), fato que facilita o desvio de caminhões sobrecarregados (no caso da fiscalização permanente). No intuito de escolher os locais de fiscalização, foram atribuídos pesos a cada um dos fatores considerados, sendo eles: geologia, clima, condições do terreno, infraestrutura disponível, custos de construção e demolição e o grau de sobrecarregamento das rodovias. Dessa forma, visando resolver o problema, mantiveram-se as alternativas de localização com os maiores pesos e obteve-se, como resultado, um conjunto de alternativas reais. Uma vez que todas rodovias selecionadas eram corredores logísticos, a eficácia do método escolhido foi comprovada, mostrando que o mesmo pode contribuir efetivamente nas tomadas de decisão.

### 2.5.2.3 Localização de sensores de velocidade

Além das pesquisas diretamente ligadas a alocação de sensores de pesagem, foi também considerada relevante a pesquisa de Owais et al. (2020) sobre a localização de sensores de fiscalização de velocidade em rodovias, pelo fato de também considerar a evasão dos motoristas. Os autores utilizam uma abordagem matemática para distribuir detectores portáteis de excesso de velocidade, com o objetivo de encontrar o número ideal de sensores para interceptar a maior parte do tráfego diário. No modelo proposto, considera-se que rotas com tempo superior a 1,5 vezes o tempo gasto no caminho mais curto são desfavoráveis aos motoristas, e, portanto, não devem ser levadas em consideração no modelo.

Gráfico 6 – Número de sensores versus cobertura total do caminho



Fonte: Owais et al. (2020)

Uma das conclusões do estudo de Owais et al. (2020), observada no Gráfico 6, consiste em que a instalação de um sensor de velocidade cobre 20% do fluxo observado, porém, para

cobrir 100% desse mesmo fluxo, seriam necessários 24 sensores, ou seja, pressupõe-se que o problema de cobertura de fluxo não segue uma proporção exata.

### 2.5.3 Fonte dos dados utilizados nos artigos

Durante a leitura dos trabalhos selecionados, também foi possível identificar a fonte dos dados utilizados pelos autores na aplicação de suas respectivas metodologias propostas. Os resultados encontram-se expostos no Quadro 7.

Quadro 7 – Fonte dos dados utilizados nos estudos selecionados

Estudo selecionado	Fonte dos dados utilizados
Arslan et al. (2018)	Dados de sensores da Tailândia
Bogyrbayeva e Kwon (2021)	Dados gerados aleatoriamente a partir de estações existentes
Camara et al. (2023)	Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), do DNIT
González et al. (2019)	Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), do DNIT
Hooshmand e MirHassani (2018)	Dados de vértices e arcos gerados aleatoriamente
Jinyu et al. (2020)	Dados da cidade de Guiyang, China
Jovanović et al. (2019)	Utilização de veículos sonda para a coleta de dados
Kulović et al. (2018)	Dados da rede rodoviária de Bósnia e Herzegovina
Lu et al. (2018)	Dados da rede rodoviária de Nevada, EUA
Luo et al. (2018)	Sensores do laboratório da Universidade de Minnesota, EUA
Owais et al. (2020)	Dados gerados por algoritmo de enumeração de caminho
Rygula et al. (2020)	Dados de estações HS-WIM da Polônia
Vieira et al. (2020)	Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), do DNIT

2.6

Fonte: Autora (2024)

## FECHAMENTO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada uma contextualização acerca do tema de pesquisa, através das revisões bibliográfica e sistemática, e de pesquisas na legislação brasileira, em normas internacionais, em páginas do governo e órgãos pertinentes. Primeiramente foi retratada a evolução das cargas no modo rodoviário, sob as perspectivas política, histórica e socioeconômica, das vias, dos veículos e indústria automobilística, e das cargas.

Na sequência, abordou-se os principais conceitos e definições na área de pesagem veicular de cargas, bem como as infraestruturas utilizadas, legislação pertinente à regulação, gestão pública e principais políticas implementadas. Então, partiu-se para a investigação acerca dos critérios considerados no processo de tomada de decisão e métodos utilizados para a localização das instalações de pesagem na malha rodoviária.

Por fim, como forma de complementar a pesquisa bibliográfica com referências dos últimos sete anos, realizou-se uma revisão sistemática acerca dos métodos que podem ser utilizados para apoio à localização de equipamentos de fiscalização em rodovias, resultando em 13 estudos selecionados. Destaca-se que entre esses, 3 estudos já haviam sido mencionados anteriormente na pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho, fato que confirma a consistência da pesquisa realizada.

## **METODOLOGIA E APRESENTAÇÃO DO OBJETO SIALOC**

### **INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO**

3

3.1 A metodologia tem por objetivo detalhar os passos e etapas realizados para a concepção deste trabalho, visando chegar à resposta da pergunta de pesquisa e atingir os objetivos definidos inicialmente. Neste capítulo são abordados a estrutura metodológica do presente trabalho, o processo de execução da revisão sistemática, a caracterização dos dados disponíveis, além da apresentação do *software* Sialoc, seus aspectos técnicos e funcionalidades.

3.2

### **ESTRUTURA METODOLÓGICA**

De acordo com Ruiz (1985), a “Pesquisa científica é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência”. Nesse sentido, o presente trabalho de pesquisa pode ser classificado de acordo com a utilização dos resultados, abordagem, objetivos e operação de meios. O Quadro 8 apresenta as categorias descritas por Oliveira e Giraldi (2020) para classificação de tipos de pesquisa, e destacadas em negrito, as classificações referentes a este trabalho.

Quadro 8 – Classificações de pesquisa e o presente trabalho

<b>Quanto à utilização dos resultados:</b>	Pesquisa pura; <b>Pesquisa aplicada.</b>
<b>Quanto à natureza do método:</b>	<b>Qualitativa;</b> <b>Quantitativa</b>
<b>Quanto aos fins:</b>	Exploratória; <b>Descritiva;</b> Explicativa; Intervencionista.
<b>Quanto aos meios:</b>	Pesquisa de campo; De laboratório; <b>Documental;</b> <b>Bibliográfica;</b> Experimental; Ex Post Facto; Participante; Pesquisa-ação; Levantamento (survey); <b>Estudo de caso.</b>

Fonte: Adaptado de Oliveira e Giraldi (2020).

### 3.2.1 Procedimento Metodológico

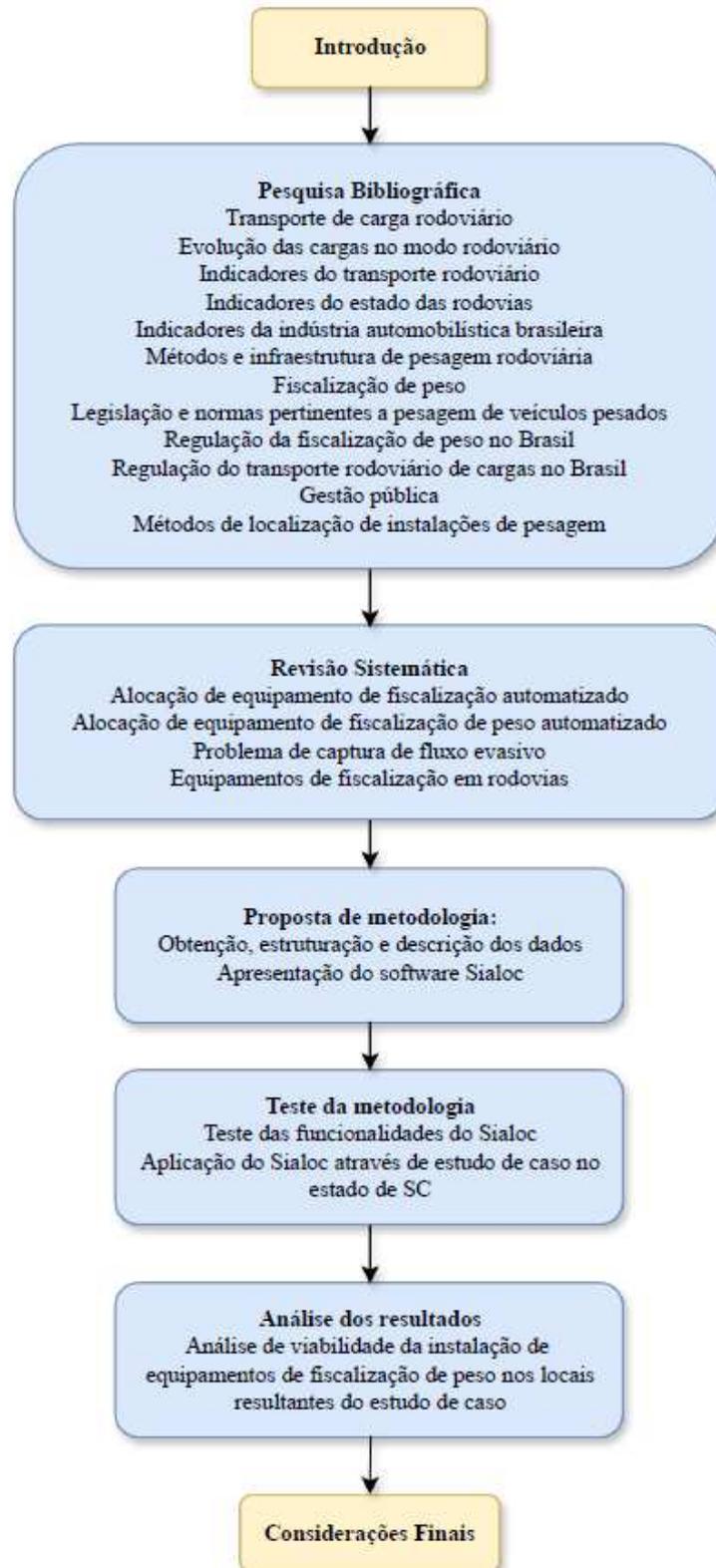
No presente trabalho seguiu-se uma série de procedimentos metodológicos, visando responder à pergunta de pesquisa e atingir os objetivos definidos em 1.2. São eles:

- a) Introdução;
- b) Pesquisa bibliográfica:
  - transporte de carga rodoviário;
  - evolução das cargas no modo rodoviário;
  - indicadores do transporte rodoviário e do estado das rodovias brasileiras;
  - indicadores da indústria automobilística brasileira;
  - métodos e infraestrutura de pesagem rodoviária;
  - fiscalização de peso;
  - legislação e normas pertinentes a pesagem de veículos pesados;
  - regulação da fiscalização de peso no Brasil;
  - regulação do transporte rodoviário de cargas no Brasil;
  - gestão pública;

- métodos de localização de instalações de pesagem.
- c) Revisão sistemática:
- alocação de equipamento de fiscalização automatizado;
  - alocação de equipamento de fiscalização de peso automatizado;
  - problema de captura de fluxo evasivo;
  - equipamentos de fiscalização em rodovias.
- c) Proposta de metodologia:
- obtenção, estruturação e descrição dos dados;
  - apresentação do software Sialoc.
- d) Teste da metodologia:
- teste das funcionalidades do Sialoc;
  - aplicação do Sialoc através de estudo de caso no estado de SC.
- e) Análise dos resultados:
- análise de viabilidade da instalação de equipamentos de fiscalização de peso nos locais resultantes do estudo de caso.
- f) Considerações finais.

A Figura 21 apresenta, resumidamente, os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa.

Figura 21 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Autora (2024)

Uma vez que os processos metodológicos foram definidos, é possível iniciar a coleta de dados para testar a metodologia. No entanto, antes disso, apresenta-se o processo de execução da revisão sistemática.

### SOBRE O PROCESSO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

3.3 De-La-Torre-Ugarte et al. (2011) define revisão sistemática como uma metodologia rigorosa, que visa identificar os estudos sobre um determinado tema. A principal diferença desse tipo de revisão para a revisão tradicional (ou narrativa), consiste na resposta a uma pergunta mais pontual, através da aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, a fim de avaliar a qualidade, a aplicabilidade e a validade desses estudos. Além disso, a revisão sistemática também visa minimizar a influência do viés do pesquisador na seleção dos trabalhos para análise, uma vez que o processo executado para escolha dos trabalhos é definido de forma prévia à análise do conteúdo dos resultados.

A revisão sistemática realizada neste trabalho foi baseada no processo proposto por Donato e Donato (2019), onde as autoras propõem um guia prático a respeito dessa metodologia, composto pelas seguintes etapas:

- Formulação de uma questão de investigação.
- Definição dos critérios de inclusão e exclusão de estudos.
- Desenvolvimento e execução de estratégia de pesquisa.
- Seleção dos estudos.
- Extração dos dados.
- Síntese dos dados e avaliação da qualidade da evidência.

O ponto de partida de uma revisão sistemática consiste na formulação da questão de investigação. Donato e Donato (2019) instruem que a pergunta de pesquisa não deve ser muito restrita (o que limitaria a identificação de estudos), mas também não deve ser muito abrangente (a ponto de trazer títulos irrelevantes à pesquisa). No presente trabalho, optou-se por verificar metodologias para localização de equipamentos de fiscalização em geral. Dessa forma, a questão norteadora da pesquisa foi: **“Quais métodos de otimização podem ser utilizados para apoio à localização de equipamentos de fiscalização em rodovias?”**.

A próxima etapa consiste na definição dos critérios para inclusão e exclusão de estudos. Os critérios adotados foram, respectivamente: a data de publicação (foram considerados os estudos compreendidos na janela dos últimos 6 anos, sendo, portanto, desconsiderados os estudos datados antes de 2018); o idioma (sendo priorizados os estudos

escritos em língua inglesa e em língua portuguesa); a adesão com as palavras-chave definidas; a disponibilidade (foram considerados apenas os estudos que possuíam conteúdo completo disponível); e a relevância. Para a verificação da disponibilidade dos trabalhos, utilizou-se a ferramenta de rede privada virtual, *Virtual Private Network* (VPN), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), obtendo-se, assim, acesso a bases de estudos disponibilizadas pela universidade.

Na etapa seguinte, são escolhidas as bases de dados para a realização das pesquisas. No presente trabalho, foram utilizadas as seguintes bases de pesquisa: Scopus, Scielo, Springer e EBSCOhost, sendo que apenas as duas primeiras possuem acesso livre, enquanto o acesso às demais se deu através da VPN da UFSC.

O próximo passo implica na definição das palavras-chave que irão nortear as buscas pelos estudos correspondentes ao tema desejado. As palavras-chave escolhidas para a realização da revisão sistemática foram:

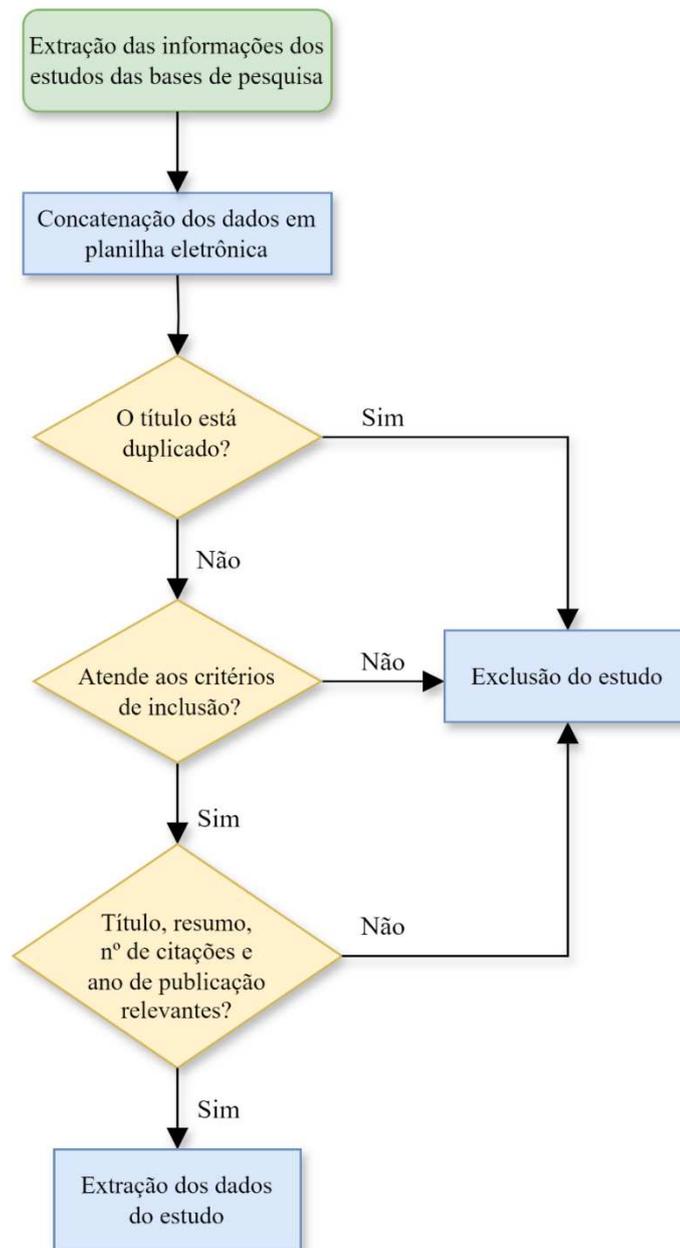
- Placement of automated enforcement equipment.
- Evasive flow capturing problem.
- Enforcement equipments on highways.

Além das palavras-chave supracitadas, também foram construídas duas frases de pesquisa, uma em português e outra em inglês, utilizando-se os operadores AND (e) e OR (ou) como forma de utilizar sinônimos nas buscas e de aumentar o número de resultados obtidos:

- (location OR placement) AND (equipment OR station OR wim OR enforcement) AND (highways OR roads OR motorway OR carriageway OR freeway).
- (Localização OR alocação OR planejamento locais) AND (sistemas OR equipamentos OR fiscalização OR pontos) AND (rodovias OR vias OR viário OR estradas OR ruas OR rodoviário).

Após a pesquisa com as palavras-chave é feito, então, o processo de seleção dos artigos, primeiramente através do conteúdo dos seus títulos e resumos, na sequência, através do número de citações de cada trabalho e, por fim, através da verificação do conteúdo integral dos artigos (leitura). A Figura 22 ilustra os procedimentos envolvidos no processo de seleção dos estudos.

Figura 22 – Fluxograma das etapas de seleção de estudos para a revisão sistemática



Fonte: Autora (2024)

Após a seleção dos estudos relevantes, parte-se para a etapa de extração de dados. Nessa etapa, são tabulados os dados dos estudos selecionados, como título, autores, assunto-chave, problema e objetivo da pesquisa, método utilizado, resultados, origem dos dados, entre outros. Por fim, a etapa final do processo de revisão sistemática consiste na síntese dos dados, ou seja, a apresentação destes, seja em forma estatística, seja em forma narrativa, através de resumos dos estudos (quando não é possível o agrupamento). Nesse sentido, Donato e Donato

(2019) orientam que o pesquisador deve sempre se remeter à questão norteadora da pesquisa, e se perguntar se existem evidências suficientes para respondê-la de forma conclusiva.

### 3.3.1 Coleta e seleção dos trabalhos

Uma vez definido o método de revisão sistemática, deu-se início as pesquisas por estudos relevantes nas bases de dados, utilizando-se as frases de busca escolhidas. Na plataforma Scielo foi utilizada apenas a frase de busca em língua portuguesa, enquanto que nas demais bases de pesquisa, utilizou-se a frase de busca em inglês.

