

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Iago Manancezzi Silva

**DETERMINAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO IDEAL DE PONTOS DE PARADA E
DESCANSO EM RODOVIAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Belo Horizonte - MG

2026

Iago Manancezzi Silva

**DETERMINAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO IDEAL DE PONTOS DE PARADA E
DESCANSO EM RODOVIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Renato Guimarães Ribeiro

Coorientador: Agmar Bento Teodoro

Silva, Iago Manancezzi.
S586a Determinação da localização ideal de pontos de parada e
descanso em rodovias / Iago Manancezzi Silva. – 2026.
75 f. : il.
Orientador: Renato Guimarães Ribeiro.
Coorientador: Agmar Bento Teodoro.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais, Graduação em Engenharia
de Transportes, Belo Horizonte, 2026.
Bibliografia.

1. Engenharia de transportes. 2. Transporte rodoviário de carga.
3. Áreas de descanso à beira da estrada. 4. Motoristas de caminhões.
I. Ribeiro, Renato Guimarães. II. Teodoro, Agmar Bento. III. Título.
CDD: 388.1



FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC Nº 9 / 2026 - CETR (11.51.07)

Nº do Protocolo: 23062.035377/2026-06

Belo Horizonte-MG, 08 de julho de 2026.

Iago Manancezzi Silva

DETERMINAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO IDEAL DE PONTOS DE PARADA E DESCANSO EM RODOVIAS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Atividade de Projeto Final de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em 18 de junho de 2026

Banca examinadora:

Dr. Renato Guimarães Ribeiro — Orientador

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Dr. Agmar Bento Teodoro — Coorientador

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

M.^a Bianca Gonçalves Lara

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Esp. Danielle Saranh Galdino Duarte Garcia

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

BELO HORIZONTE
2026

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 10:57)
AGMAR BENTO TEODORO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3685785

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 12:06)
BIANCA GONCALVES LARA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3522649

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 10:57)
DANIELLE SARANH GALDINO DUARTE GARCIA
PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO
DET (11.55.11)
Matrícula: 1099775

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 17:04)
RENATO GUIMARAES RIBEIRO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 1523341

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número:
9, ano: **2026**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC**, data de emissão: **08/07/2026** e o código de verificação:
0bf1c262a6

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela oportunidade, pela força e pela perseverança ao longo de toda esta trajetória acadêmica e profissional.

À minha mãe, Lilian Cristina, expresso minha mais profunda gratidão por todo amor, apoio, dedicação e incentivo incondicional ao longo da minha vida. Sua força, cuidado e confiança sempre foram fundamentais em todos os momentos desta caminhada.

Ao meu pai, Jose Osmar, agradeço pelos ensinamentos, pelo exemplo de trabalho e pela contribuição essencial na construção dos meus valores pessoais e profissionais.

À minha irmã, Agata Manancezzi, agradeço pelo companheirismo, apoio e presença constante durante toda essa jornada.

À minha namorada, Gabriela Amorim, agradeço pela paciência, incentivo, compreensão e apoio nos momentos mais desafiadores desta etapa. Sua presença foi fundamental para que este trabalho pudesse ser concluído.

Aos professores Renato Guimarães, Agmar Bento e André Guerra, deixo meu sincero agradecimento por toda contribuição acadêmica e profissional ao longo da minha trajetória. Os ensinamentos, orientações e experiências compartilhadas foram fundamentais para minha formação como engenheiro de transportes e para meu desenvolvimento profissional.

Agradeço também aos demais professores do Departamento de Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, pelos conhecimentos transmitidos e pela dedicação à formação dos alunos.

Aos meus familiares, amigos e colegas, agradeço pelo apoio, incentivo e compreensão durante toda essa caminhada.

Aos colegas de trabalho da Infraplan Consultoria, agradeço pela convivência diária, pela troca de experiências e pelo constante aprendizado profissional, que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste trabalho e para minha formação técnica.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha trajetória acadêmica e profissional.

SILVA, IAGO M. S. **Determinação da localização ideal de pontos de parada e descanso em rodovias**. 2026. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2026.