Ainda, é importante ressaltar que, ao utilizar a frase de busca “*(location OR placement) and (equipment OR station OR wim OR enforcement) and (highways OR roads OR motorway OR carriageway OR freeway)*” nas plataformas EBSCOhost e Springer, houve uma quantidade excessiva de resultados. Dessa forma, para esses casos, optou-se por aplicar alguns filtros diretamente na própria plataforma: "apenas publicações com textos completos disponíveis em PDF" e "Academic Search Premier" (para a pesquisa na plataforma EBSCOhost); tipo de conteúdo "artigo", áreas de "Engenharia" e "Ciências da Computação", subdisciplinas de "Engenharia Civil" e todas as de Ciências da Computação, trabalhos escritos em "Inglês" e compreendidos no período de "2018-2024" (para a pesquisa na plataforma Springer).

A quantidade de resultados encontrados inicialmente em cada base pode ser visualizada no Quadro 9.

Quadro 9 – Quantitativo de resultados obtidos através das buscas nas bases de dados

<b>Base de dados</b>	<b>Nº de estudos encontrados</b>
EBSCOhost	690
Scielo	24
Scopus	4837
Springer	4031
<b>Total:</b>	<b>9582</b>

Fonte: Autora (2024)

Os resultados das pesquisas de cada base foram exportados em arquivos de formato .csv, organizados e agrupados, formando um único catálogo de bibliografias contendo os dados brutos, para então, na sequência, iniciar a etapa de aplicação de filtros nos estudos encontrados. Tendo em vista a grande quantidade de estudos encontrados, no intuito de facilitar o extenso processo de seleção dos artigos, foram desenvolvidos *scripts* na linguagem Python para organização das informações contidas nos arquivos do tipo CSV exportados das bases e para

remoção de títulos duplicados. Para o desenvolvimento dos *scripts*, foi utilizado o editor de código *Visual Studio Code* (VSCode), tendo em vista a familiaridade da autora com a ferramenta. A Figura 23 apresenta um exemplo de script utilizado na organização dos resultados obtidos da busca na base de pesquisa, exportados em formato CSV. Em verde, após a *hashtag* (#), é possível ler os comentários detalhando as linhas de código.

Figura 23 – Script utilizado na organização dos resultados obtidos da busca na base Scopus

```

1 # Script para estudos Scopus
2
3 import csv
4
5 # Abre o arquivo de entrada
6 with open ('scopus.csv', 'r', encoding='utf-8') as entrada: #para abrir o arquivo scopus.csv em modo de leitura
7     leitor_csv = csv.reader(entrada, delimiter=',', quotechar='') #para ler o arquivo de entrada, células delimitadas
8     next (leitor_csv) #para pular a primeira linha (cabecalho) do arquivo de entrada scopus.csv
9
10     with open ('saida_scopus.csv', 'w', newline='', encoding='utf-8') as saida: #para abrir o arquivo saida_scopus.csv
11     em modo de escrita
12     escritor_csv = csv.writer(saida, delimiter=';') #para escrever no arquivo de saída, células delimitadas por ;
13     escritor_csv.writerow(['id', 'base_dados', 'titulo', 'autores', 'resumo', 'ano', 'cod_doi', 'url']) #cabecalho
14     do arquivo saida_scopus.csv
15
16     for indice, linha in enumerate(leitor_csv, 1): #extração das informações de interesse do arquivo de entrada
17         id = (indice)
18         base_dados = linha[-2]
19         resumo = linha[-6]
20         autores = linha[0]
21         titulo = linha[3]
22         ano = linha[-17]
23         url = linha[-7]
24         doi = linha[-8]
25
26     escritor_csv.writerow([id, base_dados, titulo, autores, resumo, ano, doi, url]) #para escrever a linha com
27     as informações de interesse, no arquivo de saída

```

Fonte: Autora (2024)

Após a organização e agrupamento dos dados, deu-se início ao processo de seleção dos estudos. A primeira filtragem realizada nos dados foi a exclusão dos títulos duplicados, após a qual restaram 9417 trabalhos cadastrados. Na sequência, analisou-se o título de cada estudo, a fim de selecionar somente os estudos aderentes à questão norteadora, restando, assim, 76 trabalhos com títulos considerados relevantes.

Posteriormente à exclusão dos títulos irrelevantes para a pesquisa, os estudos foram classificados de acordo com a sua relevância através da análise do ano de publicação (2018 a 2024) e do número de citações de cada estudo. Para os estudos compreendidos entre 2018 e 2022, foram considerados relevantes aqueles com quatro ou mais citações. Já para os estudos mais recentes, publicados entre 2023 e 2024, por entender que o número de citações seria um parâmetro injusto para a avaliação de sua relevância, levou-se em consideração o grau de impacto da revista científica em que foi publicado. Dessa forma, excluiu-se os estudos que

foram exclusivamente apresentados em eventos e congressos, e considerou-se como relevantes os estudos publicados em revistas e jornais cujo parâmetro *Journal Citation Indicator* (JCI) fosse maior que 2.0. Após o filtro de relevância por data ou número de citações, restaram 35 trabalhos cadastrados.

Por fim, foi realizada mais uma filtragem a partir da leitura dos resumos dos estudos, com o intuito de verificar a aderência do trabalho ao objetivo da pesquisa. Dessa etapa, resultaram 15 trabalhos com conteúdo relevante através do resumo. Na sequência, foi feita uma busca pelos textos completos na internet. Não foi possível obter acesso à uma das pesquisas, totalizando 14 estudos para leitura completa.

No Quadro 10, encontra-se o quantitativo dos resultados para cada etapa de seleção de estudos da revisão sistemática.

Quadro 10 – Quantitativo dos resultados obtidos nas etapas de seleção de estudos

Etapa	Nº de estudos resultantes
Coleta de estudos das bases de dados	9582
Remoção de títulos duplicados	9417
Filtragem pelos títulos relevantes	76
Classificação por relevância (data de publicação e nº de citações ou grau de impacto do jornal/revista)	35
Filtragem pelos resumos relevantes	15
Verificação da disponibilidade dos textos integrais	14
Seleção de artigos relevantes pelo conteúdo integral	13

Fonte: Autora (2024)

Finalmente, durante a leitura do texto integral dos artigos, foram selecionados apenas aqueles com relevância científica confirmada pelo conteúdo integral, resultando em 13 artigos selecionados para compor o acervo referencial da pesquisa realizada.

### SOBRE OS DADOS

Nesta seção são abordados os itens contribuintes ao Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso (IVFP) e seus respectivos dados. Esses dados encontram-se inseridos no banco de dados do Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem (Sialoc), sendo representados através de camadas georreferenciadas, e contribuindo, também, no cálculo do IVFP. O Quadro 11 apresenta um resumo dos dados utilizados, suas fontes, e outras observações pertinentes. Vale destacar que, para cada item apontado, optou-se por utilizar a base de dados mais recente disponível.

Quadro 11 – Fonte dos dados utilizados no Sialoc

Item	Fonte dos dados	Observações:
Rodovias federais (SNV)	DNIT (2024)	Versão SNV: 2024.01 Data dos dados: janeiro/2024
Acidentes em rodovias federais	PRF (2024)	Data dos dados: de 2007 a 2023 Filtros: Ignorados todos os acidentes com classificação "Sem Vítimas"
Estimativa de volumes em rodovias federais (VMDA)	DNIT (2022)	Versão VMDA: 2022 Data dos dados: agosto/2023
Estudos para futuras concessões	PPI (2023)	Data dos dados: outubro/2023
Corredores logísticos	MTPA (2023)	Data dos dados: Volume I – Complexo de Soja e Milho: 2017 Volume II – Minério de Ferro: 2018 Volume III – Veículos Automotores: 2018 Volume IV – Complexo da Cana-de-Açúcar: 2018 Volume VI – Petróleo e Combustíveis: 2020
Aeroportos	ANAC (2023)	Data dos dados: agosto/2022
Portos	ANTAQ (2024)	Versão: Instalações Portuárias Outorgadas (atualização fevereiro/2024) Data dos dados: fevereiro/2024
Áreas edificadas	IBGE (2019)	Data dos dados: 2019
Limites municipais	IBGE (2022)	Data dos dados: 2022
Áreas indígenas	FUNAI (2022)	Data dos dados: agosto/2022
Áreas quilombolas	INCRA (2021)	Data dos dados: 2021
Unidades de conservação ambiental	ICMBio (2024)	Data dos dados: fevereiro/2024

Fonte: Autora (2024)

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) fornece uma base de dados pública que descrevem os trechos rodoviários. Essa base apresenta informações desde 1994 (antigo Plano Nacional de Viação) até as atualizações mais recentes do SNV, que são publicadas no próprio site do órgão. A planilha SNV, do tipo XLSX, apresenta os atributos de cada segmento de rodovia, como código SNV, BR, Unidade Local, UF, extensão do trecho, local de início e local de fim, bem como o km inicial e final, tipo de trecho, descrição da coincidente (se houver), superfície, jurisdição, entre outros. Além disso, também é disponibilizada a base de dados georreferenciada de todas as versões já publicadas do SNV,

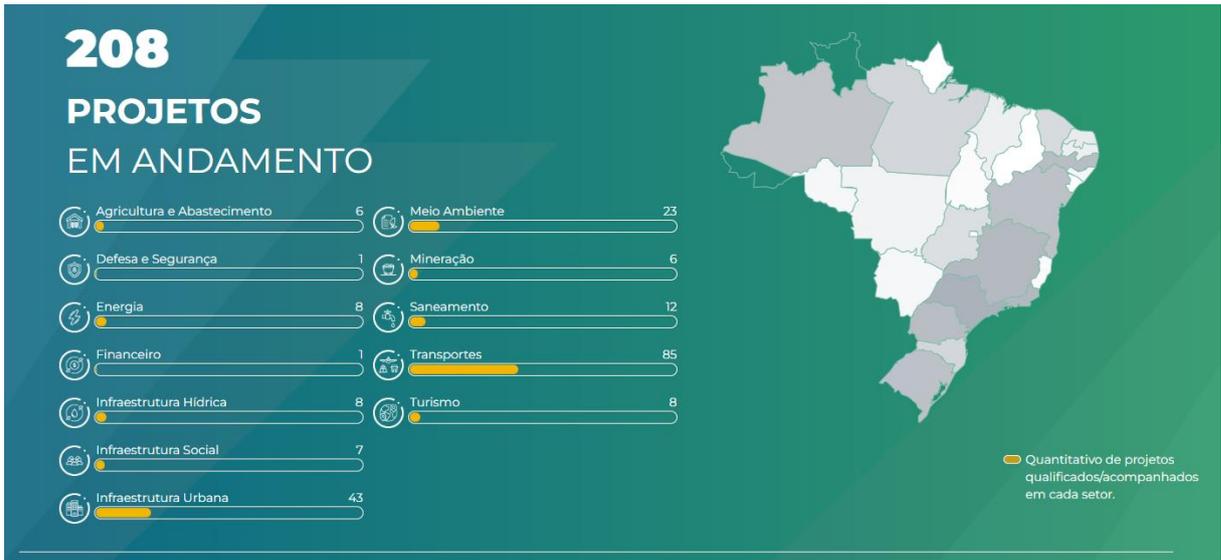
bem como um Guia SNV (em formato PDF) para facilitar o entendimento e a interpretação das mesmas (DNIT, 2024).

Outra base de dados de extrema importância fornecida pelo DNIT, fruto do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), é a Estimativa do Volume Médio Diário Anual – VMDA (DNIT, 2022). Disponibilizada em uma planilha de formato XLSX, a base de VMDA apresenta os volumes atrelados a cada trecho SNV, sendo discriminados por categoria de veículo – A, B, C, D, E, F, G, H, I e J – e também por sentido da rodovia - crescente (C) ou decrescente (D). Através dessa base é possível obter os valores de VMDA total (todos os tipos de veículos) e VMDA de veículos pesados, ou VMDAp.

A Polícia Rodoviária Federal (PRF) também disponibiliza uma série de dados abertos institucionais, dentre os quais pode-se destacar a base de dados BAT: Boletins de Acidentes de Trânsito (PRF, 2024). Os dados de acidentes são apresentados em planilhas do tipo CSV, referente a cada ano, podendo-se escolher entre baixar os dados agrupados por pessoa ou por ocorrência. Para inserção dos dados de acidente no software abordado neste estudo, Sialoc, utilizou-se a planilha que agrupa os acidentes por pessoa, e ignorou-se todos os acidentes com classificação “Sem Vítimas”. Para obter-se o número de acidentes envolvendo veículos pesados, considerou-se como "pesados" os veículos especificados na planilha como: caminhão, ônibus, microônibus, caminhão-trator, semi-reboque ou semireboque, caminhão-tanque, trator de esteiras ou trator de esteira, trator de rodas, trator misto. Além disso, para obter o número de acidentes e fatalidades por sentido da rodovia, basta a aplicação de filtro por sentido crescente (C) ou decrescente (D). Foram utilizadas as planilhas com dados de acidentes referente aos anos compreendidos no período de 2007 a 2023, de forma a apresentar o histórico de acidentes vinculado a cada trecho SNV. A localização de um determinado acidente no trecho SNV é determinada pela BR e KM registrados na base PRF.

Os dados referentes à estudos para futuras concessões foram obtidos da página do Programa de Parcerias e Investimentos (PPI), onde é possível filtrar os projetos por situação “Em andamento” e “Concluídos”, ou ainda, filtrar por UF (PPI, 2023). A plataforma apresenta o resultado do filtro, discriminando a quantidade de projetos por setor (Figura 24).

Figura 24 – Dashboard de projetos em andamento



Fonte: PPI (2023)

Ao clicar sobre o setor “Transportes”, abre-se um novo painel, onde os projetos deste setor são classificados de acordo com o modo de transporte (Figura 25).

Figura 25 – Dashboard de projetos em andamento: Setor de Transportes



Fonte: PPI (2023)

Ao clicar sobre o modo “Rodoviário” o site retorna uma lista com os 24 resultados de projetos em andamento, envolvendo as rodovias brasileiras (Figura 26). Esses resultados são exibidos em formato de lista, que pode ser exportada em diversos formatos. No entanto, ao clicar sobre o nome do projeto, abre-se uma nova página contendo todas as informações do projeto, a situação em que se encontra, legislações pertinentes, os trechos das rodovias

envolvidas, a previsão do valor do investimento, além de multimídias (se houver). Dessa forma foram extraídos os dados de cada um dos 24 projetos do setor rodoviário atualmente em andamento.

Figura 26 – Projetos do setor rodoviário em andamento

PROJETO	SETOR	SUBSETOR	UF	ETAPA
<input type="checkbox"/> BR-040/495/RJ/MG – Rio de Janeiro a Juiz de Fora	Transportes	Rodoviário	MG, RJ	Acórdão TCU
<input type="checkbox"/> BR-040/GO/MG – Rota dos Cristais	Transportes	Rodoviário	GO, MG	Leilão de Projeto
<input type="checkbox"/> BR-040/MG – Belo Horizonte a Juiz de Fora	Transportes	Rodoviário	MG	Contrato
<input type="checkbox"/> BR-060/153/040/DF/GO (relicitação)	Transportes	Rodoviário	DF, GO	Estudo
<input type="checkbox"/> BR-060/452/GO – CNI – Rota Verde	Transportes	Rodoviário	GO	Acórdão TCU
<input type="checkbox"/> BR-070/174/364/MT/RO – CN3 – Rota Agro Central	Transportes	Rodoviário	MT, RO	Consulta Pública
<input type="checkbox"/> BR-101/ES/BA (relicitação)	Transportes	Rodoviário	BA, ES	Estudo
<input type="checkbox"/> BR-101/RJ (relicitação)	Transportes	Rodoviário	RJ	Estudo
<input type="checkbox"/> BR-135/316/MA	Transportes	Rodoviário	MA	Estudo
<input type="checkbox"/> BR-153/262/GO/MG – Rota Sertaneja	Transportes	Rodoviário	GO, MG	Acórdão TCU

Mostrando de 1 até 10 de 24 registros (Filtrados de 85 registros) Selecionado 0 linhas 0 colunas selecionadas 0 células selecionadas

Anterior 1 2 3 Próximo

Fonte: PPI (2023)

Os dados referentes aos corredores logísticos foram extraídos dos volumes I (Soja e Milho), II (Minério de Ferro), III (Veículos Automotores), IV (Cana-de-açúcar) e VI (Petróleo e Combustíveis) do Projeto Corredores Logísticos Estratégicos, realizado pelo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, abordado no item 2.2.3 deste trabalho. Além dos volumes, o atual Ministério dos Transportes também disponibiliza para download a base georreferenciada, além de bases complementares, para cada complexo estudado (MTPA, 2023).

Os dados referentes a aeroportos são disponibilizados pela página da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, através de listas dos aeródromos públicos e privados, sendo que os dados mais recentes são referentes ao ano de 2022 (ANAC, 2023). Já os dados relativos as localizações das instalações portuárias, podem ser obtidos na página da Agência Nacional dos Transportes Aquaviários – ANTAQ, onde encontram-se disponíveis para *download* nos formatos de *shapefile*, KML e PDF (ANTAQ, 2024).

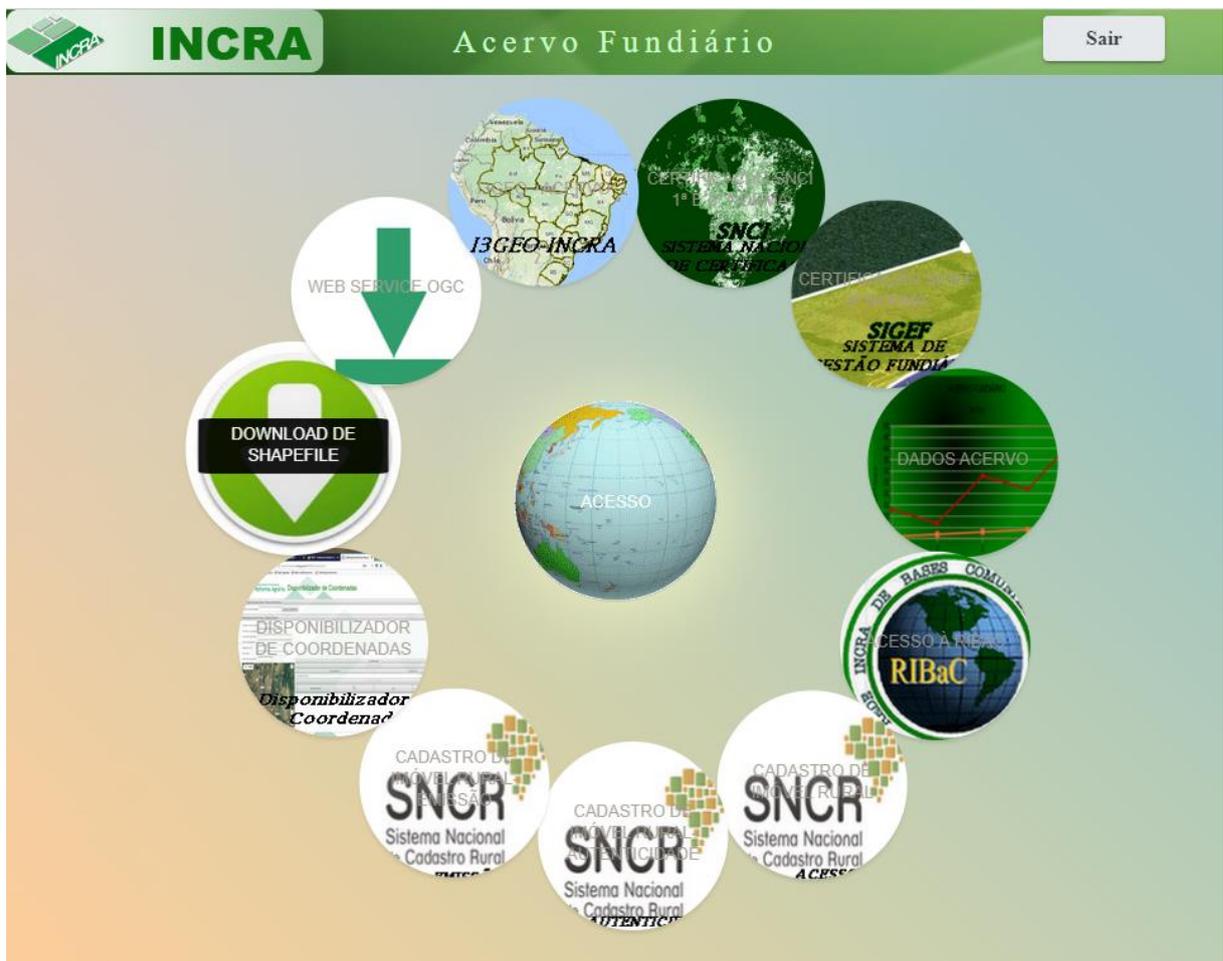
No que tange as áreas edificadas e limites municipais, o provedor de dados e informações consiste no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Os dados mais recentes que representam as áreas urbanizadas são datados de 2019, e disponibilizados através de mapas, *shapefiles* e tabelas (IBGE, 2019). Já os dados utilizados pertinentes à malha

municipal, são do ano de 2022, e encontram-se disponíveis em *shapefiles* e tabelas (IBGE, 2022).

Os dados concernentes às áreas indígenas no Brasil encontram-se acessíveis através da página da Fundação Nacional dos Povos Indígenas – FUNAI, onde é possível baixar dados geoespaciais (nos formatos *shapefile* e KML), mapas em formato PDF, e metadados das terras indígenas, além de acessar o *geoserver* da Fundação (FUNAI, 2022).

Os dados pertinentes às áreas quilombolas podem ser acessados e obtidos através do Acervo Fundiário do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (INCRA, 2021). Para acessar o acervo, basta logar na plataforma com o CPF e senha cadastrados no domínio gov.br, e acessar, no menu inicial, a esfera contendo a opção “Download de *shapefile*” (conforme indicado na Figura 27). Uma nova aba será aberta, e basta selecionar a camada “Áreas de Quilombolas” para baixar os dados em um arquivo do tipo ZIP, contendo base de dados e arquivo *shapefile*.

Figura 27 – Menu inicial do Acervo Fundiário



Fonte: INCRA (2021)

Os dados geoespaciais relacionados às Unidades de Conservação Ambiental, por sua vez, são produzidos pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, e disponibilizados para *download* na página do órgão, nos formatos *shapefile*, KMZ, KML, além de mapas temáticos em formato PDF ou JPG. Ademais, também se encontram acessíveis os dados estatísticos de unidades de conservação federais através de planilhas, metadados, e opções de geoserviços do ICMBio (ICMBio, 2024).

### SOBRE O SIALOC

3.5 O desenvolvimento do Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem (Sialoc) é produto do estudo da localização dos postos de pesagem veicular, contemplado em uma das atividades constituintes do projeto “Desenvolvimento de estudos, pesquisas, metodologias, estudos técnicos, materiais educacionais, cursos de capacitação, ferramentas para prover suporte à gestão de competências da Coordenação Geral de Operações Rodoviárias (CGPERT) vinculadas às áreas de infrações, operações rodoviárias e educação para o trânsito”, objeto do Termo de Execução Descentralizada (TED) 48/2021, processo 50600.029231/2020-66, assinado em 05 de fevereiro de 2021, publicado no Diário Oficial da União (DOU) Nº 27, terça-feira, 09 de fevereiro de 2021, firmado entre o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – através do Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans), com duração de 60 meses (Brasil, 2021a).

A ferramenta computacional fornece ao DNIT acesso a dados unificados e organizados sobre a malha rodoviária federal, além de realizar de forma automatizada o cálculo do IVFP de acordo com critérios e pesos informados pelo usuário. Os dados são apresentados por meio de mapas temáticos, que exibem a malha rodoviária sobreposta a camadas cuja representação gráfica indica valores de referência para a decisão. Além disso, o *software* também possibilita filtrar os trechos rodoviários em função da Unidade Federativa (UF), do valor de IVFP e do volume de veículos pesados (VMDAp).

A autora do presente trabalho atuou como bolsista e, posteriormente, como estagiária no projeto supracitado, integrando a equipe técnica do LabTrans. Ao longo dos últimos 18 meses, a autora participou do desenvolvimento, manutenção e atualização do Sialoc, além da produção de diversos produtos e relatórios técnicos relacionados ao projeto, destacando a escrita do Manual do Sialoc. Dessa forma, foi enviada uma solicitação de autorização de uso de dados ao Coordenador de Operações da CGPERT para a utilização do software e dos dados nele inclusos para a realização deste trabalho, a qual foi prontamente aceita.

Os aspectos técnicos do software estão descritos no item a seguir.

### 3.5.1 Aspectos Técnicos

O Sialoc é um aplicativo *desktop* desenvolvido pela equipe técnica do LabTrans/UFSC por meio da linguagem computacional Python e conta com um banco de dados e diferentes bibliotecas para realizar funções diversas no software. Os três principais componentes do software são: o QGIS (parte geográfica, coordenadas, mapas, etc.), o PostgreSQL (gestão de dados da ferramenta) e o Qt (interface gráfica do programa), sendo o código em Python a conexão entre esses componentes para a disponibilização das funcionalidades do programa (Figura 28). Ainda, o *software* conta com um sistema de arquitetura próprio e segue um padrão de código pré-definido, visando manter um código limpo, e passa por constantes aprimoramentos e atualizações de dados por parte da equipe do LabTrans.

Figura 28 – Principais componentes do Sialoc



Fonte: Autora (2024)

A ferramenta passa por processos periódicos de atualização por parte da equipe técnica do LabTrans – sendo a última atualização realizada em maio de 2024 – e atualmente se encontra na versão 2.5.2 (LabTrans, 2024).

#### 3.5.1.1 QGIS

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), livre e aberto, o qual é utilizado no Sialoc para a visualização de camadas georreferenciadas. O *software*, além de ser possível de ser instalado no computador para utilização, também pode ser utilizado para desenvolvimento. Para isso, ele fornece as bibliotecas Python que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de aplicativos baseados em QGIS, através da biblioteca PyQGIS. Isso

significa que as funções que estão disponíveis na versão instalada do QGIS também podem ser usadas como base para novos softwares.

#### 3.5.1.2 PostgreSQL

O PostgreSQL é um sistema de gerenciamento banco de dados, também de código aberto, bastante robusto, com diversos recursos disponíveis. É no banco de dados incluído no Sialoc que são armazenadas todas as informações exibidas no software, como volumes de veículos pesados, acidentes nas rodovias federais, estudos para concessão, entre outros. A informação mais importante na tomada de decisão, os valores do IVFP conforme os critérios escolhidos, também é calculada no banco de dados, através da criação de uma visualização materializada.

Para facilitar a visualização e manipulação das informações incluídas na base de dados do Sialoc, utiliza-se uma ferramenta de administração de banco de dados. Essas ferramentas servem para auxiliar no uso de banco de dados, como PostgreSQL, MySQL, MongoDB, entre outros. O programa utilizado pela equipe de desenvolvimento do Sialoc é o DBeaver.

#### 3.5.1.3 Qt

O Qt é uma plataforma de desenvolvimento de *softwares*: ou seja, um conjunto de programas e bibliotecas que permitem que outros programadores possam, de forma mais facilitada, produzirem os seus *softwares*. Além de disponibilizar funções de programação em Python (PyQt), uma das principais funcionalidades do Qt consiste nas bibliotecas de interface, que permitem que os programadores criem, facilmente, as janelas, diálogos, botões, formulários e outras telas que compõem a interface gráfica do sistema.

No caso do Sialoc, o Qt é utilizado para a criação das interfaces através da ferramenta QtDesigner, utilizada para construir interfaces gráficas de forma facilitada. É neste programa que as janelas do Sialoc são elaboradas, por meio do uso das chamadas *widgets*. O QtDesigner possui uma interface simples, com funções de arrastar e soltar para dispor na tela componentes como listas, botões, caixas de texto, etc.

#### 3.5.1.4 Git

O Git é um sistema de controle de versões, usado principalmente no desenvolvimento de softwares. É utilizado para o controle de versionamento do código do Sialoc, a fim de manter o desenvolvimento de forma segura e organizada e propiciar que mais de um desenvolvedor trabalhe simultaneamente em seu código, uma vez que a plataforma permite gerar ramificações e posteriormente mesclá-las de maneira simplificada e coerente. O modelo de ramificação de

código adotado no controle de versão do Sialoc é baseado no *git-flow* proposto por Driessen (2010).

### 3.5.1.5 Arquitetura de Software

De acordo com Valente (2020), existem duas definições para arquitetura de *software*: a primeira refere-se à organização de um sistema em unidades de maior tamanho, como pacotes, componentes, módulos, subsistemas, camadas ou serviços; a segunda, considera que arquitetura não é apenas um conjunto de módulos, mas um conjunto de decisões. Em outras palavras, ela é responsável por definir os componentes que farão parte de um projeto, suas características, funções e a forma como devem interagir entre si. Essa prática pode parecer dispensável para softwares mais simples, mas à medida que o tamanho e a complexidade dos sistemas aumentam, aumenta também a necessidade de mecanismos que facilitem a alocação de funcionalidade aos componentes do programa.

Nesse sentido, o uso de camadas oferece suporte à flexibilidade e portabilidade, e consequentemente, facilidade de manutenção do *software*. Outro aspecto a destacar da arquitetura em camadas é o uso de interfaces padrões visando facilitar reuso e manutenção. Interfaces bem definidas encapsulam componentes (com funcionalidades definidas) já testados, prática que permite o reuso e também auxilia na manutenção, já que toda e qualquer alteração necessária estaria confinada àquele componente.

Ferrari (2022) elenca como os principais benefícios da arquitetura de software:

- Redução de riscos com segurança da informação e de falhas no sistema;
- Interação eficiente entre diferentes módulos do programa;
- Facilidade na integração de novas funcionalidades;
- Menor impacto quando houver a necessidade da realização de manutenções;
- Metodologia de desenvolvimento de programas mais ágil, facilitando a gestão das entregas das versões do programa.

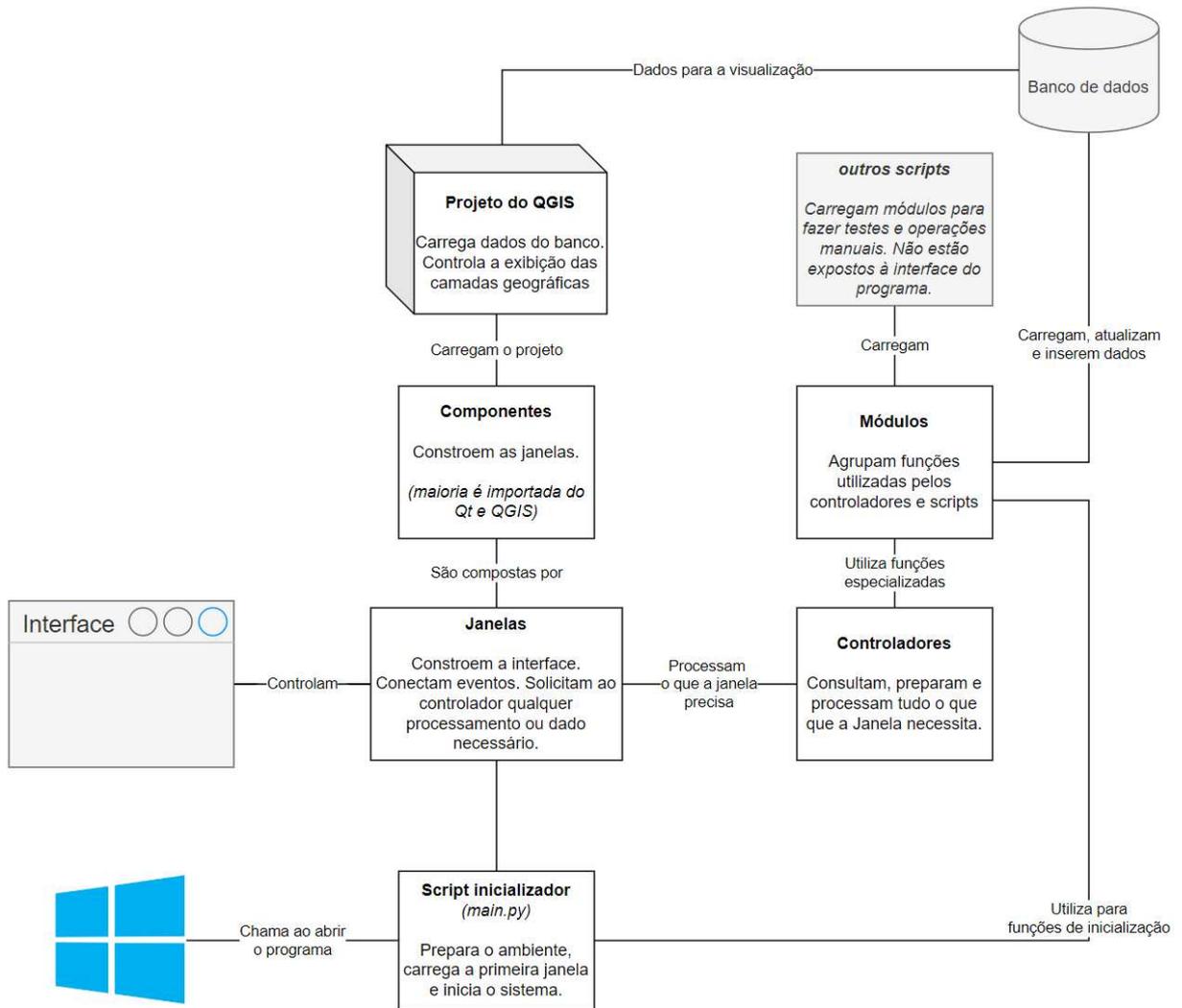
Existem diversos modelos de arquitetura que podem ser utilizados para realizar a organização dos componentes de um programa, dentre as quais pode-se mencionar a arquitetura em camadas (*layered pattern*), a arquitetura cliente-servidor (*client-server pattern*), a arquitetura MVC (*model-view-controller pattern*) e a arquitetura microsserviços (*microservices pattern*).

A arquitetura criada pela equipe técnica do LabTrans/UFSC para a organização do Sialoc foi denominada de Arquitetura JCCM – Janelas, Controladores, Componentes e Módulos (LabTrans, 2023), baseou-se na arquitetura MVC e apresenta a seguinte divisão de camadas:

- **Janelas:** são responsáveis pelo controle da interface. Configuram a tela e respondem aos seus eventos (entradas do usuário, etc.). Qualquer processamento que não seja estritamente limitado ao controle da interface é direcionado ao Controlador e cada Janela tem um Controlador correspondente.
- **Controladores:** são responsáveis por todo o processamento que uma determinada Janela necessita. Acessam os Módulos, mas não podem acessar nenhum objeto da interface, ou ainda, carregar novas Janelas ou Componentes.
- **Componentes:** são “pedaços” reaproveitáveis de interface utilizados pelas Janelas. Têm comunicação somente com a Janela que o utiliza ou com outros componentes, não carregando nenhum Controlador ou Módulo.
- **Módulos:** agrupam funções importantes e especializadas, utilizadas pelos Controladores para o processamento.
- **Scripts:** são arquivos especiais de teste manual, que carregam módulos para fazer testes e operações que ainda não estão disponíveis na interface. Não são acessíveis pela interface do programa, exceto o script inicializador (main.py).
- **Projetos do QGIS:** são gerados somente através do QGIS, e controlam a exibição geográfica das camadas no mapa. Fazem conexão direta com o Banco de Dados para carregamento das informações geográficas, e são controlados pelos componentes do QGIS, inseridos nas Janelas.

A Figura 29 traz uma representação da comunicação entre os componentes da arquitetura JCCM.

Figura 29 – Comunicação entre os componentes do Sialoc: Arquitetura JCCM



3.6

Fonte: LabTrans (2023)

## FECHAMENTO DO CAPÍTULO

Uma vez definida a metodologia de pesquisa, caracterizados os dados levantados, e apresentados os aspectos técnicos e funcionalidades do *software* a ser utilizado, o Sialoc, parte-se para a aplicação do método através de um estudo de caso.

## DIAGNÓSTICO/ESTUDO DE CASO

### INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO

O presente capítulo traz um estudo de caso das indicações de locais para fiscalização de peso através da aplicação do *software* Sialoc. Como exemplo, adotou-se uma situação hipotética, na qual tem-se a demanda de alocar três Postos de Pesagem Mistos (PPMs) na malha

rodoviária federal do estado de Santa Catarina, região sul do Brasil. Tendo em vista essa demanda, são apresentadas as etapas executadas para a realização desta escolha, bem como uma análise da viabilidade de instalação dos equipamentos de pesagem nos locais escolhidos. Por fim, como resultado desta análise, é apresentado um mapa (arquivo *shapefile* gerado pelo *software*) com o apontamento dos locais mais propensos a captar um maior fluxo de carga.

### CONFIGURAÇÃO DO CENÁRIO PARA CÁLCULO DO IVFP

4.2 Levando em consideração a situação hipotética da alocação de PPMs, optou-se por utilizar o cenário inicial editável do Sialoc com os pesos de cada variável já pré-definidos (Figura 30), o qual foi criado especificamente para a localização de equipamentos de fiscalização de peso. Vale ressaltar que neste cenário estão sendo desconsiderados trechos sob concessão e trechos com estudos para concessão em andamento, tendo em vista que o Sialoc foi desenvolvido voltado às demandas do DNIT. Além disso, alguns fatores como sinuosidade e IRI foram desconsiderados no cálculo do IVFP devido a incompatibilidades do formato de suas bases com a atualização da base do SNV, realizada em maio deste ano, 2024.