RESUMO

O transporte rodoviário de cargas possui papel estratégico na logística brasileira, sendo responsável pela maior parte da movimentação de mercadorias no país. Nesse contexto, a existência de Pontos de Parada e Descanso (PPDs) adequados é fundamental para garantir melhores condições operacionais aos motoristas profissionais, contribuindo para a redução da fadiga, o aumento da segurança viária e o cumprimento da legislação vigente. Apesar disso, observa-se deficiência na oferta de áreas regulamentadas de descanso ao longo das rodovias brasileiras. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia para determinação da localização ideal de novos Pontos de Parada e Descanso em rodovias, tendo como aplicação prática o trecho da BR-040 compreendido entre Belo Horizonte/MG e Cristalina/GO. Para isso, foram utilizados dados públicos disponibilizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e pelo Governo Federal, incluindo pesquisas Origem-Destino, contagens volumétricas classificatórias, dados históricos de tráfego de praças de pedágio e informações provenientes dos estudos de concessão da rodovia. A metodologia proposta baseou-se na integração entre modelagem de tráfego, análise de captação de viagens, segmentação homogênea da rodovia e avaliação dos tempos de deslocamento associados à jornada dos motoristas profissionais. Os resultados demonstraram que a metodologia proposta permite identificar, de forma integrada, os trechos mais adequados para implantação de áreas de descanso, considerando simultaneamente critérios operacionais, espaciais e legais. Por fim, conclui-se que a metodologia desenvolvida pode contribuir para o planejamento da infraestrutura rodoviária, promovendo maior segurança viária, melhores condições de trabalho aos caminhoneiros e maior eficiência logística no transporte rodoviário de cargas.

Palavras-chave: transporte rodoviário de cargas; pontos de parada e descanso; modelagem de tráfego; trechos homogêneos; caminhoneiros.

SILVA, IAGO M. S. **Determination of the Ideal Location of Truck Parking and Rest Areas on Highways.** 2026. 86 p. Undergraduate Final Report. Transportation Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG), 2026.

ABSTRACT

Road freight transportation plays a strategic role in Brazilian logistics, being responsible for most of the movement of goods throughout the country. In this context, the existence of adequate Truck Parking and Rest Areas (TPRAs) is essential to ensure better operational conditions for professional drivers, contributing to fatigue reduction, increased road safety, and compliance with current legislation. Despite this, there is still a shortage of regulated rest areas along Brazilian highways. Given this scenario, the present study aimed to develop a methodology for determining the ideal location of new Truck Parking and Rest Areas on highways, using as a case study the BR-040 highway segment between Belo Horizonte/MG and Cristalina/GO. For this purpose, public data provided by the Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) and the Federal Government were used, including Origin-Destination surveys, classified traffic counts, historical toll plaza traffic data, and information from highway concession studies. The proposed methodology was based on the integration of traffic modeling, trip capture analysis, homogeneous road segment classification, and travel time evaluation associated with professional drivers' working hours. The results demonstrated that the proposed methodology makes it possible to identify, in an integrated manner, the most suitable segments for the implementation of rest areas, simultaneously considering operational, spatial, and legal criteria. Finally, it is concluded that the developed methodology can contribute to highway infrastructure planning, promoting greater road safety, improved working conditions for truck drivers, and higher logistical efficiency in road freight transportation.

Keywords: road freight transportation; truck parking and rest areas; traffic modeling; homogeneous segments; truck drivers.

LISTA DE SIGLAS

ADI. Ação Direta de Inconstitucionalidade
ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres
API. Application Programming Interface
BPR. Bureau of Public Roads
CLT. Consolidação das Leis do Trabalho
CNT. Confederação Nacional do Transporte
DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GEH. Geoffrey E. Havers
HCM. Highway Capacity Manual
MTE. Ministério do Trabalho e Emprego
MTP. *Ministério do Trabalho e Previdência*
OD. *Origem-Destino*
ODME. Origin-Destination Matrix Estimation
PER. Programa de Exploração da Rodovia
PPD. *Posto de Parada e Descanso*
RMBH. Região Metropolitana de Belo Horizonte
SEPRT. *Secretaria Especial de Previdência e Trabalho*
STF. *Supremo Tribunal Federal*
TH. Trechos Homogêneos
TRB. *Transportation Research Board*
VBA. Visual Basic for Applications
VDM. *Volume Diário Médio*
VDMA. Volume Diário Médio Anual
VDMac. Volume Diário Médio Anual de Caminhões