Figura 30 – Configuração do cenário inicial (cenário adotado)

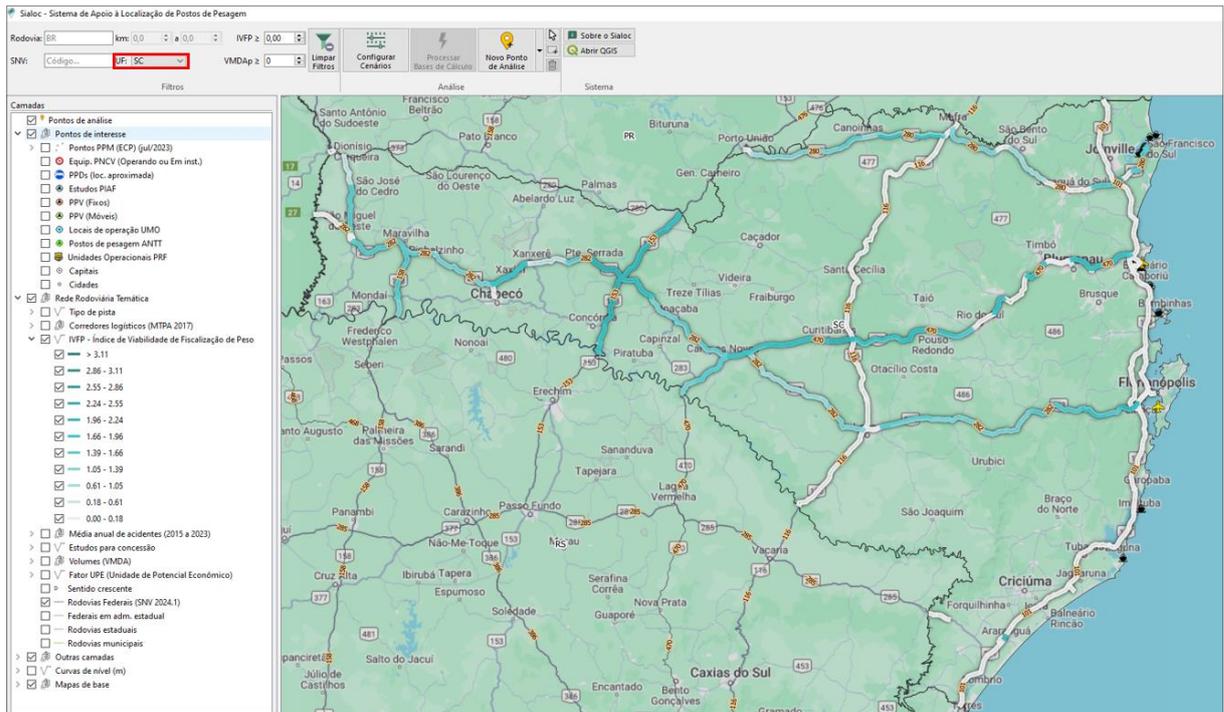
Fonte: Autora (2024)

No que diz respeito às áreas especiais, considerou-se as áreas indígenas, quilombolas, e assentamento rural.

## APLICAÇÃO DE FILTROS NO MAPA

Uma vez definido o cenário a ser utilizado, são aplicados os filtros. A primeira ação realizada foi filtrar pela unidade federativa de Santa Catarina, de forma a visualizar apenas as suas rodovias (Figura 31).

Figura 31 – Filtro nas rodovias de Santa Catarina



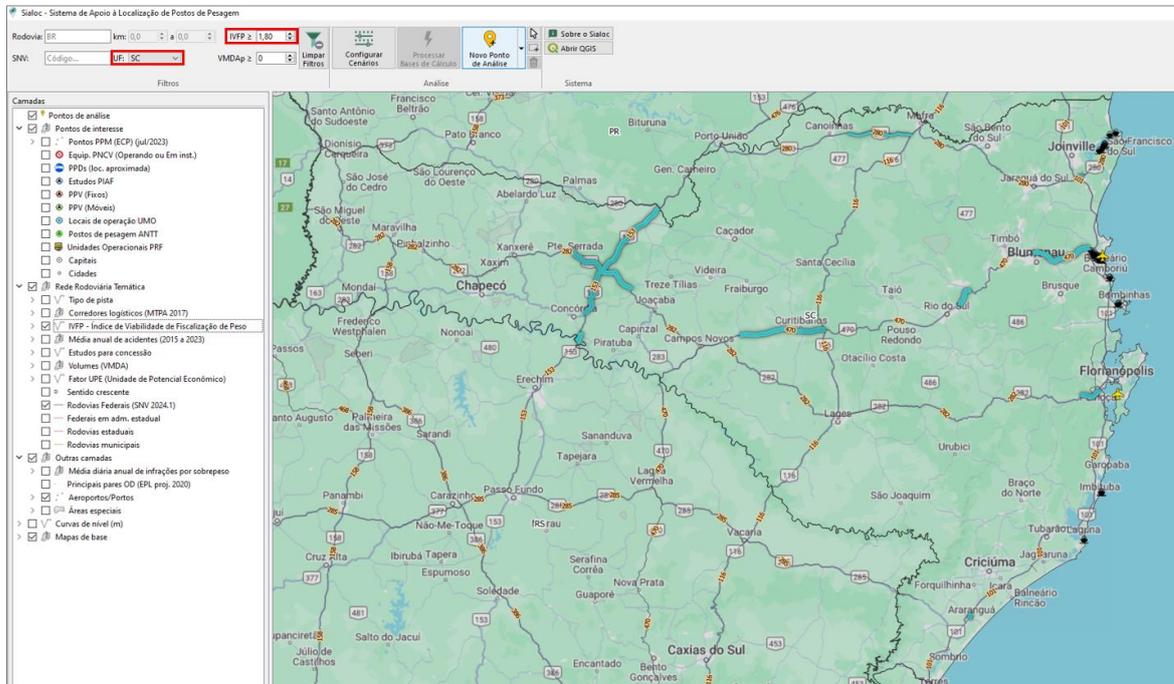
Fonte: Autora (2024)

Com a camada de IVFP ativa, é possível notar que os segmentos de rodovias representados em tons mais escuros apresentam valores de IVFP mais altos, enquanto que os trechos representados em tons mais claros, apresentam valores de IVFP mais baixos. Ressalta-se que as rodovias BR-101 e BR-116 encontram-se, em sua totalidade, representadas em branco (IVFP = 0), por se tratarem de rodovias concessionadas, e, portanto, são descartadas da análise em questão.

Na sequência, foi determinado o valor mínimo de IVFP desejado para filtrar a análise (IVFP  $\geq$  1,80), conforme exposto na Figura 32. Ressalta-se que o ponto de vista de equipe técnica do LabTrans, normalmente seriam considerados bons valores de IVFP  $\geq$  2,00, no entanto, tendo em vista o impacto da retirada de alguns parâmetros do cálculo do IVFP devido à incompatibilidade das bases com a atualização do SNV – o que resultou numa queda nos valores de IVFP de um modo geral quando comparados aos valores observados em versões anteriores do programa –, e também com o intuito de tornar o presente estudo de caso mais

dinâmico, optou-se por filtrar por valores IVFP  $\geq 1,80$ , afim de poder realizar todas as etapas de filtro, visualização e análise.

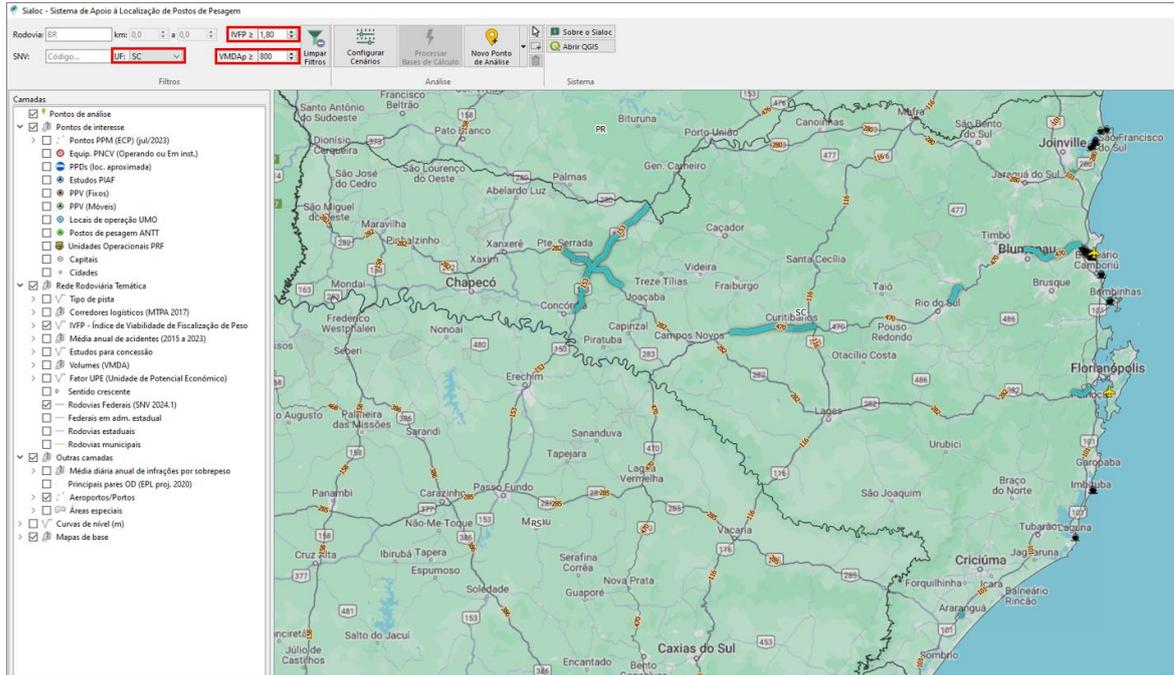
Figura 32 – Filtro de IVFP  $\geq 1,80$  nas rodovias de Santa Catarina



Fonte: Autora (2024)

Com a aplicação deste filtro, percebe-se que se destacam as rodovias BR-153, BR-280 (apenas sentido decrescente), BR-282 e BR-470. Com o intuito de limitar ainda mais as opções, optou-se também por filtrar um VMDa mínimo de veículos pesados, como no caso da Figura 33, onde foi determinado um valor de 800 veículos pesados/dia.

Figura 33 – Filtros de IVFP  $\geq 1,80$  e VMDAp  $\geq 800$  nas rodovias de Santa Catarina



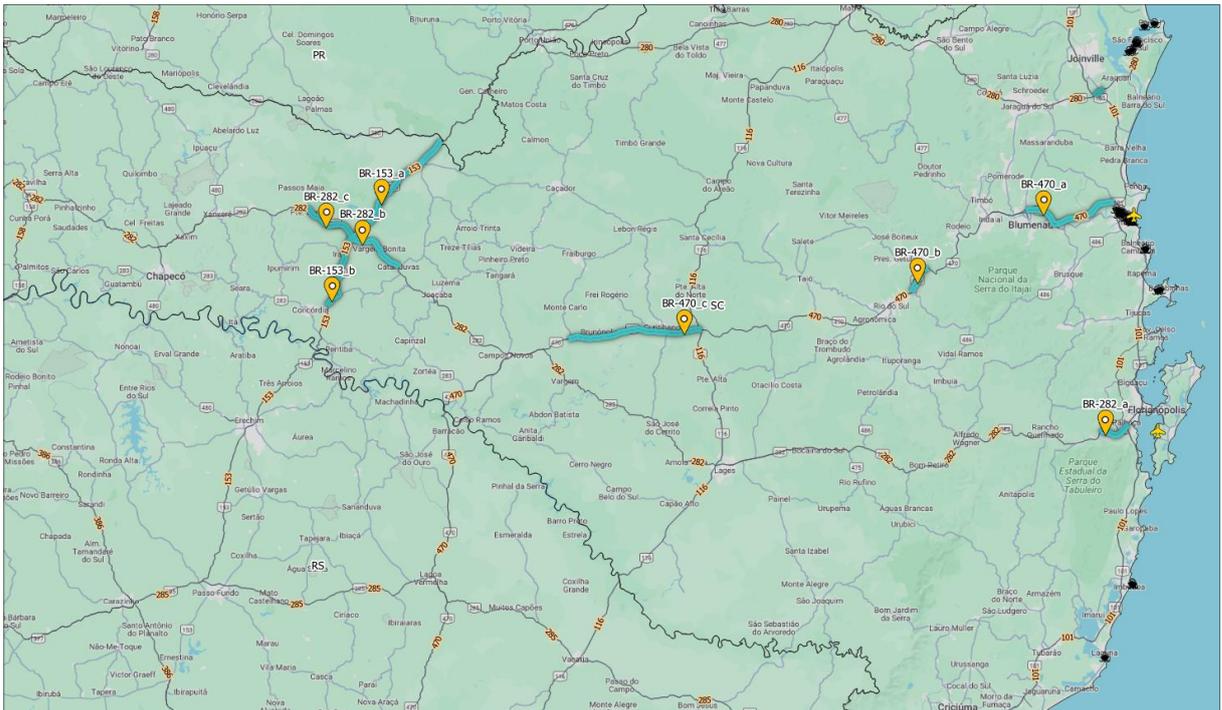
Fonte: Autora (2024)

Uma vez realizados estes filtros, pode-se avançar para uma análise mais pontual dos locais de maior IVFP, a fim de visualizar as características dos trechos rodoviários do estado.

#### 4.4 CRIAÇÃO DE PONTOS DE ANÁLISE

Com o objetivo de analisar pontualmente as rodovias que apresentaram os maiores valores de IVFP e VMDAp do estado, criou-se pontos de análise, como mostra a Figura 34.

Figura 34 – Pontos de Análise criados



Fonte: Autora (2024)

Na sequência, clicou-se em cada um deles e verificou-se no painel de dados do trecho o código SNV do trecho, os valores de IVFP e VMDA de veículos pesados (Quadro 12).

Quadro 12 – Dados dos pontos criados

ID	Rodovia	Código SNV	Nome ponto	IVFP <sub>cresc</sub>	IVFP <sub>decresc</sub>	VMDA <sub>cresc</sub>	VMDA <sub>decresc</sub>
1	BR-153	153BSC1550	BR-153_a	1,95	1,98	1583	1577
2	BR-153	153BSC1590	BR-153_b	2,11	2,06	1511	1450
3	BR-282	282BSC0030	BR-282_a	2,02	1,94	2093	2107
4	BR-282	282BSC0295	BR-282_b	1,93	1,90	970	977
5	BR-282	282BSC0310	BR-282_c	2,04	2,05	1596	1611
6	BR-470	470BSC0060	BR-470_a	1,91	1,84	2477	2604
7	BR-470	470BSC0160	BR-470_b	1,86	1,93	1976	2003
8	BR-470	470BSC0210	BR-470_c	2,22	2,15	1809	1579

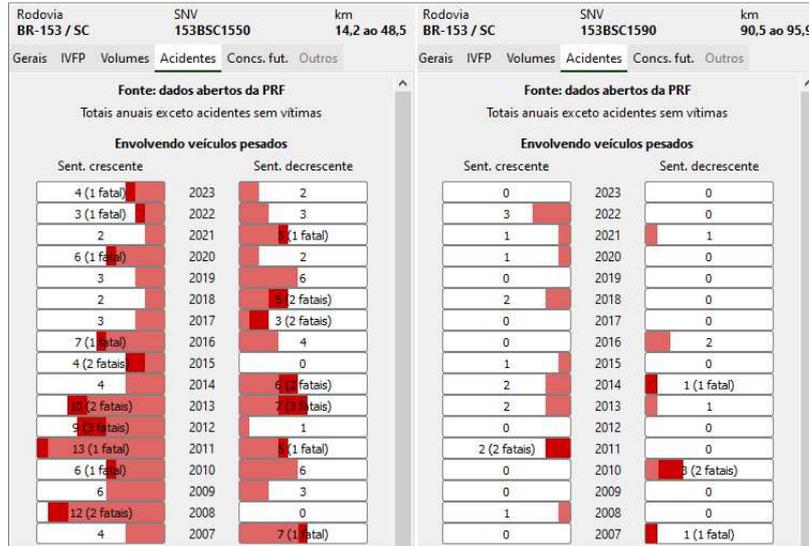
Fonte: Autora (2024)

Observando o Quadro 12 é possível identificar que os pontos 4, 6 e 7 possuem os menores valores de IVFP entre os pontos candidatos. Ademais, o ponto 4 apresenta, também, os menores volumes de veículos pesados, o que sugere que os demais pontos possuem maior potencial para fiscalização.

Na sequência, optou-se por analisar o histórico de acidentes envolvendo veículos pesados de cada um dos trechos onde foram criados os pontos de análise, também disponível

no painel de dados do trecho. A Figura 35 apresenta os dados dos trechos em que os pontos de análise 1 e 2 estão inseridos (ambos na rodovia BR-153)

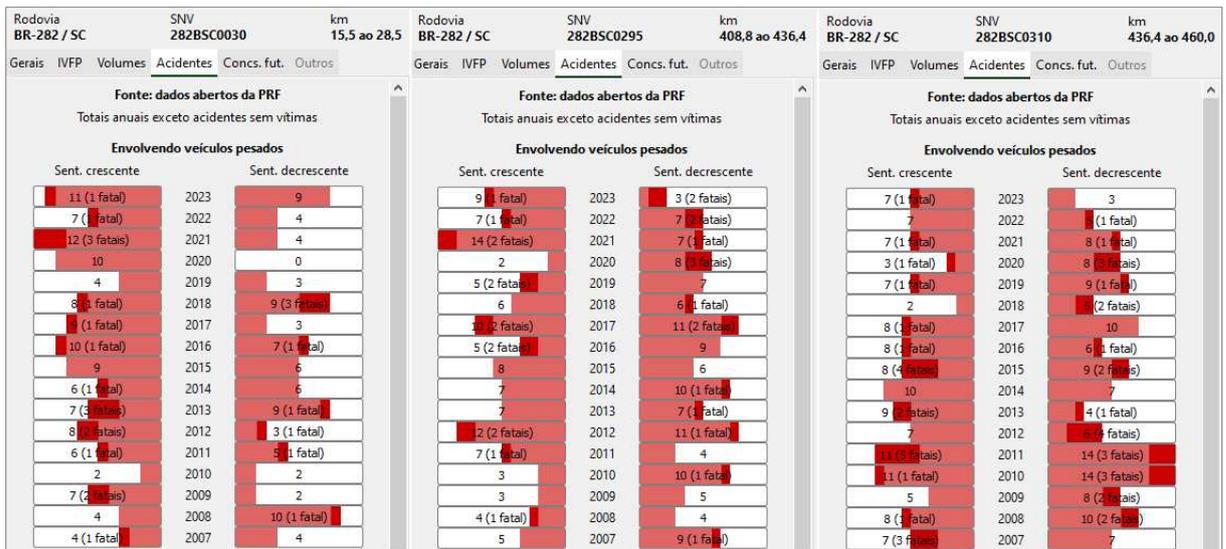
Figura 35 – Acidentes envolvendo veículos pesados nos pontos de análise 1 e 2



Fonte: Autora (2024)

Da mesma forma, a Figura 36 apresenta os dados referentes ao histórico de acidentes com envolvimento de veículos pesados para os trechos em que os pontos de análise 3, 4 e 5 estão localizados (todos inseridos na BR-282).

Figura 36 – Acidentes envolvendo veículos pesados nos pontos de análise 3, 4 e 5



Fonte: Autora (2024)

Também são apresentados, na Figura 37, os históricos de acidentes envolvendo veículos pesados das localidades dos pontos de análise 6, 8 e 9 (localizados na BR-282).