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Trecho em estudo	18
Figura 2: Etapas a serem seguidas pelo método proposto	19
Figura 3: Localização dos Postos de Pesquisa de Origem e Destino – Lote Rota dos Cristais	21
Figura 4: Localização dos Postos de Pesquisa de Origem e Destino – Lote Rota dos Cristais	22
Figura 5: Rede rodoviária de simulação utilizada no estudo	25
Figura 6: Esquema representativo da obtenção de matrizes OD por trecho homogêneo	29
Figura 7: Exemplo do código VBA.....	31
Figura 8: Distância e tempo de viagem calculadas pelo Bing Maps.....	32
Figura 9: Trechos homogêneos em estudo	42
Figura 10: Rede calibrada para a situação atual	44
Figura 11: Percentual de viagens capturadas por segmento	46
Figura 12: Posto de parada de descanso existente	51
Figura 13: Proposição de localização dos PPDs.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Legislação vigente sobre a jornada do motorista profissional	6
Tabela 2: Comparação entre a Lei dos Motoristas e ADI 5322	8
Tabela 3: Trabalhos desenvolvidos sobre Pontos de Parada e Descanso para caminhoneiros	9
Tabela 4: Volume médio de veículos por posto e por categoria – BR-040/GO/MG ..	22
Tabela 5: Segmentos Homogêneos do PER.....	23
Tabela 6: Exemplo da correção das velocidades dos caminhões	32
Tabela 7: Trechos homogêneos do estudo	40
Tabela 8: Resultado da GEH por praça	44
Tabela 9: Ranking dos trechos homogêneos quanto à avaliação de viagens capturadas.....	46
Tabela 10: Jornada de trabalho dos motoristas	48
Tabela 11: Percentual de viagens potenciais	49
Tabela 12: Resultado da combinação dos trechos.....	52
Tabela 13: Possíveis pares de implantação de Pontos de Parada e Descanso (PPDs)	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Volume diário médio anual - 2025	34
Gráfico 2: Volume total de caminhões por sentido	34
Gráfico 3: Principais pares OD comerciais leves - Sentido Norte.....	36
Gráfico 3: Principais pares OD comerciais leves - Sentido Sul	36
Gráfico 4: Principais pares OD comerciais pesados - Sentido Norte	36
Gráfico 4: Principais pares OD comerciais pesados - Sentido Sul	36
Gráfico 5: Propriedade dos caminhões	37
Gráfico 6: Carregamento dos caminhões	38
Gráfico 7: Principais cargas transportadas por caminhões leves	39
Gráfico 8: Principais cargas transportadas por veículo comercial pesado	39
Gráfico 9: Frequência de viagem dos caminhões	40
Gráfico 10: Calibração final do modelo após ajuste sintético	43
Gráfico 11: Volume captado por trecho homogêneo	45
Gráfico 12: Segmentação dos tempos de viagem	49
Gráfico 13: Número de viagens potenciais entre 5 e 6 h e 9 e 10 h por trecho.....	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Justificativa.....	3
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1. Legislação e Regulamentação no Brasil	5
2.2. Infraestrutura e operação dos PPD	9
2.3. Saúde, fadiga e segurança viária	12
2.4. Fluxos de Tráfego e Modelagem.....	14
2.5. Trechos Homogêneos Rodoviários	16
3. METODOLOGIA	18
3.1. Sistematização da Metodologia	18
3.2. Levantamento de dados.....	20
3.3. Definição dos trechos homogêneos	24
3.4. Modelagem e simulação dos fluxos de tráfego	25
3.5. Análise de cobertura dos trechos.....	28
3.6. Análise dos tempos de viagem	29
4. RESULTADOS.....	33
4.1. Caracterização do trecho em estudo.....	33
4.2. Definição de trechos homogêneos	40
4.3. Modelagem e simulação dos fluxos de tráfego	43
4.4. Análise de cobertura dos trechos.....	45
4.5. Análise dos tempos de viagem	47
4.6. Resultado dos trechos e proposição dos locais	51
5. CONCLUSÃO	56

REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICE	63

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a contextualização da problemática relacionada à análise para determinação de novos locais de parada e descanso destinados a caminhoneiros em rodovias.

De acordo com o estudo de paradas realizado pelo programa SOS Estradas (2015), a existência de locais seguros para o descanso dos motoristas é indispensável para a recuperação das condições ideais de trabalho e, conseqüentemente, para a redução do número de acidentes nas rodovias. Nesse sentido, o presente estudo busca avaliar essa questão de forma sistemática.

Complementarmente, são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos, definidos com vistas ao desenvolvimento das análises que fundamentam e justificam a realização deste trabalho.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O transporte rodoviário constitui a espinha dorsal da logística no Brasil, responsável pelo transporte de mais de 65% das cargas no país e por atender quase 95% dos passageiros. (CNT, 2024).

De maneira geral, esse modo é o mais expressivo no transporte de cargas no país, alcançando praticamente todos os pontos do território nacional. Tal predominância consolidou-se a partir da década de 1950, com a implantação da indústria automobilística e a intensificação da pavimentação das rodovias (Ribeiro; Ferreira, 2002). A forte dependência em relação ao transporte rodoviário ficou evidente durante a paralisação nacional dos caminhoneiros, em junho de 2018, quando a interrupção das atividades provocou desabastecimento e afetou diversos serviços essenciais (Alves *et al.*, 2018).