Figura 37 – Acidentes envolvendo veículos pesados nos pontos de análise 6, 7 e 8

Rodovia BR-470 / SC					Rodovia BR-470 / SC					Rodovia BR-470 / SC							
SNV 470BSC0060					SNV 470BSC0160					SNV 470BSC0210							
km 35,1 ao 51,1					km 116,4 ao 130,3					km 233,5 ao 249,2							
Gerais	IVFP	Volumes	Acidentes	Concs. fut.	Outros	Gerais	IVFP	Volumes	Acidentes	Concs. fut.	Outros	Gerais	IVFP	Volumes	Acidentes	Concs. fut.	Outros
Fonte: dados abertos da PRF																	
Totais anuais exceto acidentes sem vítimas																	
Envolvendo veículos pesados						Envolvendo veículos pesados						Envolvendo veículos pesados					
Sent. crescente			Sent. decrescente			Sent. crescente			Sent. decrescente			Sent. crescente			Sent. decrescente		
7 (2 fatais)		2023	8 (2 fatais)			8 (1 fatal)		2023	10 (1 fatal)			2		2023	3		
5 (3 fatais)		2022	9 (1 fatal)			13		2022	17 (2 fatais)			5		2022	2		
8		2021	5 (1 fatal)			2 (2 fatais)		2021	15			5 (1 fatal)		2021	6 (1 fatal)		
10 (2 fatais)		2020	3 (1 fatal)			6		2020	19 (3 fatais)			4 (1 fatal)		2020	2		
15 (1 fatal)		2019	9			8 (1 fatal)		2019	9 (1 fatal)			4		2019	1		
16 (2 fatais)		2018	8			18 (2 fatais)		2018	5 (1 fatal)			4		2018	6		
16 (1 fatal)		2017	4			10 (1 fatal)		2017	10 (1 fatal)			6 (2 fatais)		2017	3 (1 fatal)		
16 (2 fatais)		2016	8 (2 fatais)			11 (2 fatais)		2016	16 (1 fatal)			4		2016	6 (1 fatal)		
18 (2 fatais)		2015	11 (2 fatais)			13 (3 fatais)		2015	9			6 (2 fatais)		2015	6 (1 fatal)		
14 (3 fatais)		2014	8 (2 fatais)			11 (3 fatais)		2014	20 (2 fatais)			10 (2 fatais)		2014	5 (1 fatal)		
13		2013	13 (1 fatal)			4 (2 fatais)		2013	15 (1 fatal)			4 (2 fatais)		2013	1		
11		2012	6			9 (1 fatal)		2012	3 (2 fatais)			2 (1 fatal)		2012	2 (2 fatais)		
1 (2 fatais)		2011	8 (2 fatais)			13 (1 fatal)		2011	10 (1 fatal)			4 (1 fatal)		2011	1 (1 fatal)		
12 (2 fatais)		2010	12 (2 fatais)			9 (1 fatal)		2010	19 (5 fatais)			1		2010	2		
4 (1 fatal)		2009	13 (1 fatal)			10 (2 fatais)		2009	19 (2 fatais)			2 (1 fatal)		2009	1		
10		2008	9			11 (2 fatais)		2008	10 (3 fatais)			4 (1 fatal)		2008	1 (1 fatal)		
12 (2 fatais)		2007	5			8 (1 fatal)		2007	11 (1 fatal)			5 (1 fatal)		2007	0		

Fonte: Autora (2024)

Através da análise dos históricos de acidentes, constatou-se que os pontos 3, 4, 5, 6 e 7 encontram-se nos trechos que apresentam maior número de acidentes e fatalidades. Apesar do ponto 2 apresentar um baixo número de acidentes envolvendo veículos pesados, optou-se por ainda mantê-lo na análise devido aos seus valores relevantes para IVFP e volumes.

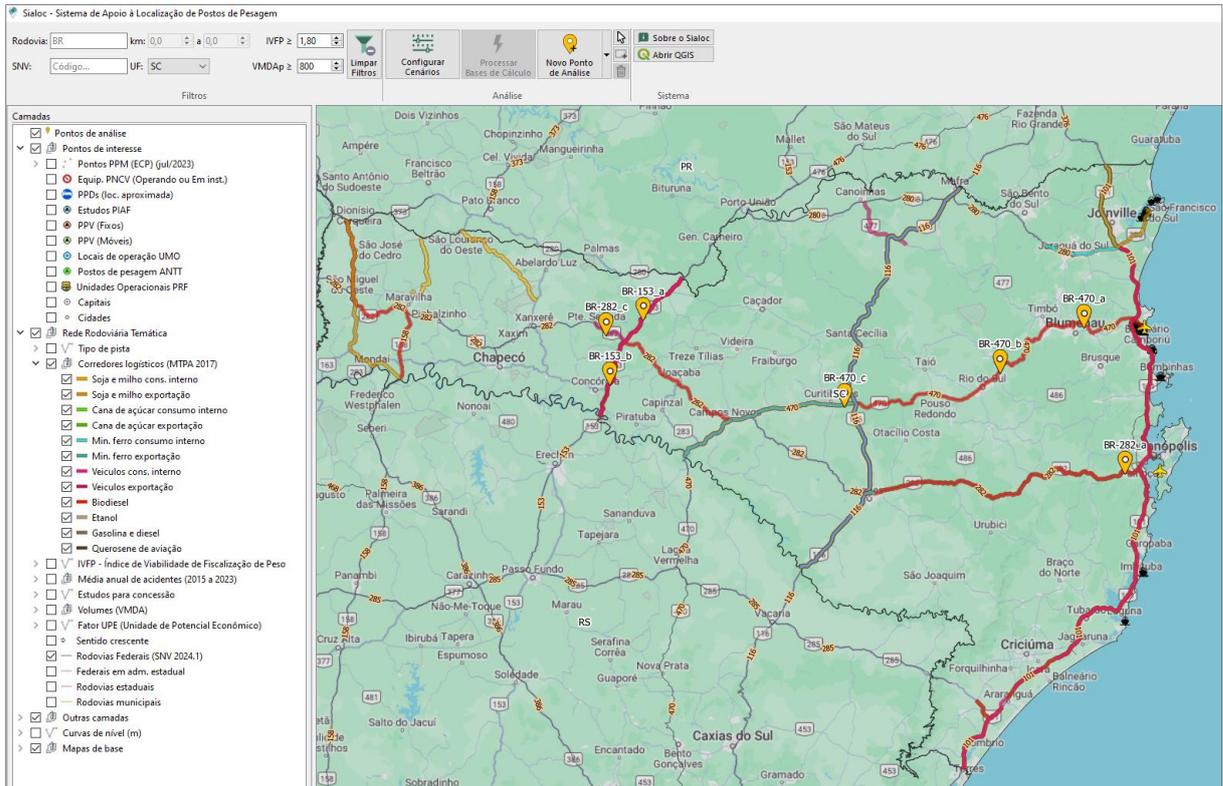
Com isso, deu-se continuidade à análise descartando o ponto 4.

4.5

VISUALIZAÇÃO DAS CAMADAS GEOGRÁFICAS NOS LOCAIS SELECIONADOS

No intuito de determinar os locais mais interessantes para a fiscalização de peso, é aconselhável analisar, também, as camadas de Corredores Logísticos, VMDA e locais escolhidos anteriormente pelo DNIT para estudos e/ou instalação de equipamentos. Dessa forma, a Figura 38 expõe os corredores logísticos que atravessam o estado de Santa Catarina.

Figura 38 – Camada de corredores logísticos de Santa Catarina



Fonte: Autora (2024)

Percebe-se que pelos sete locais selecionados passam corredores logísticos de carga, o que é um aspecto positivo para a fiscalização. Para visualizar quais são os corredores logísticos que passam por cada um dos pontos, foi clicado sobre cada um deles e verificado o item “Corredores logísticos”, da aba “geral” do painel de dados do trecho.

O Quadro 13 expõe, resumidamente, os corredores logísticos que atravessam cada um dos pontos de análise candidatos à implantação de fiscalização de peso.

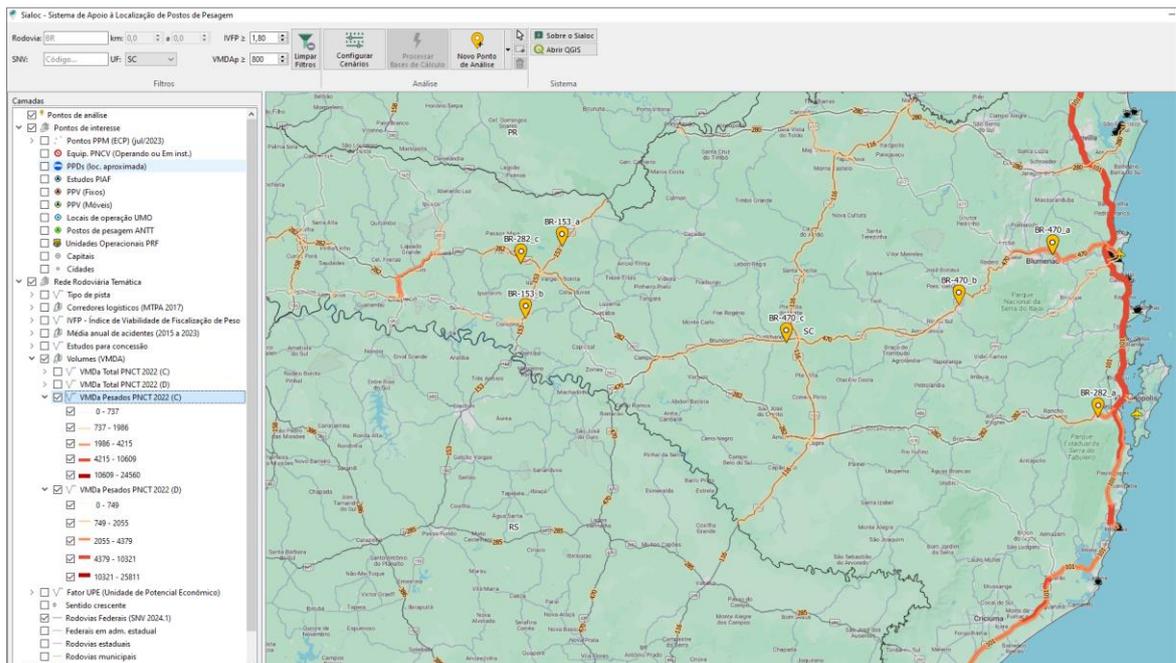
Quadro 13 – Corredores logísticos que passam pelos pontos de análise

ID ponto	Rodovia	Cód. SNV	Nome ponto	Corredores Logísticos
1	BR-153	153BSC1550	BR-153_a	Veículos consumo interno Veículos exportação Biodiesel
2	BR-153	153BSC1590	BR-153_b	Gasolina e diesel Veículos consumo interno Veículos exportação Biodiesel
3	BR-282	282BSC0030	BR-282_a	Gasolina e diesel Biodiesel
5	BR-282	282BSC0310	BR-282_c	Veículos exportação
6	BR-470	470BSC0060	BR-470_a	Biodiesel
7	BR-470	470BSC0160	BR-470_b	Biodiesel
8	BR-470	470BSC0210	BR-470_c	Min. de ferro consumo interno Biodiesel

Fonte: Autora (2024)

Através do Quadro 13 constatou-se que os pontos que apresentaram maior quantidade de corredores logísticos, portanto, foram os pontos 2 (com quatro corredores), 1 (com três corredores), 3 e 8 (com dois corredores cada). Os demais pontos apresentaram apenas um corredor cada. Na sequência, foi analisada a camada de VMDA de veículos pesados para os pontos candidatos (Figura 39).

Figura 39 – Volume Médio Diário Anual de veículos pesados no estado de Santa Catarina

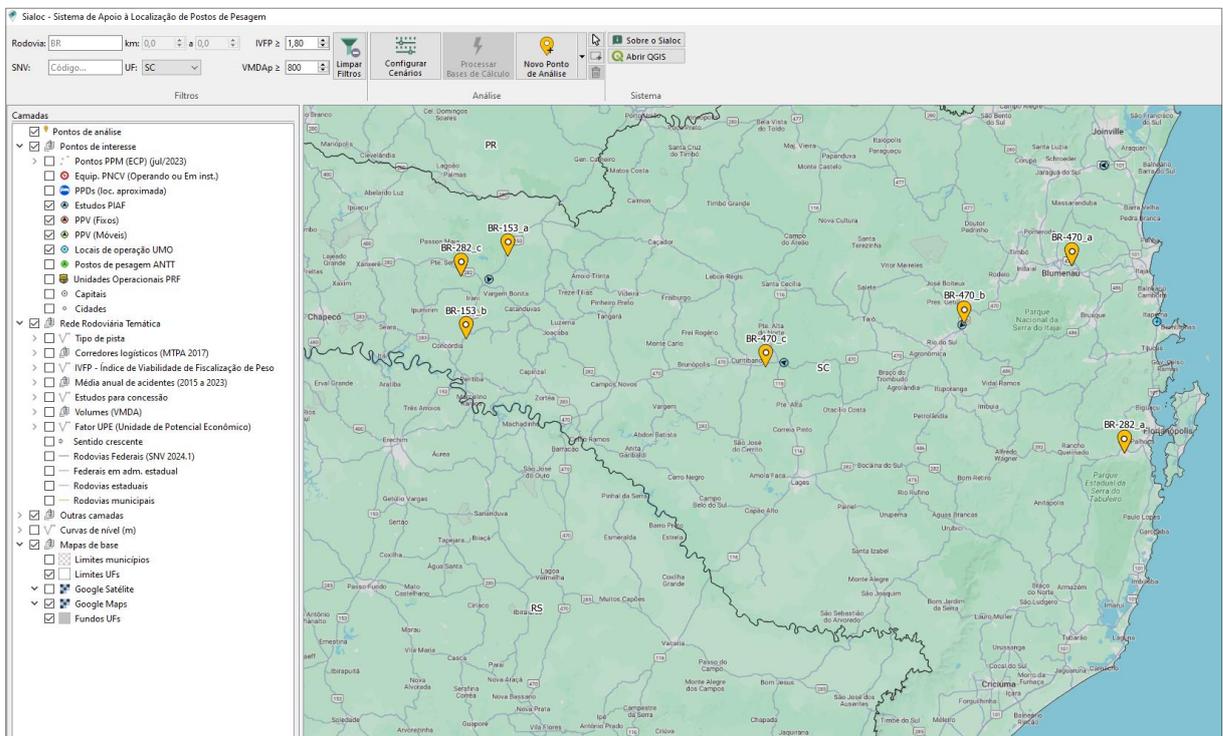


Fonte: Autora (2024)

Nesse aspecto, destacaram-se os pontos 3 e 6 por estarem localizados em trechos com maior volume de tráfego de veículos pesados, enquanto que os demais pontos se encontram localizados em trechos com volumes menores e bastante semelhantes entre si.

Por fim, investigou-se a existência de estudos anteriores na região, pois tal fato facilita a obtenção de dados relevantes para planejamento e construção dos PPMs, ou ainda, se já existem operações de fiscalização de peso (PPVs ou UMOs) nos locais candidatos. Dessa forma, foram ativadas e combinadas quatro camadas para esta etapa da análise: Estudos PIAF, PPV (Fixos), PPV (Móveis) e Locais de operação UMO.

Figura 40 – Locais escolhidos em estudos anteriores no estado de Santa Catarina



Fonte: Autora (2024)

Através da Figura 40 foi possível constatar que ocorreram estudos anteriores para implementação do PIAF nas rodovias BR-153 e BR-470, próximos aos pontos candidatos 1, 2, 7 e 8, motivo pelo qual os mesmos apresentam maior potencial de fiscalização neste critério do que os demais pontos.

Por fim, foi analisado cada ponto candidato individualmente quanto à sua localização e a presença de acessos e saídas em suas proximidades (que pudessem facilitar a indesejada evasão à fiscalização por parte dos condutores que praticam sobrepeso, a partir de rotas alternativas). Nessa última parte da análise, foram descartados os pontos 3, 6 e 7, que apesar de

se destacarem em outros critérios, podem ser facilmente evadidos através de ruas e estradas presentes em suas proximidades.

Dessa forma, levando em consideração o alto valor de IVFP, o maior número de acidentes com veículos pesados, o elevado volume de veículos pesados, a presença de corredores logísticos e de estudos anteriores; optando por selecionar, no máximo, um ponto por rodovia (afim de capturar fluxos distintos que atravessam o estado de Santa Catarina); e analisando cada ponto individualmente quanto à sua possibilidade de evasão, foram escolhidos os pontos: 2 (BR-153\_b), 5 (BR-282\_c) e 8 (BR-470\_c). O Quadro 14 resume os principais fatores de cada ponto.

Quadro 14 – Quadro-resumo dos pontos selecionados

ID	Rodovia	Cód. SNV	IVFP c	IVFP d	VMDAp c	VMDAp d	Corredores Logísticos
2	BR-153	153BSC1590	2,11	2,06	1511	1450	Gasolina e diesel Veículos consumo interno Veículos exportação Biodiesel
5	BR-282	282BSC0310	2,04	2,05	1596	1611	Veículos exportação
8	BR-470	470BSC0210	2,22	2,15	1809	1579	Min. De ferro consumo interno Biodiesel

Fonte: Autora (2024)

Através do Quadro 14 é possível observar que todos pontos selecionados apresentam  $IVFP \geq 2,00$  para ambos os sentidos, além de altos volumes de veículos pesados.

4.6

#### ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS NOS LOCAIS SELECIONADOS

Uma vez escolhidos os pontos para instalação dos PPMs, é interessante fazer uma conferência na localização dos mesmos, a fim de avaliar a viabilidade de instalação quanto à sinuosidade e curvatura do trecho, se o mesmo se encontra em área urbana ou especial, e ainda, se a região dispõe de infraestrutura elétrica (postes). O Quadro 15 exhibe as principais informações geográficas dos pontos escolhidos.

Quadro 15 – Informações geográficas dos pontos selecionados

ID	Rodovia	Cód. SNV	Km	Coordenadas (lat, long)	Município
2	BR-153	153BSC1590	92,5	(-27.187795, -51.933857)	Concórdia
5	BR-282	282BSC0310	449,9	(-26.919894, -51.954137)	Ponte Serrada
8	BR-470	470BSC0210	234,6	(-27.301985, -50.435459)	São Cristóvão do Sul

Fonte: Autora (2024)

Dessa forma, clicou-se em cada um dos pontos de modo a exibir o painel do ponto de análise, e, em seguida, clicou-se no botão “Ver no *Google Street View*”, obtendo visualizações dos locais. A Figura 41 exibe a visualização do ponto 2, localizado em Concórdia/SC.

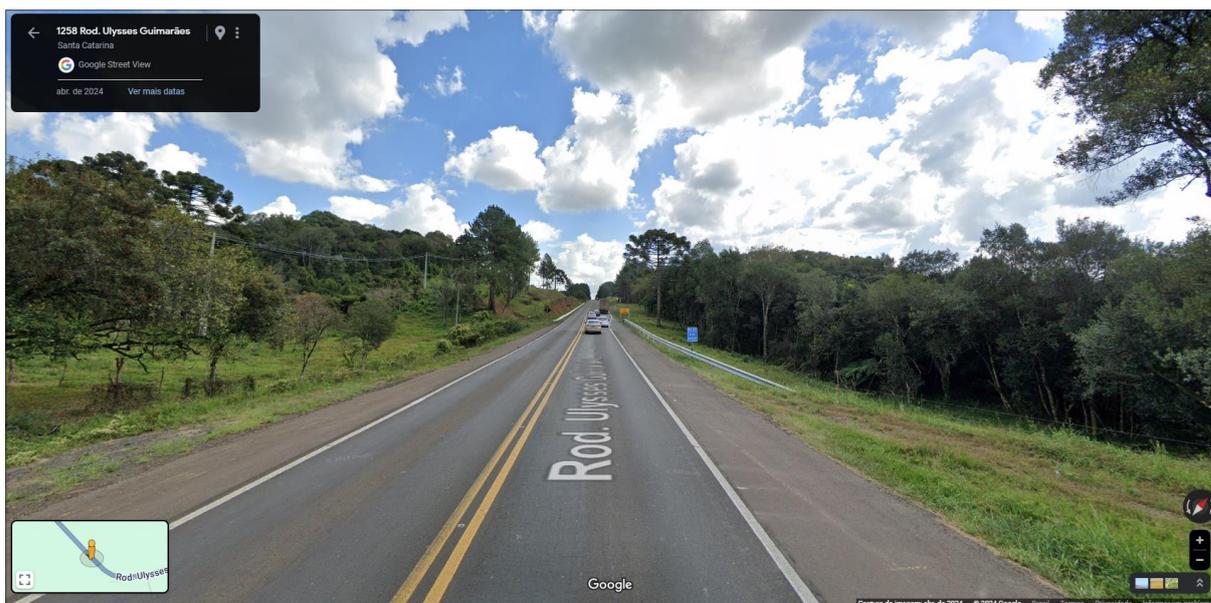
Figura 41 – Visualização do trecho destacado pelo ponto 2, no *Google Street View*



Fonte: Autora (2024)

Na Figura 42, é possível observar a visualização do ponto 5, localizado no município de Ponte Serrada/SC.

Figura 42 – Visualização do trecho destacado pelo ponto 5, no *Google Street View*



Fonte: Autora (2024)

A Figura 43, por sua vez, exibe a visualização do ponto 8, situado no município de São Cristóvão do Sul/SC.

Figura 43 – Visualização do trecho destacado pelo ponto 8, no *Google Street View*



Fonte: Autora (2024)

Com base nas imagens, percebe-se que os pontos se encontram em locais de pouca sinuosidade (variando de terreno plano à levemente inclinado), em trechos retilíneos de pista, e fora de áreas urbanas (o que diminui a tendência evasiva dos transportadores). Além disso, é possível identificar nas três imagens a presença de postes de instalação elétrica, fato que também facilita a implementação dos postos de pesagem.

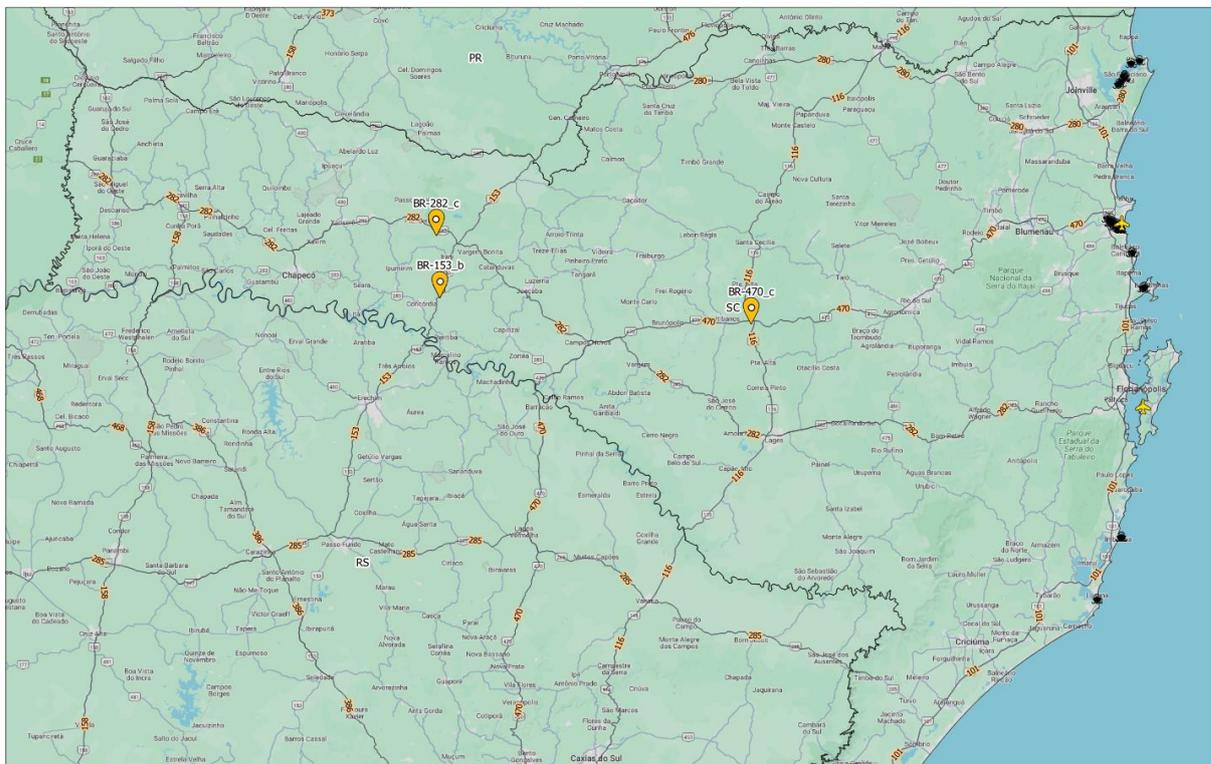
Também foi verificado se os locais escolhidos não se encontravam em áreas especiais. Para isso, foi ativada a camada “Outras Camadas” – que abrange as camadas geográficas de áreas edificadas, áreas quilombolas, áreas indígenas, assentamentos rurais e unidades de conservação –, e constatou-se que, de fato, nenhum ponto está inserido em áreas especiais.

4.7 Dito isso, os locais selecionados aparentam ser opções viáveis para a instalação de PPMs – no sentido crescente para o caso do ponto 2, e em ambos os sentidos para os pontos 5 e 8.

## RESULTADO DO ESTUDO DE CASO (SHAPEFILE)

Como resultado do estudo de caso da aplicação do Sialoc à malha rodoviária federal não concessionada de Santa Catarina, obteve-se o *shapefile* apresentado na Figura 44.

Figura 44 – Locais selecionados para a instalação de PPM na malha rodoviária federal de Santa Catarina



Fonte: Autora (2024)

A análise realizada neste trabalho é voltada especificamente para a localização de equipamentos de fiscalização de peso. No entanto, caso deseje-se utilizar o Sialoc para outras aplicações, é possível criar novos cenários de análise a partir da definição dos pesos dos critérios, processar as bases de cálculo, e prosseguir com a análise através da aplicação dos

5

## 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

### INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO

Nesse capítulo, os objetivos geral e específico são lembrados/retomados, demonstrando-se como foram atingidos no decorrer deste trabalho. Também são abordadas, nessas considerações finais, as reflexões sobre o problema de pesquisa, o desenvolvimento do trabalho e aplicação do Sialoc em si, além de recomendações para trabalhos futuros e uma breve reflexão sobre o fechamento do ciclo da autora.

## SOBRE A PERGUNTA DE PESQUISA

No que tange a questão norteadora desta pesquisa, “**Quais os principais fatores/requisitos para a localização de postos de pesagem no modo rodoviário brasileiro?**”, através da fundamentação teórica formulada (revisão bibliográfica e revisão sistemática) foram identificados como importantes os seguintes critérios na tomada de decisão: volume médio diário anual de veículos pesados (VMDAp), qualidade do pavimento (IRI), geometria da via (sinuosidade do trecho), histórico de infrações de sobrepeso, histórico de acidentes envolvendo veículos pesados, fator de potencial econômico, presença de corredor logístico no trecho, existência de estudo para concessão do trecho, existência ou previsão de obras no local, além da distância de locais estratégicos, de pontos já abordados em estudos anteriores, de postos de pesagem ativos.

Ademais, constatou-se que se deve evitar alocar postos e equipamentos de fiscalização em trechos inseridos em área urbana (fator que propicia a evasão à fiscalização), em unidades de conservação e em áreas especiais (terras indígenas, quilombolas e assentamentos rurais). Com isso, acredita-se que a pergunta de pesquisa foi devidamente respondida ao longo da execução deste trabalho.

5.3

## SOBRE OS OBJETIVOS

O desenvolvimento do presente trabalho se deu a partir problemática do estado de conservação das rodovias brasileiras, da conseqüente segurança viária e da necessidade de regulação do transporte rodoviário de cargas. Através da revisão bibliográfica, complementada pela revisão sistemática, buscou-se contextualizar e conceituar os principais assuntos pertinentes ao tema, envolvendo o histórico do desenvolvimento das rodovias e consolidação do rodoviarismo no Brasil, o histórico da indústria automobilística, bem como a dinâmica política e econômica do país. Também foram identificadas e abordadas as principais tecnologias de pesagem, as melhores práticas de pesagem em movimento, os métodos e critérios para localização de instalações de pesagem (com destaque para o Índice de Viabilidade de Fiscalização de Peso - IVFP, metodologia testada neste trabalho), além da legislação referente à regulação da fiscalização de peso, bem como os processos envolvidos no registro do transporte de cargas no Brasil.

Na metodologia, foram apresentados os métodos de pesquisa utilizados na realização do presente trabalho, inclusive no processo da revisão sistemática. Também foram

caracterizados os dados utilizados e suas respectivas fontes, e apresentados os aspectos técnicos e funcionalidades do Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem - Sialoc, software desenvolvido pela equipe técnica do Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans/UFSC) para uso do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), produto do projeto de pesquisa na qual a autora esteve inserida ao longo dos dois últimos anos de graduação.

Após a caracterização do *software* e dos dados obtidos, foi realizado um estudo de caso para a alocação de três Postos de Pesagem Mistos (PPMs) na malha rodoviária federal não concessionada do estado de Santa Catarina, utilizando o Sialoc. Foram detalhados todos os passos e tomadas de decisão envolvidos nesse processo, desde a configuração do cenário para o cálculo do IVFP, aplicação de filtros, criação dos pontos de análise, e análise das camadas geográficas para os locais candidatos. Além disso, realizou-se uma breve análise de viabilidade para os locais selecionados, comprovando a eficácia do método aplicado. Como produto desse estudo de caso, foi apresentado um mapa (*shapelifile*) da malha rodoviária federal do estado, contendo os pontos propostos para instalação dos postos de fiscalização de peso.

Dessa forma, concernente ao objetivo geral desta pesquisa, definido como “aplicar o modelo de apoio à tomada de decisão Sialoc na malha rodoviária federal catarinense, a partir de dados espaciais”, acredita-se que o mesmo foi atingido ao longo do desenvolvimento do estudo de caso para o estado de Santa Catarina.

Acerca dos objetivos específicos, tem-se:

- a) Identificar as tecnologias de pesagem em movimento adotadas no modo rodoviário (estado da arte): acredita-se que foi possível atingir esse objetivo através da fundamentação teórica apresentada.
- b) Abordar as melhores práticas de pesagem em movimento e de alocação de postos de pesagem (estado da prática): o objetivo considera-se atingido, uma vez que foram apresentadas as práticas e métodos, através da revisão da literatura, complementada pela revisão sistemática.
- c) Por meio de estudo de caso, na malha rodoviária federal catarinense não concessionada, analisar as funcionalidades do Sialoc: foi possível atingir este objetivo, através a apresentação do software e suas funcionalidades, seguido do estudo de caso desenvolvido.
- d) Propor um mapa das rodovias federais do estado de Santa Catarina (*shapefile*) com a indicação dos melhores locais para implementação de fiscalização de

peso: o objetivo foi atingido através do item 4.7 deste trabalho, que apresenta o mapa com os locais resultantes do estudo de caso realizado.

## PRINCIPAIS CONCLUSÕES/SISTEMA

5.4 A presente pesquisa abordou diversos aspectos relacionados ao transporte rodoviário de cargas, pesagem e a fiscalização de peso, apresentando um panorama atual do rodoviarismo no Brasil, discorrendo sobre pesagem em movimento (WIM) e sua regulação. Por se tratar de uma tecnologia em desenvolvimento, com sistemas em fase de teste, ressalta-se a importância do tema para aplicabilidade nas rodovias brasileiras.

Além da identificação dos principais fatores e requisitos que impactam na decisão de localização de equipamentos de fiscalização de peso nas rodovias brasileiras (citadas no item 5.2 deste capítulo), ao final da presente pesquisa, foi possível constatar a eficácia do método proposto por Franceschi et al. (2019), o IVFP, por meio da sua aplicação utilizando o Sialoc, através da verificação de viabilidade dos pontos propostos na malha rodoviária federal catarinense.

Também foi verificada a utilidade e eficiência do *software* Sialoc, enquanto se testava suas funcionalidades. O *software* apresentou um bom tempo de resposta em termos de configuração de cenário e reprocessamento das bases de cálculo, levando poucos minutos. Ademais, a localização de postos de pesagem é apenas uma das funcionalidades que o *software* propicia, apresentando versatilidade quanto a sua utilização no âmbito de análises de dados e planejamento de transportes.

Em maio de 2024 foi realizada a última atualização das bases de dados que alimentam o Sialoc. Com isso, constatou-se que, devido a atualizações no SNV, algumas bases cujos dados mais recentes são de anos anteriores, ficaram incompatíveis com a base atual do SNV. Dessa forma, esses dados ficaram invalidados, e foram removidos, por hora, do cálculo do IVFP. São eles: qualidade do pavimento (IRI), sinuosidade do trecho, fator de potencial econômico e distância de locais estudados anteriormente (PPV/PIAF). Ainda sim foram mantidas no sistema as camadas geográficas que representam esses dados, o que propiciou a conferência de cada um dos fatores para os pontos selecionados, durante a Análise de Viabilidade (item 4.6). No entanto, na qualidade de testadora do *software*, ressalta-se que foi possível notar que a retirada desses parâmetros do cálculo do IVFP culminou numa queda nos valores do índice para todos os trechos do país, quando comparado com os valores apresentados em versões anteriores.

Do ponto de vista de equipe técnica, normalmente seriam considerados bons valores de IVFP  $\geq 2,00$ . Tendo em vista a questão supracitada, e com o objetivo de tornar o estudo de caso aplicado para Santa Catarina mais dinâmico, optou-se por filtrar por valores IVFP  $\geq 1,80$ , afim de poder realizar todas as etapas de filtro, visualização e análise. Acredita-se que se fossem levados em consideração os fatores suprimidos do cálculo, os valores de IVFP para os trechos selecionados seriam maiores. No entanto, isso não afeta de forma significativa os resultados deste estudo de caso, uma vez que todos os trechos estão sujeitos ao mesmo cálculo, mantendo assim, proporcionalidade em seus resultados.

## RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.5 O Brasil se encontra em constante desenvolvimento no concernente a pesquisas tecnológicas, podendo citar o sítio de pesquisas da UFSC em Araranguá/SC, onde diversas empresas testam seus sistemas HS-WIM. Nesse sentido, sugere-se que o tema de pesagem em movimento siga sendo explorado em trabalhos futuros.

Ainda na temática do HS-WIM, outra linha de pesquisa com potencial de desenvolvimento, consiste em testes de alternativas economicamente viáveis de pavimentos propícios a instalação dos sensores de pesagem em movimento, uma área ainda pouco explorada no Brasil.

Tendo em vista o desenvolvimento do Ambiente Regulatório Experimental (Sandbox Regulatório) pela ANTT em 2023, sugere-se também que sejam realizadas pesquisas sobre instrumentos não-intrusivos e sistemas para a detecção e classificação de veículos, contribuindo para a futura implementação de pedágios eletrônicos (*Free Flow*).

Por fim, algumas recomendações futuras para o Sialoc consistem na atualização e compatibilização das bases de qualidade do pavimento (IRI), sinuosidade, fator de potencial econômico, e distâncias de locais estudados anteriormente, com a base de dados do SNV. Dessa forma, esses critérios podem voltar a ser inclusos no cálculo do IVFP do *software*, apresentando resultados mais embasados e confiáveis. Também se sugere a criação de um filtro no painel superior do *software* que possibilite filtrar as rodovias em função do seu IRI, aumentando as possibilidades de análise que envolvem pavimento e facilitando as pesquisas dos usuários.

Além disso, propõe-se a implementação de um recurso no *software* que possibilite, a partir da criação de um ponto de análise, a verificação das rotas alternativas existentes para evitar a passagem pelo ponto criado, apontando se essas rotas são economicamente viáveis do ponto de vista do transportador de carga. A implantação deste recurso é de grande importância

para a análise do comportamento evasivo dos motoristas, como também para verificação da eficiência da fiscalização, e, portanto, garantia do investimento por parte do órgão responsável.

## FECHAMENTO DO CICLO/SOBRE A AUTORA

5.6 Nascida e criada em Florianópolis, desde cedo tive meu avô (trabalhador da construção civil) como exemplo de garra e determinação. Foi através da construção civil que ele pôde proporcionar uma melhoria na qualidade de vida para a família, juntamente com o magistério de minha vó. Faço parte da primeira geração da nossa família a ter a oportunidade de cursar o ensino superior, e se hoje cheguei até aqui, com certeza devo isso aos meus ancestrais.

Tive a infância marcada por viagens de carro com meus pais, e numa época em que ainda não tínhamos fácil acesso à tecnologia, percorria cada quilômetro de rodovia com o caderninho Guia Quatro Rodas na mão, maravilhada com a quantidade de rodovias e com as possibilidades de lugares que elas podiam nos levar, sempre dando as coordenadas necessárias para meu pai. Nascia aí uma paixão pela área de transportes e infraestrutura (que só seria resgatada mais tarde), e o sonho de percorrer a rodovia BR-101 de ponta a ponta.

Nos meus 16 anos, o setor da construção civil estava no seu auge, e pude acompanhar meu pai empreender no ramo, o que consolidou a minha escolha pelo curso. Então, com 17 anos, iniciei o curso de Engenharia Civil na UFSC. Entretanto, os anos iniciais do curso foram um tanto difíceis, pois percebi que não me identificava com a área da construção civil, e fiquei um tanto desmotivada. Ao longo desse período, enfrentei uma depressão de três anos, perdi três dos meus avós, e por inúmeras vezes pensei em desistir e abandonar o curso. Em meio a tudo isso, me mantive firme graças à minha família e a uma bolsa que consegui no LabTrans, onde descobri todo o universo de transportes e logística, e me encontrei, de fato, na engenharia.

Foram inúmeros levantamentos rodoviários, cálculos e simulações, estudos sobre portos, aeroportos, ferrovias, túneis, pavimentos, obras de infraestrutura, pesagem em movimento, programação e novas tecnologias. Pude acompanhar todo o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, dos mapas do Guia Quatro Rodas, passando pelo GPS, evolução da internet, *Google Street View*, até a aplicação da IoT no setor automotivo (carros inteligentes). Sigo cada vez mais fascinada por essa área, que não para de se desenvolver, impactando na qualidade de vida de milhares de pessoas todos os dias, e apaixonada por viagens de carro (que se tornaram um hobby).