Essa predominância revela não apenas a importância econômica do modo rodoviário, mas também a dependência estrutural do país em relação à sua malha viária. No entanto, essa centralidade é acompanhada por desafios sociais e ocupacionais significativos, especialmente para os motoristas profissionais, cuja rotina envolve

longas jornadas, pressão por prazos e exposição a condições adversas de trabalho, fatores que impactam diretamente sua saúde física e mental (Batista *et al.*, 2021).

Entre os principais problemas enfrentados pelos motoristas profissionais estão a fadiga, o estresse ocupacional, a falta de segurança nas estradas e a ausência de locais adequados para repouso. Estudos indicam que a fadiga ao volante pode ter efeitos comparáveis ao consumo de álcool, representando um risco significativo para a segurança viária. Essa condição não afeta apenas os caminhoneiros, mas também outros usuários das rodovias, configurando-se como um problema de saúde pública (Yao *et al.*, 2019; Herman *et al.*, 2014).

É nesse contexto que surgem os Postos de Parada e Descanso (PPD), regulamentados no Brasil pela Lei nº 13.103/2015, conhecida como “Lei do Motorista”, e posteriormente detalhados pela Resolução ANTT nº 6.054/2024 (BRASIL, 2015; ANTT, 2024). De acordo com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), os PPD são concebidos como pontos de parada localizados à beira das rodovias, que garantam a parada segura do veículo e proporcionem o repouso necessário ao profissional, contribuindo para a segurança viária e a saúde ocupacional dos motoristas.

A ausência de pontos adequados para descanso é um fator determinante para o aumento do número de sinistros nas rodovias. Motoristas submetidos a jornadas extensas sem locais apropriados para repouso estão mais propensos a sofrer de fadiga, uma condição que tem relação causal direta com os acidentes e agravos na saúde dos motoristas profissionais (Silva *et al.*, 2024).

A literatura sugere a importância de se melhorar a infraestrutura rodoviária para a diminuição de acidentes relacionados à fadiga, sendo comum a visualização de grandes vias terrestres sem oferta de locais adequados de parada e estacionamento seguro para os transportadores de carga no Brasil (Silva *et al.*, 2024).

1.2. OBJETIVOS

A partir da contextualização da problemática central do estudo e de seus elementos característicos, este subcapítulo apresenta os objetivos que delimitam a abrangência pretendida para o trabalho. O objetivo geral representa a meta principal a ser

alcançada por meio das análises propostas, enquanto os objetivos específicos detalham os resultados esperados.

Geral

O presente estudo tem como objetivo a proposição de uma metodologia para determinar a localização ideal para implantação de novos Postos de Parada e Descanso (PPD) em rodovias.

Específicos

Para viabilizar o alcance do objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema, de modo a avaliar o estado da arte relacionado à problemática em estudo;
- Avaliar os locais de parada já existentes no sistema rodoviário, reconhecidos pela concessionária responsável pela administração do trecho;
- Caracterizar e modelar os fluxos de tráfego relevantes, com base nas pesquisas de origem e destino realizadas pelo governo para subsidiar os estudos de estruturação da concessão;
- Segmentar o sistema rodoviário em trechos homogêneos, considerando como referência os principais entroncamentos rodoviários existentes;
- Selecionar os locais para implantação do PPD, com base nos fluxos de tráfego obtidos no modelo de tráfego, apresentando uma análise comparativa dos trechos mais adequados para a implantação.

1.3. JUSTIFICATIVA

Diante do contexto apresentado no Subcapítulo 1.1, é possível perceber que a disponibilidade de Postos de Parada e Descanso (PPDs) constitui um aspecto essencial para a segurança viária no transporte rodoviário de cargas. Além de atender à legislação disposta na Lei nº 13.103/2015, conhecida como “Lei do Motorista”, os PPDs desempenham um papel crucial ao oferecer locais seguros para descanso, com infraestrutura adequada em termos de segurança, conforto e condições sanitárias, conforme estabelecido em portarias do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Estudos demonstram que a realização de pausas regulares durante a jornada de direção reduz significativamente o risco de acidentes. Chen e Xie (2014a, 2014b) observaram que o risco de acidentes diminuiu entre 68% e 69,6% quando pausas foram realizadas, enquanto Meuleners et al. (2017) indicaram que a probabilidade de sinistros quase dobra quando descansos não são feitos após cerca de 2 horas de condução.

Diante desse cenário, a identificação e o planejamento de novos locais para PPDs se tornam instrumentos estratégicos para aumentar a segurança viária, reduzindo a fadiga dos motoristas e mitigando riscos à integridade física dos profissionais e de todos os demais usuários das rodovias brasileiras.

Assim, a pergunta norteadora do trabalho busca compreender: Como pode ser desenvolvida uma metodologia para a definição de novos pontos de parada e descanso, considerando critérios de segurança, acessibilidade e conformidade com as normas legais vigentes?

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura tem por finalidade apresentar os conceitos essenciais para a compreensão, tanto teórica quanto prática, da relevância do tema abordado neste trabalho. Adicionalmente, busca esclarecer os termos e conceitos utilizados ao longo do estudo, evidenciando a problemática que fundamenta sua realização. As informações e definições apresentadas foram elaboradas com base em materiais técnicos e acadêmicos relevantes sobre o tema em análise.

2.1. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL

A Lei 13.103/2015, principal legislação vigente sobre Postos de Parada e Descanso (PPD), dispõe acerca da profissão de motorista no Brasil. Segundo a lei, é vedado ao motorista profissional dirigir por mais de 5 horas e meia ininterruptas, sejam veículos de transporte rodoviário coletivo de passageiros ou de transporte rodoviário de cargas (Brasil, 2015).

No transporte de carga, devem ser observados 30 minutos para descanso dentro de cada 6 horas na condução do veículo, sendo facultado o seu fracionamento e o tempo de direção desde que não ultrapassadas cinco horas e meia contínuas no exercício da condução. No transporte rodoviário de passageiros, serão observados 30 minutos para descanso a cada 4 horas, sendo facultado o seu fracionamento e o do tempo de direção (Brasil, 2015).

Além disso, o condutor é obrigado, dentro do período de 24 horas, a assegurar 11 horas de descanso, sendo facultados o seu fracionamento e a coincidência com os períodos de parada obrigatória na condução do veículo, garantido o mínimo de 8 horas ininterruptas no primeiro período e o gozo do remanescente dentro das 16 horas seguintes (Brasil, 2015).

A Tabela 1 sintetiza os principais dispositivos da Lei nº 13.103/2015 e do Decreto nº 8.433/2016 relativos às condições de espera, repouso e PPDs.

Tabela 1: Legislação vigente sobre a jornada do motorista profissional

Tipo	Número	Ano	Artigo	Informação
Lei	13.103	2015	6º	A jornada diária de trabalho do motorista profissional será de 8 (oito) horas, admitindo-se a sua prorrogação por até 2 (duas) horas extraordinárias ou, mediante previsão em convenção ou acordo coletivo, por até 4 (quatro) horas extraordinárias.
Lei	13.103	2015	6º	Será considerado como trabalho efetivo o tempo em que o motorista empregado estiver à disposição do empregador, excluídos os intervalos para refeição, repouso e descanso e o tempo de espera.
Lei	13.103	2015	6º	Será assegurado ao motorista profissional empregado intervalo mínimo de 1 (uma) hora para refeição, podendo esse período coincidir com o tempo de parada obrigatória na condução do veículo
Lei	13.103	2015	7º	Dentro do período de 24 (vinte e quatro) horas, são asseguradas 11 (onze) horas de descanso, sendo facultados o seu fracionamento e a coincidência com os períodos de parada obrigatória na condução do veículo, garantidos o mínimo de 8 (oito) horas ininterruptas no primeiro período e o gozo do remanescente dentro das 16 (dezesseis) horas seguintes ao fim do primeiro período.
Lei	13.103	2015	6º	Nos casos em que o empregador adotar 2 (dois) motoristas trabalhando no mesmo veículo, o tempo de repouso poderá ser feito com o veículo em movimento, assegurado o repouso mínimo de 6 (seis) horas consecutivas fora do veículo em alojamento externo ou, se na cabine leito, com o veículo estacionado, a cada 72 (setenta e duas) horas
Lei	13.103	2015	7º	É vedado ao motorista profissional dirigir por mais de cinco horas e meia ininterruptas os veículos de transporte rodoviário coletivo de passageiros ou de transporte rodoviário de cargas.
Lei	13.103	2015	7º	Serão observados 30 (trinta) minutos para descanso dentro de cada 6 (seis) horas na condução de veículo de transporte de carga, sendo facultado o seu fracionamento e do tempo de direção desde que não ultrapassadas 5 (cinco) horas e meia contínuas no exercício da condução.