Por fim, sou muito grata por ter estudado em uma das melhores universidades públicas do país e da América Latina, que tem tanto impacto nas pesquisas e avanços tecnológicos

nacionais e internacionais. Muito além do ensino de qualidade, a UFSC me propiciou experiências nos setores público, privado e acadêmico, envolvimento social através da atuação em demandas da comunidade, contato e troca de conhecimento com pessoas das mais diversas idades e realidades, desenvolvimento de consciência política e de classe. Encerro este ciclo com um conhecimento muito vasto, porém ainda pequeno comparado aonde quero chegar, e motivada com a possibilidade de fazer a diferença na sociedade através de minha profissão.

## REFERÊNCIAS

- ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (São Paulo). **“Governar é abrir estradas”**: o concreto pavimentando os caminhos na formação de um novo país. São Paulo: Journey, 2009. Disponível em: [https://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/02/Livro\\_Governar\\_Abrir\\_Estradas\\_OK.pdf](https://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/02/Livro_Governar_Abrir_Estradas_OK.pdf). Acesso em: 11 nov. 2023.
- ALGADHI, S.A.H. (2002). **Optimizing Truck Weigh Stations’ Locations on the Highway Network of Saudi Arabia**. Journal of King Saud University - Engineering Sciences, 14(2), 147–163. doi:[https://doi.org/10.1016/S1018-3639\(18\)30750-5](https://doi.org/10.1016/S1018-3639(18)30750-5)
- AMMARAPALA, V., CHINDA, T., UDOMWORARAT, P., RONGWIRIYAPANICH, T., KHAMPANIT, A., SUANMALI, S., e SAMPHANWATTANACHAI, B. (2013). **Selection of weigh station locations in Thailand using the Analytic Hierarchy Process**. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 35(1), 81–90.
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. **Aeródromos [recurso eletrônico]**. Brasília: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/aerodromos>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário Anfavea: Indústria Automobilística Brasileira 2024**. São Paulo: ANFAVEA, 2024. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/anuarios-2/>. Acesso em: 25 abr. 2024.
- ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Informações Geográficas [recurso eletrônico]**. Brasília: ANTAQ, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/central-de-conteudos/informacoes-geograficas>. Acesso em: 24 fev. 2024.
- ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Concessionárias: Histórico**. Brasília: ANTT, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/concessionarias/historico>. Acesso em: 08 mar. 2024.
- ARSLAN, O.; JABALI, O.; LAPORTE, G. **Exact Solution of the Evasive Flow Capturing Problem**. Operations Research, v. 66, n. 6, p. 1625–1640, nov. 2018.
- BARBO, A.R.C., CORREIA, D.E.R., ENGELMANN, E.T., GUZEN, E.R., GOIS, G.A., QUEBAUD, M.R., ALI, M.M., SOUZA, N.M., QUEBAUD, S. **A evolução da regulação nas rodovias federais concedidas**. Revista ANTT, v. 2, n. 2, nov. 2010. Disponível em: [http://seminario.antt.gov.br/index.php/content/view/15143/A\\_EVOLUCAO\\_DA\\_REGULACAO\\_NAS\\_RODOVIAS\\_FEDERAIS\\_CONCEDIDAS.html](http://seminario.antt.gov.br/index.php/content/view/15143/A_EVOLUCAO_DA_REGULACAO_NAS_RODOVIAS_FEDERAIS_CONCEDIDAS.html). Acesso em: 11 dez. 2023.
- BIELSCHOWSKY, R. **Estratégia de desenvolvimento e as três frentes de expansão no Brasil: um desenho conceitual**. Economia e Sociedade, v. 21, n. especial, 2012.
- BOGYRBAYEVA, A.; KWON, C. **Pessimistic evasive flow capturing problems**. European Journal of Operational Research, v. 293, n. 1, p. 133–148, ago. 2021.
- BRASILEIRO, A. HENRY, E. **Viação ilimitada: ônibus das cidades brasileiras**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1999.

BRASIL. **Corredores Logísticos Estratégicos**. Brasília: MTR, 2018a. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/cle>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto de 3 de agosto de 1993**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/dnn/anterior\\_a\\_2000/1993/Dnn1613.htm#:~:text=DECRETO%20DE%203%20DE%20AGOSTO,29%20de%20setembro%20de%201992](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior_a_2000/1993/Dnn1613.htm#:~:text=DECRETO%20DE%203%20DE%20AGOSTO,29%20de%20setembro%20de%201992). Acesso em: 29 mai. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 24.497, de 29 de junho de 1934**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24497-29-junho-1934-526330-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 5.141, de 05 de janeiro de 1927**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-5141-5-janeiro-1927-562830-publicacaooriginal-86934-pl.html>. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto-lei nº 8.463, de 27 de dezembro de 1945**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1937-1946/del8463.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del8463.htm). Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 39.412, 16 de junho de 1956**. 1956a. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-39412-16-junho-1956-332154-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em 30 de jan. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 39.568, de 12 de julho de 1956**. 1956b. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-39568-12-julho-1956-333904-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 30 jan. 2024.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.106, de 16 de junho de 1970**. Disponível em: [https://planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/1965-1988/Del1106.htm#:~:text=DECRETO%20DLEI%20N%C2%BA%201.106%2C%20DE%2016%20DE%20JUNHO%20DE%201970.&text=Cria%20o%20Programa%20de%20Integra%C3%A7%C3%A3o,fiscais%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs](https://planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1965-1988/Del1106.htm#:~:text=DECRETO%20DLEI%20N%C2%BA%201.106%2C%20DE%2016%20DE%20JUNHO%20DE%201970.&text=Cria%20o%20Programa%20de%20Integra%C3%A7%C3%A3o,fiscais%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs). Acesso em: 25 fev. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 6.025, de 22 de janeiro de 2007**. 2007a. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6025.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6025.htm). Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 7.470, de 04 de maio de 2011**. 2011a. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/decreto/d7470.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7470.htm). Acesso em: 12 nov. 2023.

BRASIL. **Extrato de Termo de Execução Descentralizada nº 48/2021, de 09 de fevereiro de 2021**. Diário Oficial da União: seção 3. Brasília, DF. n. 27, p. 3-82. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/acesso-a-informacao/convenios/termos-de-execucao-descentralizada/ted-no-48-2021-00/TED48202100PUBLICAO.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2023.

BRASIL. **Instrução normativa nº 50/DNIT SEDE, de 26 de agosto de 2021**. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de-conteudos/atos-normativos/tipo/instrucao-normativa/2021/in-50-2021-dir-ba-164-de-30-08-2021.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 2.004, de 03 de outubro de 1953**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L2004.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L2004.htm). Acesso em: 30 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 4.592, de 29 de dezembro de 1964**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/l4592.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l4592.htm). Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973**. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/download/sistema-nacional-de-viacao/pnv-lei-5.917/PNV\\_Lei%20no%205917%20de%2010%20setembro%20de%201973.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/download/sistema-nacional-de-viacao/pnv-lei-5.917/PNV_Lei%20no%205917%20de%2010%20setembro%20de%201973.pdf). Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.277, de 10 de maio de 1996**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9277.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9277.htm). Acesso em 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9503compilado.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm). Acesso em 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.233, de 05 de junho de 2001**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10233.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10233.htm). Acesso em 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.442, de 5 de janeiro de 2007**. 2007b. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11442.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11442.htm). Acesso em: 24 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.578, de 26 de novembro de 2007**. 2007c. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/Lei/L11578.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11578.htm). Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.379, de 06 de janeiro de 2011**. 2011b. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12379.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12379.htm). Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/l13334.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13334.htm). Acesso em: 25 fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018**. 2018b. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/l13755.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13755.htm). Acesso em: 24 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021**. 2021c. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Lei/L14273.htm#art76](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14273.htm#art76). Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 11.632, de 11 de agosto de 2023**. 2023a. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11632.htm#art13](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11632.htm#art13). Acesso em: 19 nov. 2023.

BRASIL. **Plano Diretor Nacional Estratégico de Pesagem**. Brasília: DNIT, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/audienciapublica-pdnet.pdf>. Acesso em: 24 set. 2023.

BRASIL. **Portaria nº 19, de 12 de janeiro de 2022**. Brasília/DF: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-19-de-12-de-janeiro-de-2022-375564556>. Acesso em: 26 jul. 2023.

BRASIL. **Programa de Metas do Presidente Juscelino Kubitschek (1956 – 1960)**. Rio de Janeiro: Conselho de Desenvolvimento, 1958. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5291773/mod\\_resource/content/1/Plano%20de%20Metas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5291773/mod_resource/content/1/Plano%20de%20Metas.pdf). Acesso em: 12 nov. 2023.

BRASIL. **Solicitar cadastro de transportador no RNTRC (Cadastro RNTRC)**. 2023b. Brasília: Serviços e Informações do Brasil, 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-cadastro-de-transportador-no-rntrc#:~:text=A%20explora%C3%A7%C3%A3o%20da%20atividade%20econ%C3%B4mica,Rodovi%C3%A1rios%20de%20Cargas%20\(RNTRC\)](https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-cadastro-de-transportador-no-rntrc#:~:text=A%20explora%C3%A7%C3%A3o%20da%20atividade%20econ%C3%B4mica,Rodovi%C3%A1rios%20de%20Cargas%20(RNTRC)). Acesso em: 24 jan. 2024.

BRASIL. Presidência da república. **Plano Trienal de Desenvolvimento Econômico e Social 1963 – 1965**. Rio de Janeiro: IBGE, 1962. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3691693/mod\\_resource/content/1/Presidencia%20da%20Republica%20Plano%20Trienal%201963-65\\_PDF\\_OCR.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3691693/mod_resource/content/1/Presidencia%20da%20Republica%20Plano%20Trienal%201963-65_PDF_OCR.pdf). Acesso em: 12 nov. 2023.

CAMARA, M.V.O., VIEIRA, B.S., FERRARI, T., QUADROS, S.G.R., RIBEIRO, G. M. A **hybrid solution method for the bi-objective traffic counting location problem using previous origin-destination trip tables**. Optimization and Engineering, v. 24, p. 2693–2725, dez. 2023.

CASTRO, N. **Privatização e regulação dos transportes no Brasil**. In: CAIXETA-FILHO, J. V., MARTINS, R. S. (Org.). Gestão logística do transporte de cargas. São Paulo: Atlas, 2001.

CHEIROBIM, M. **O Caminhoneiro na estrada**. Perspectivas, São Paulo, vol. 7: 113-125, 1984. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/perspectivas/article/view/1828/1496>. Acesso em: 05 nov. 2023.

COIRO, D., ARRIOLA, M. (2016). **Implementation and economic benefit of a wim enforcement system**. Proceedings of the International Conference on Weigh-in-motion (p. 226–240).

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução CONTRAN nº 882, de 13 de dezembro de 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/Resolucao8822021.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2024.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução CONTRAN nº 902, de 09 de março de 2022.** 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/Resolucao9022022.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2024.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução CONTRAN nº 916, de 28 de março de 2022.** 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/Resolucao9162022.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2024.

COST. COST 323: **Weigh-in-Motion of Road Vehicles: Final Report. European WIM Specification.** Paris, 2002. Disponível em: [https://www.is-wim.org/doc/wim\\_eu\\_specs\\_cost323.pdf](https://www.is-wim.org/doc/wim_eu_specs_cost323.pdf). Acesso em: 23 jan. 2024.

COTTRELL, J.B.H. (1992). **The Avoidance of Weigh Stations in Virginia by Overweight Trucks.** Charlottesville, 1992. Disponível em: [http://www.virginiadot.org/vtrc/main/online\\_reports/pdf/93-r2.pdf](http://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/93-r2.pdf). Acesso em: 25 ago. 2023.

CNT - Confederação Nacional dos Transportes (2024). **Boletim Unificado - Abril 2024.** Brasília: CNT, 2024. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 11 mai. 2024.

CNT - Confederação Nacional do Transporte (2023). **Pesquisa CNT de Rodovias 2023.** Brasil: CNT, 2023. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>. Acesso em: 01 fev. 2024.

CUNAGIN, W., MICKLER, W.A., WRIGHT, C. (1997). **Evasion of Weight-Enforcement Stations by Trucks.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1570(1), 181–190. doi:10.3141/1570-21

DAUDT, G., WILLCOX, L.D. **Indústria Automotiva. Visão 2035: Brasil, país desenvolvido.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167\\_industria\\_automotiva\\_compl\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167_industria_automotiva_compl_P.pdf). Acesso em: 13 jan. 2024.

DE-LA-TORRE-UGARTE, M. C. et al. **Revisão sistemática: noções gerais.** Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 45, n. 5, p. 1260-1266, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/CRjvBKKvRRGL7vGsZLQ8bQj/?format=pdf>. Acesso em: 12 fev. 2024.

DETRAN-SC. **Campanha Maio Amarelo é lançada nacionalmente e iniciam ações em Santa Catarina.** 2023. Disponível em: <https://www.detran.sc.gov.br/campanha-maio-amarelo-e-lancada-nacionalmente-e-iniciam-acoes-em-santa-catarina/#:~:text=J%C3%A1%20no%20que%20diz%20respeito,Santa%20Catarina%2C%20com%20925%20%C3%B3bitos..> Acesso em: 18 set. 2023.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (Brasil). **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis.** Rio de Janeiro: DNER, 1981. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/667\\_metodo\\_de\\_projeto\\_de\\_pavimentos\\_flexiveis.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/667_metodo_de_projeto_de_pavimentos_flexiveis.pdf). Acesso em: 03 fev. 2024.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Audiência Pública - Postos de Pesagem Mistos - PPM**. Brasília: DNIT, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/licitacoes/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2021/postos-de-pesagem-mistos-ppm>. Acesso em: 16 mar. 2024.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **PIAF: Posto Integrado Automatizado de Fiscalização**. Brasília: DNIT, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/piaf>. Acesso em: 16 mar. 2024.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT). **Estimativa do Volume Médio Diário Anual – VMDA [recurso eletrônico]**. Brasília: DNIT, 2022. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/Modelagem>. Acesso em: 10 jan. 2024.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **PNCT - Plano Nacional de Contagem de Tráfego: Histórico**. Brasília: DNIT, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/planejamento/contagem-de-trafego#Historico>. Acesso em: 20 jan. 2024.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Presidente Lula destaca qualidade das rodovias federais brasileiras**. Brasília: DNIT, 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/presidente-lula-destaca-qualidade-das-rodovias-federais-brasileiras>. Acesso em: 11 nov. 2023.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Repositório compartilhado por DNITGeo Geotecnologias Aplicadas [recurso eletrônico]**. Brasília: DNIT, 2024. Disponível em: [https://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAiNr?path=SNV%20Bases%20Geom%C3%A9tricas%20\(2013-Atual\)%20\(SHP\)](https://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAiNr?path=SNV%20Bases%20Geom%C3%A9tricas%20(2013-Atual)%20(SHP)). Acesso em: 10 jan. 2024.

DOLCEMASCOLO, V., FERNANDEZ, J., JACOB, B., KLEIN, E. (2016). **French policy to prevent overloading**. B. Jacob & F. Schmidt (Eds), Proceedings of the International Conference on Weigh-In-Motion (p. 206–214). International Society for Weigh-In-Motion.

DONATO, H., DONATO, M. **Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática**. Acta Médica Portuguesa, v. 32, n. 3, 2019. Disponível em: <https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/download/11923/5635>. Acesso em: 12 fev. 2024.

DRIESSEN, V. **A successful Git branching model**. 2010. Disponível em: <https://nvie.com/posts/a-successful-git-branching-model/>. Acesso em: 11 dez. 2023.

ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc. ArcGIS Enterprise. **Shapefiles**. Copyright © 2024 Esri. Disponível em: <https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/shapefiles.htm#:~:text=Um%20shapefile%20%C3%A9%20um%20formato,cont%C3%A9m%20uma%20classe%20de%20fei%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 28 mai. 2024.

ESTADÃO. **Brasil ruma para a eletrificação completa dos veículos de carga**. 2021a. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/brasil-ruma-para-a-eletrificacao-completa-dos-veiculos-de-carga/>. Acesso em: 07 fev. 2024.

ESTADÃO. **e-Delivery, o caminhão elétrico da Volkswagen, entra em produção no Brasil**. 2021b. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/e-delivery-o-caminhao-eletrico-da-volkswagen-entra-em-producao-no-brasil/>. Acesso em: 07 fev. 2024.

FAPEU - Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. **Desempenho dos Sistemas HS-WIM em Araranguá/SC em Testes com Veículos de Peso Conhecido (II)**. Florianópolis, 2024. 83 p.

FARO, C., SILVA, S. L. Q. (1991). A década de 50 e o Programa de Metas. In: GOMES, A. C. (Org.). **O Brasil de JK**. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

FAUSTO, B. **História concisa do Brasil**. 3. ed. 1. Reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2018.

FERNANDES, R.M.S. **O Programa de Investimento em Logística (PIL): diretrizes, objetivos e desfechos**. Geosul, v. 35, n. 76, p. 453-470, Florianópolis, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.5007/2177-5230.2020v35n76p453>. Acesso em: 11 nov. 2023.

FERRARI, P. E. **Benefícios da arquitetura de software: saiba por que ela é importante**. 2022. Disponível em: [https://programathor.com.br/blog/beneficios\\_da\\_arquitetura\\_de\\_software/](https://programathor.com.br/blog/beneficios_da_arquitetura_de_software/). Acesso em: 09 jan. 2024.

FERREIRA-NETO, F. **150 anos de transportes no Brasil 1822/1972**. Brasília: Ministério dos Transportes, 1974.

FERREIRA, Wladimir Jansen (comp.). **Mapas CICLOS ECONÔMICOS do BRASIL**. 2012. Disponível em: <https://profwladimir.blogspot.com/2012/02/mapas-ciclos-economicos-brasil.html>. Acesso em: 26 nov. 2023.

FGV. Fundação Getúlio Vargas (Brasil). **Atlas Histórico do Brasil: Estradas de rodagem – a expansão de 1957-1964**. 2023. Disponível em: <https://atlas.fgv.br/marcos/governo-juscelino-kubitschek-1956-1961/mapas/estradas-de-rodagem-expansao-de-1957-1964>. Acesso em: 29 nov. 2023.

FORD, Henry. **Os Princípios da prosperidade: Minha vida e minha obra**. Tradução de Monteiro Lobato. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1967.

FRANÇA JR., O. **Jorge, um brasileiro**. 10. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1967.

FRANCESCHI, L., OTTO, G. G., KAESEMODEL, L., VALENTE, A. M. (2020). **Effects of drivers' evasive behavior on the placement of automated enforcement equipment in highway systems**. TRANSPORTES, v. 28, n. 5, p. 235–251. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2233>. Acesso em: 26 ago. 2023.

FRANCESCHI, L., OTTO, G.G., KAESEMODEL, L., VALENTE, A.M. (2019). **Elaboração de um processo multicritérios para apoio à localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias**. In: Anais 33 Congresso Da ANPET-Balneário Camboriú-SC. 2019. Disponível em:

[https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Modelos%20e%20T%C3%A9cnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelagem%20Aplicada%20ao%20Transporte%20de%20Cargas/5\\_14\\_AC.pdf](https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Modelos%20e%20T%C3%A9cnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelagem%20Aplicada%20ao%20Transporte%20de%20Cargas/5_14_AC.pdf). Acesso em: 26 ago. 2023.

FUNAI - Fundação Nacional dos Povos Indígenas. **Terras Indígenas: Dados Geoespaciais e Mapas [recurso eletrônico]**. Brasília: FUNAI, 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GATTÁS, R. **A indústria automobilística e a 2ª Revolução industrial no Brasil: Origens e perspectivas**. São Paulo: Prelo, 1981.

GÔMARA, A. R. B. **O transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros: Um acrescentamento histórico**. Brasília: ABRATI, 1999.

GONZÁLEZ, P. H., CLÍMACO, G., MAURI, G.R., VIEIRA, B.S., RIBEIRO, G.M., ORRICO FILHO, R.D., SIMONETTI, L., PERIM, L.R., HOFFMANN, I.C.S. **New approaches for the traffic counting location problem**. *Expert Systems with Applications*, v. 132, p. 189–198, out. 2019.

HABERT, N. **A década de 70: Apogeu e crise da ditadura militar brasileira**. São Paulo: Ática, 1992.

HAFFNER, J. A. H. **A CEPAL e a industrialização brasileira (1950 – 1960)**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002. Disponível em:

[https://www.academia.edu/37067242/A\\_CEPAL\\_e\\_a\\_Industrializa%C3%A7%C3%A3o\\_Brasileira\\_Jacqueline\\_A\\_H\\_Haffner](https://www.academia.edu/37067242/A_CEPAL_e_a_Industrializa%C3%A7%C3%A3o_Brasileira_Jacqueline_A_H_Haffner). Acesso em: 25 nov. 2023.

HAN, L. D., KO, S.-S., GU, Z., e JEONG, M. K. (2012). **Adaptive weigh-in-motion algorithms for truck weight enforcement**. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, 256–269. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trc.2012.01.010>

HODGSON, M.J. (1990). **A Flow-Capturing Location-Allocation Model**. *Geographical Analysis*, 22(3), 270–279. doi:10.1111/j.1538-4632.1990.tb00210.x

HOOSHMAND, F., MIRHASSANI, S. A. **An Effective Bilevel Programming Approach for the Evasive Flow Capturing Location Problem**. *Networks and Spatial Economics*, v. 18, n. 4, p. 909–935, 1 dez. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Urbanizadas [recurso eletrônico]**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 10 jan. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal [recurso eletrônico]**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Dados geoespaciais de referência da Cartografia Nacional e dados temáticos produzidos no ICMBio [recurso eletrônico]**. Brasília: ICMBio, 2024. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados\\_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais). Acesso em: 24 fev. 2024.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Acervo Fundiário [recurso eletrônico]**. Brasília: INCRA, 2021. Disponível em:

<https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PPI - Programa de Parcerias de Investimentos. Projetos. Brasília: PPI, 2023. Disponível em: <https://www.ppi.gov.br/projetos/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **OIML: Organização Internacional de Metrologia Legal**. Brasília: INMETRO, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/dicionario-linguagem-simples/de-a-a-z/o/organizacao-internacional-de-metrologia-legal-oiml>. Acesso em: 11 jan. 2024.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Uma análise dos investimentos na infraestrutura rodoviária federal nos anos oitenta**. Brasília: IPEA, junho de 1992. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1582/1/td\\_0270.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1582/1/td_0270.pdf). Acesso em: 11 dez. 2023.

JACOB, B., BEAUMELLE, V.F. La, 2010. **Improving truck safety: potential of weigh-in-motion technology**, IATSS Research 34(1):9-15, July.

JACOB, B., COTTINEAU, L.-M. (2016). **Weigh-in-motion for Direct Enforcement of Overloaded Commercial Vehicles**. Transportation Research Procedia, 14, 1413–1422. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.214>.

JINYU, J., XU, Z., ZHONGZHEN, Y. **Locating Control Stations for Mobile Monitoring of Overloaded Trucks on Rural Highways**. IEEE Access, v. 8, p. 65821–65829, 2020.

JOVANOVIĆ, I., ŠELMIĆ, M., NIKOLIĆ, M. **Metaheuristic approach to optimize placement of detectors in transport networks — case study of Serbia**. Canadian Journal of Civil Engineering, v. 46, n. 3, p. 176-187, mar. 2019.

KAPRON, R.A. **História do trabalho dos caminhoneiros no Brasil: Profissão, Jornada e Ações Políticas**. 2012. Dissertação (Mestrado em História). Programa de Pós-graduação em História. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas-RS. Disponível em [http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/2147/1/Rafael\\_Antonio\\_Kapron\\_Dissertacao.pdf](http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/2147/1/Rafael_Antonio_Kapron_Dissertacao.pdf). Acesso em: 19 jan. 2024.

KUCINSKI, B. **O que são multinacionais**. São Paulo: Brasiliense, 1986.

KULOVIĆ, M., INJAC, Z., DAVIDOVIĆ, S., POSAVAC, I. **Modelling Truck Weigh Stations' Locations based on Truck Traffic Flow and Overweight Violation: A Case**

**Study in Bosnia and Herzegovina.** PROMET - Traffic&Transportation, v. 30, n. 2, p. 163–171, 20 abr. 2018.

LabTrans - Laboratório de Transportes e Logística (UFSC). **Arquitetura de Software.** Florianópolis: LabTrans, 2023. Disponível em: <https://bookstack-dnit.labtrans.ufsc.br/books/desenvolvimento-do-sialoc/page/arquitetura-de-software>. Acesso em: 29 nov. 2023.

LabTrans - Laboratório de Transportes e Logística. **Sistema de Apoio à Localização de Postos de Pesagem (Sialoc).** Versão 2.5.2. Software. Florianópolis: LabTrans, 2024.

LAMBERT, Jacques. **Os dois Brasis.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1971.

LU, C-C., YAN, S., KO, H-C., CHEN, H-J. **A Bilevel Model With a Solution Algorithm for Locating Weigh-In-Motion Stations.** IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, v. 19, n. 2, p. 380-389, fev. 2018.

LUO, X., NIU, L., ZHANG, S. **An Algorithm for Traffic Flow Prediction Based on Improved SARIMA and GA.** KSCE Journal of Civil Engineering, v. 22, n. 10, p. 4107-4115, 31 out. 2018.

MACIEL, D.P., CARVALHO, L.M., LEMES, F.L. **Integração nacional no Brasil: as grandes rodovias da Amazônia (1970-1979).** Dimensões: Revista de História da Ufes, v. 44, p. 89-120, 2020.

MAHMOUDABADI, A., SEYEDHOSSEINI, S.M. (2013). **Improving the efficiency of Weigh in Motion systems through optimized allocating truck checking oriented procedure.** IATSS Research, 36(2), 123–128. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2012.08.002>

MARCHADOUR, Y., e JACOB, B. (2008). **Development and implementation of a wim network for enforcement in France.** Proceedings of the International Conference on Weigh-In-Motion (p. 266–274). International Society for Weigh-In-Motion.

MARKOVIĆ, N., RYZHOV, I. O., SCHONFELD, P. (2017). **Evasive flow capture: A multi-period stochastic facility location problem with independent demand.** European Journal of Operational Research, v. 257, n. 2, p. 687-703, mar. 2017.

MARKOVIĆ, N., RYZHOV, I.O., SCHONFELD, P. (2015). **Evasive flow capture: Optimal location of weigh-in-motion systems, tollbooths, and security checkpoints.** Networks, 65(1), 22–42. doi:10.1002/net.21581

MARTIN, A., KEATHLEY, V.J., KISSICK, J.J., WALTON, J.R. (2014). **Coordinating the Use and Location of Weigh-InMotion Technology for Kentucky.** Lexington. Disponível em: [https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=2422&context=ktc\\_researchreports](https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=2422&context=ktc_researchreports). Acesso em: 29 set. 2023.

MInfra - Ministério da Infraestrutura (Brasil). **Plano Nacional de Logística (PNL) 2035: Resumo executivo.** Brasília: MInfra, 2020. Disponível em:

<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/ResumoExecutivoPNL2035final.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MOREIRA, D.L. **Uma breve abordagem histórica do desenvolvimento do rodoviarismo e do transporte rodoviário de cargas no Brasil**. *Faces da História*, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 155–174, 2023. Disponível em: <https://seer.assis.unesp.br/index.php/facesdahistoria/article/view/2473>. Acesso em: 09 jan. 2024.

MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (Brasil). **Corredores Logísticos Estratégicos (2017-2020) [recurso eletrônico]**. Brasília: MTPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/corredores-logisticos-estrategicos-2017-2020>. Acesso em: 30 nov. 2023.

MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (Brasil). **Corredores Logísticos Estratégicos. Volume I – Complexo de Soja e milho**. Brasília: MTPA, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/cle>. Acesso em: 08 nov. 2023.

MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (Brasil). **Corredores Logísticos Estratégicos. Volume II – Complexo de Minério de Ferro**. Brasília: MTPA, 2018a. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/cle>. Acesso em: 08 nov. 2023.

MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (Brasil). **Corredores Logísticos Estratégicos. Volume III – Complexo de Veículos Automotores**. Brasília: MTPA, 2018b. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/cle>. Acesso em: 08 nov. 2023.

MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (Brasil). **Corredores Logísticos Estratégicos. Volume IV – Complexo da Cana-de-Açúcar**. Brasília: MTPA, 2018c. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/cle>. Acesso em: 08 nov. 2023.

MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (Brasil). **Corredores Logísticos Estratégicos. Volume VI – Petróleo e Combustíveis**. Brasília: MTPA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/cle>. Acesso em: 08 nov. 2023.

MTR - Ministério dos Transportes (Brasil). **Governo Federal encerra 2022 com 104 obras de transportes entregues à população**. Brasília: MTR, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2022/12/governo-federal-encerra-2022-com-104-obras-de-transportes-entregues-a-populacao>. Acesso em: 12 nov. 2023.

NUNES, Ivanilde. **Acumulação de capitais e sistemas de transportes terrestres no Brasil**. In: FILHO, Alcides Goularti; QUEIROZ, Paulo Roberto Cimó. *Transportes e formação Regional: Contribuição à história do transporte no Brasil*, p. 11. Dourados: Ed. UFGD, 2011.

O'BRIEN, E., JEHAES, S. (2002). **COST 323: Weight-in-Motion of Road Vehicles**, Final Report.

OIML. **OIML R 134-1: Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads - Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.** [S.l.]:

Organisation Internationale de Métrologie Légale, 2006, 81p. Disponível em:  
[https://www.oiml.org/en/files/pdf\\_r/r134-1-e06.pdf](https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r134-1-e06.pdf). Acesso em: 26 jan. 2024.

OLIVEIRA, S. V. W. B. de; GIRALDI, J. E. **Tipos de Pesquisas.** São Paulo, SP, 2020.

Apresentação das Prof<sup>as</sup>. Dr<sup>as</sup>. Sonia V. W. Borges de Oliveira e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Janaina E. Giralda da Universidade de São Paulo – USP. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148198/mod\\_resource/content/1/Aula%204%20Tipos%20de%20Pesquisas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148198/mod_resource/content/1/Aula%204%20Tipos%20de%20Pesquisas.pdf). Acesso em: 26 nov. 2023.

OMS. Organização Mundial de Saúde. **Plano Global - Década de Ação pela Segurança do Trânsito.** Genebra: OMS, 2021. Disponível em: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/global-plan-for-the-decade-of-road-safety-2021-2030-pt.pdf?sfvrsn=65cf34c8\\_35&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/global-plan-for-the-decade-of-road-safety-2021-2030-pt.pdf?sfvrsn=65cf34c8_35&download=true). Acesso em: 18 set. 2023.

OTTO, G. G. (2018). **Estudo da relação sensor-pavimento para aumento da precisão de sistemas de pesagem em movimento.** Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis. 321 p.

OTTO, G. G., FRANCESCHI, L., DELLAROZA, L. F. G., TANI, V. Z., e VALENTE, A. M. (2019). **Impacts of the Lack of Weight Enforcement on Maintenance Costs of the Brazilian Roadway Network. Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-In-Motion.** Disponível em: <https://www.labtrans.ufsc.br/wp-content/uploads/2021/01/IMPACTS-OF-THE-LACK-OF-WEIGHT-ENFORCEMENT-ON-MAINTENANCE.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2023.

OWAIS, M., EL DEEB, M., ABBAS, Y. A. **Distributing Portable Excess Speed Detectors in AL Riyadh City.** International Journal of Civil Engineering, v. 18, n. 11, p. 1301-1314, 2020.

PAULA, D.A. 2001. **Nos trilhos do passado, questionando o presente: a extinção de ramais ferroviários.** IV Congresso Brasileiro de história Econômica e 5 Conferência Internacional de história de Empresas. Disponível em:

[https://www.abphe.org.br/arquivos/dilma-andrade-de-paula\\_1.pdf](https://www.abphe.org.br/arquivos/dilma-andrade-de-paula_1.pdf). Acesso em: 18 nov. 2023.

PEREIRA, L. A. G.; LESSA, S. N. **O Processo de Planejamento e Desenvolvimento do Transporte Rodoviário no Brasil.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 12, n. 40, p. 26–45, 2011. DOI: 10.14393/RCG124016414. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16414>. Acesso em: 7 nov. 2023.

PLANALTO (Brasil). **Novo PAC vai investir R\$ 1,7 trilhão em todos os estados do Brasil.** Brasília: Planalto, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/08/novo-pac-vai-investir-r-1-7-trilhao-em-todos-os-estados-do-brasil>. Acesso em: 21 nov. 2023.

PNCT - Plano Nacional de Contagem de Tráfego. **Classes edital nº 811/2012 - Classificação Veicular PNCT**. Brasília: DNIT, 2012. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/Inicio/institucional>. Acesso em: 08 jan. 2024.

PPI - Programa de Parcerias de Investimentos. **Projetos**. Brasília: PPI, 2023. Disponível em: <https://www.ppi.gov.br/projetos/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PRADO, L.C.D., EARP, F.S. **O milagre brasileiro: crescimento acelerado, integração internacional e concentração de renda (1967-1973)**. O tempo da ditadura: regime militar e movimentos sociais em fins do século XX. 8. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.

PRF - Polícia Rodoviária Federal. **Dados Abertos da PRF: BAT- Boletim de Acidente de Trânsito [recurso eletrônico]**. Brasília: PRF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-da-prf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PRF - Polícia Rodoviária Federal. **PRF em SC - Balanço de acidentes e balanço operacional 2023**. Florianópolis: PRF, 2024.

RNTRC - Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas. **Cadastro na ANTT**. Disponível em: <https://rntrcnacional.com.br/antt/cadastro/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

RUIZ, J.A. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. São Paulo: Atlas, 1985.

RYGUŁA, A., BRZOZOWSKI, K., MACZYŃSKI, A. **Limitations of the effectiveness of Weigh in Motion systems**. Open Engineering, v. 10, n. 1, p. 183-196, 17 mar. 2020.

SANTOS, A. M. M. S., PINHÃO, C. M. A. **Pólos automotivos brasileiros**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.10, p.173-200, set. 1999.

SECOM - Secretaria de Comunicação Social (Brasil). **Investimentos em infraestrutura voltam a ser prioridade**. Brasília: SECOM, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2023/12/governo-lula-recupera-investimentos-na-infraestrutura-do-brasil>. Acesso em: 13 jan. 2024.

SERRANO, F., SUMMA, R. **A desaceleração rudimentar da economia brasileira desde 2011**. Oikos, v. 11, n. 2, p. 166-202, 2012.

SOBRATEMA - Associação Brasileira de Tecnologia para Construção e Mineração. **Revista Grandes Construções: Especial Rodovias**, n. 95, p. 7. São Paulo: SOBRATEMA, 2020. Disponível em: <https://grandesconstrucoes.com.br/Edicoes/Visualizar?IDEdicao=95>. Acesso em: 12 nov. 2023.

STACKELBERG, H. V. **The Theory of the Market Economy**. Oxford University Press, 1952.

STRATHMAN, J.G., THEISEN, G. (2002). **Weight enforcement and evasion: Oregon case study**.

VALENTE, M. T. **Engenharia de Software Moderna: princípios e práticas para desenvolvimento de software com produtividade**. Belo Horizonte: DCC/UFMG, 2020. Disponível em: <https://engsoftmoderna.info/cap7.html>. Acesso em: 09 jan. 2024.

VIEIRA, B. S., FERRARI, T., RIBEIRO, G.M., BAHIENSE, L., ORRICO FILHO, R.D., ABRAMIDES, C.A., CAMPOS JÚNIOR, N. F. R. **A progressive hybrid set covering based algorithm for the traffic counting location problem**. Expert Systems with Applications, v. 160, p. 113641, dez. 2020.

VWCO - Volkswagen Caminhões e Ônibus. **VWCO testa o maior caminhão elétrico fabricado no Brasil**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.vwco.com.br/news/453>. Acesso em: 07 fev. 2024.

**ANEXO I**  
**CLASSIFICAÇÃO VEICULAR DE ACORDO COM O**  
**PLANO NACIONAL DE CONTAGEM DE TRÁFEGO (PNCT)**

Classificação Veicular PNCT

Classe veicular (n.º 0112012 - Classificação Veicular PNCT)				
Classe / Estat. 0112012	Qtd. eixos	Compostos	Símbolos (Ícones)	Nomenclatura DNIT
A	2	Ônibus		200
		Camionê simples		30
B	3	Ônibus traxado		380
		Camionê traxado		30
		Camionê traxado		393
C	4	Camionê ou 1) (seccional) traxado		420
				392
		Camionê ou 2) (seccional) traxado		381
				393
		Camionê + rebocador		212
		Camionê + 2 semirreboques		216
D	5	Camionê + Semirreboque		230
				31
				31
		Camionê traxado + semirreboque		392
				31
		Camionê + rebocador		212
		Camionê traxado + rebocador		312
		Camionê + Semirreboque + rebocador		293
E	6	Camionê + dos semirreboques		316
				310
				330
		Camionê + Semirreboque		393
				31
				31
		Camionê traxado + rebocador		412
		Camionê + rebocador		294
		Plataforma + 3 eixos + Camionê traxado + rebocador		313
		Camionê traxado + semirreboque + rebocador		393
F	7	Camionê + Semirreboque + rebocador		294
				214
				214
		Plataforma + 3 eixos + Camionê traxado + rebocador		313
		Camionê traxado + semirreboque + rebocador		393
		Camionê + Semirreboque + rebocador		214
				214
		Camionê traxado + dos semirreboques		310
G	8	Camionê traxado + semirreboque + rebocador		493
		Plataforma + 3 eixos + Camionê traxado + rebocador		314
		Camionê traxado + semirreboque + rebocador		314
H	9	Camionê traxado + semirreboque + rebocador		314
				314
		Camionê traxado + semirreboque + rebocador		314
		Camionê traxado + semirreboque + rebocador		314
I	2	Camionê traxado + dos semirreboques		395
				395
J	3	Camionê traxado + semirreboque + rebocador		335
		Camionê + dos rebocadores		395
K	9	Camionê traxado + dos semirreboques		396
		Plataforma + Camionê traxado + semirreboque + rebocador com 4 eixos		370
L	2	Tir-Trem + Camionê traxado + três semirreboques		398
				398
M	2	Veículo de passeio e utilitário		10
		Motocicletas		10
N	-	Outros		1