Tipo	Número	Ano	Artigo	Informação
Lei	13.103	2015	7º	Serão observados 30 (trinta) minutos para descanso a cada 4 (quatro) horas na condução de veículo rodoviário de passageiros, sendo facultado o seu fracionamento e do tempo de direção.
Lei Decreto	13.103 8.433	2015 2016	9º 4º	As condições de segurança, sanitárias e de conforto nos locais de espera, de repouso e de descanso dos motoristas profissionais de transporte rodoviário de passageiros e rodoviário de cargas terão que obedecer ao disposto em normas regulamentadoras pelo ente competente.
Decreto	8.433	2016	5º	Compete ao Conselho Nacional de Trânsito - Contran regulamentar os modelos de sinalização, de orientação e de identificação dos locais de espera, de repouso e de descanso dos motoristas profissionais de transporte rodoviário de passageiros e de cargas.

Fonte: Elaboração própria

Em 2023, no âmbito da ADI 5322, o Supremo Tribunal Federal (STF) julgou diversos dispositivos da Lei 13.103/2015 como inconstitucionais, reconhecendo que contrariavam princípios constitucionais da proteção ao trabalho e da saúde do trabalhador¹. O acórdão de mérito foi publicado em 30 de agosto de 2023, e os efeitos da decisão foram modulados para eficácia a partir da ata do julgamento (12 de julho de 2023).

Dentre os efeitos práticos, destacam-se: a vedação ao fracionamento do intervalo interjornada (impondo 11 horas ininterruptas entre jornadas); a incorporação do tempo de espera à jornada de trabalho; e a proibição do repouso com veículo em movimento no regime de dois motoristas.

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre o texto original da Lei nº 13.103/2015 e as alterações decorrentes do julgamento da Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) nº 5322.

¹ ADI 5322/DF, rel. Min. Alexandre de Moraes, acórdão publicado em 30.08.2023, ata de julgamento de mérito de 12.07.2023.

Tabela 2: Comparação entre a Lei dos Motoristas e ADI 5322

Critério de comparação	Lei 13.103/2015	Atualização ADI 5322
Descanso a cada 24 horas trabalhadas	11 horas, podendo ser fracionadas e coincidir com parada obrigatória.	Fracionamento e coincidência proibidos: exige 11 horas ininterruptas entre jornadas a partir da modulação.
Limite de horas ininterruptas (sem pausa para descanso) de trabalho a cada 24 horas.	5 horas e 30 minutos	Texto mantido (nenhuma alteração direta pela ADI verificável).
Jornada diária de trabalho	8 horas, com prorrogação de até 4 horas por acordo ou convenção coletiva.	Texto mantido, conforme Lei.
Repouso em viagem com 2 motoristas (revezamento)	Possibilidade de repouso com veículo em movimento, salvo obrigação de repouso externo ou em cabine leito a cada 72 h.	Repouso com veículo em movimento vedado, o descanso deve ocorrer com veículo estacionado.
Duração das pausas para descanso	30 minutos: podendo ser fracionados	Texto mantido, conforme Lei.
Tempo de espera	Estava excluído do computo da jornada e acima de duas horas permitia sua conversão. O tempo de espera era remunerado em 30% da hora trabalhada.	Eliminado o tempo de espera indenizado em valores diferenciados, passando-se a integrar à jornada de trabalho.
Descanso semanal remunerado	Possibilidade de cumulatividade de descansos semanais remunerados em viagens longas (até 3 consecutivos, conforme redação).	Voltou à base da CLT. Obrigatório o descanso semanal remunerado a cada 6 dias trabalhado. Cumulatividade vedada conforme interpretação do STF

Fonte: Elaboração própria

2.2. INFRAESTRUTURA E OPERAÇÃO DOS PPD

De acordo com o estudo de paradas realizado pelo programa SOS Estradas (2015), locais seguros de paradas para descanso são indispensáveis para recuperação de condições ideais de trabalho dos motoristas e consequente redução do número de acidentes nas rodovias. Conforme identificado por Crizzle *et al.* (2020), o intervalo ideal entre os locais de parada para descanso nas rodovias deve variar entre 250 e 400 quilômetros.

Em contrapartida, alguns estudos realizados mostram que, em determinadas rodovias, os locais de parada oferecem poucas vagas de estacionamento, dificultando a parada dos veículos para descanso dos caminhoneiros e estimulando o descumprimento das leis regulamentadoras sobre a quantidade de horas ininterruptas de trabalho (Bernardino *et al.*, 2019; Santo; Santos Junior; Cazella, 2016; Silva, 2015). Alguns destes estudos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Trabalhos desenvolvidos sobre Pontos de Parada e Descanso para caminhoneiros

Título	Autor	Ano	Considerações sobre o PPD
A importância social e econômica dos pontos de parada no Brasil.	SOS Estradas	2015	De acordo com o estudo de paradas, locais seguros para descanso são indispensáveis para recuperação das condições ideais de trabalho dos motoristas e consequente redução do número de acidentes nas rodovias.
			Não existe rodovia viável sem a existência de pontos de parada e descanso para os motoristas que por ela trafegam, segundo o estudo.
Vida de caminhoneiro: sofrimento e paixão	Ramon Araújo Silva	2015	Segundo o autor, os motoristas de caminhões afirmam que a dificuldade em cumprir as leis regulamentadoras sobre a quantidade de horas de trabalho e descanso diz respeito à falta de locais adequados para realização das paradas.

Título	Autor	Ano	Considerações sobre o PPD
Impactos socioeconômicos da Lei N. 12.619/2012 no transporte rodoviário de cargas: um estudo em Chapecó, SC	Lais F. Dal Santo, Silvio S. Junior e Carla F. Cazella	2016	De acordo com os autores, os caminhoneiros alegam descumprir as leis devido à falta de pontos de parada seguros e que contenham infraestrutura adequada para a quantidade de paradas estipuladas.

Fonte: Elaboração própria

Conforme a Resolução ANTT nº 6.054/2024, de 31 de outubro de 2024, que dispõe sobre a estruturação de projetos de investimento em Pontos de Parada e Descanso (PPDs) destinados aos motoristas profissionais do transporte rodoviário de passageiros e de cargas (ANTT, 2024), em consonância com a Lei nº 13.103/2015 (BRASIL, 2015), estabelece-se que as condições de operação, segurança, sanitárias e de conforto dos PPDs devem atender às normas regulamentadoras expedidas pelos entes competentes.

Nesse contexto, as condições mínimas de segurança, higiene e conforto nos locais de espera, repouso e descanso dos motoristas profissionais devem observar os requisitos previstos na Portaria MTP nº 672, de 8 de novembro de 2021 (BRASIL, 2021). Embora a Portaria MTP nº 672/2021 tenha revogado as disposições da Portaria SEPRT nº 1.343/2019, manteve e incorporou os requisitos essenciais voltados à dignidade, à segurança e à saúde dos motoristas (SEPRT, 2019).

A própria Resolução ANTT nº 6.054/2024 dispõe, em seu Art. 11, que “os PPDs deverão atender às normas existentes de segurança, sanitárias ou de conforto, conforme regras previstas na Portaria MTP nº 672, de 8 de novembro de 2021, ou aquela que vier a substituí-la” (ANTT, 2024).

Assim, para atendimento aos padrões estabelecidos, a Resolução ANTT nº 6.054/2024 determina que os Pontos de Parada e Descanso devem possuir, no mínimo, as seguintes características:

1. As instalações sanitárias devem:

- I. ser separadas por sexo;
 - II. possuir gabinetes sanitários privativos, dotados de portas de acesso que impeçam o devassamento, com dispositivo de fechamento, além de cesta de lixo e papel higiênico;
 - III. dispor de lavatórios dotados de materiais para higienização e secagem das mãos;
 - IV. ser dotadas de chuveiros com água fria e quente;
 - V. seguir a proporção mínima de 1 (um) gabinete sanitário, 1 (um) chuveiro e 1 (um) lavatório, por sexo, para cada 20 (vinte) vagas ou fração, considerando a quantidade de vagas no estacionamento destinadas ao atendimento dos motoristas profissionais de transporte;
 - VI. ser providos de rede de iluminação;
 - VII. ser mantidas em adequadas condições de higiene, conservação, funcionamento e organização.
2. Os compartimentos destinados aos chuveiros devem:
- I. ser individuais;
 - II. ser dotados de portas de acesso que impeçam o devassamento, com dispositivo de fechamento;
 - III. possuir ralos sifonados com sistema de escoamento que impeça a comunicação das águas servidas entre os compartimentos e que escoe toda a água do piso;
 - IV. dispor de suporte para sabonete e cabide para toalha.
3. Os ambientes para refeições, quando existirem, podem ser de uso exclusivo ou compartilhado com o público em geral, devendo sempre:
- I. ser dotados de mesas e assentos;
 - II. ser mantidos em adequadas condições de higiene, limpeza e conforto;
 - III. permitir acesso fácil às instalações sanitárias e às fontes de água potável.
4. Deve ser disponibilizada, gratuitamente, água potável em quantidade suficiente, por meio de copos individuais ou bebedouro de jato inclinado ou outro equipamento similar que garanta as mesmas condições.
5. Todo local de espera, de repouso e de descanso deve conter sinalização informando as áreas destinadas ao estacionamento de veículos, bem como a

indicação da localização das instalações sanitárias e, quando existirem, dos ambientes de refeição.

6. Todo local de espera, de repouso e de descanso deve possuir vigilância ou monitoramento eletrônico.

2.3. SAÚDE, FADIGA E SEGURANÇA VIÁRIA

A saúde ocupacional pode ser compreendida como o conjunto de ações voltadas à promoção e manutenção do bem-estar físico, mental e social do trabalhador, prevenindo doenças e acidentes decorrentes da atividade laboral (World Health Organization, 1984). No contexto do transporte rodoviário de cargas, essa dimensão assume caráter estratégico, pois a profissão do caminhoneiro envolve longas jornadas de trabalho, exposição a riscos e pressões por produtividade que impactam diretamente sua saúde e segurança (Fragoso Junior; Garcia, 2019). Assim, compreender a saúde ocupacional desses profissionais significa reconhecer a interdependência entre condições de trabalho, desempenho operacional e segurança viária, integrando políticas públicas, ergonomia e gestão de riscos.

A relação entre a saúde dos caminhoneiros e a segurança nas rodovias tem sido amplamente discutida na literatura nacional e internacional. A fadiga desponta como um dos fatores mais críticos, com efeitos comparáveis ao consumo de álcool no comprometimento das funções cognitivas e psicomotoras do condutor (Williamson *et al.*, 2011; Yao *et al.*, 2019). Estudos experimentais mostram que períodos de 18 a 21 horas de direção produzem déficits de atenção e tempo de reação equivalentes a níveis de álcool no sangue entre 0,05% e 0,08%, limites acima do permitido para condução em diversos países (Yao *et al.*, 2019). Isso reforça o entendimento de que fadiga e embriaguez compartilham mecanismos de prejuízo cognitivo e aumento do risco de acidentes graves.

Segundo Silva ABS *et al.* (2024), a fadiga é um sintoma multifatorial, decorrente de privação de sono, esforço físico e mental, jornadas extensas e distúrbios do sono, como apneia. O estudo identificou que o tempo total de condução é o fator de risco mais associado a acidentes, seguido por estresse psíquico e alterações orgânicas, sendo responsável por até 20% dos acidentes graves entre motoristas profissionais. Essa constatação converge com as análises internacionais que apontam a fadiga

como um determinante de morbimortalidade ocupacional e um dos principais fatores de acidentes de trabalho fatais no setor (Fragoso Junior; Garcia, 2019).

No Brasil, pesquisas como a de Gracielen Pereira Ojeda (2017) identificam que motoristas de cargas internacionais enfrentam altos níveis de estresse ocupacional, associados à insegurança nas estradas, ao descumprimento da Lei do Descanso (LEI Nº 13.103/2015) e à falta de locais adequados de repouso. A ausência de infraestrutura adequada, com banheiros, alimentação e segurança, leva os caminhoneiros a paradas improvisadas, o que agrava os riscos à saúde e aumenta a exposição a assaltos e acidentes.

Moreira *et al.* (2022) complementam que a precarização das condições de trabalho impacta também a saúde mental desses profissionais. Entre 120 caminhoneiros avaliados, 43,3% apresentaram sonolência diurna excessiva e índices de desgaste mental moderado, indicando um ciclo contínuo de exaustão física e emocional que repercute na segurança viária e na produtividade. A solidão, a distância prolongada da família e a pressão por prazos de entrega configuram fatores psicossociais relevantes para o adoecimento mental, reforçando a necessidade de ações de saúde mental e suporte social.

Outro ponto crítico é o uso de substâncias estimulantes, como anfetamina e cafeína em excesso, para compensar o cansaço. Embora proporcionem alívio momentâneo, esses recursos estão associados a dependência química, alterações cardiovasculares e efeitos rebote da fadiga (Silva Abs *et al.*, 2024; Williamson *et al.*, 2011). Essa prática reflete a fragilidade das políticas de proteção ao trabalhador, nas quais o enfrentamento individual substitui a ausência de condições estruturais adequadas de descanso e suporte médico.

Do ponto de vista coletivo, motoristas fatigados apresentam tempo de reação mais lento, déficit de atenção e maior propensão a erros, o que aumenta a probabilidade de colisões múltiplas e acidentes fatais (Williamson *et al.*, 2011; Yao *et al.*, 2019). A ausência de Pontos de Parada e Descanso (PPD) compromete não apenas a saúde dos motoristas, mas também a segurança pública. Assim, a implantação dos PPD deve ser entendida como medida de mitigação de risco coletivo, e não apenas um benefício trabalhista.

Conforme Silva ABS *et al.* (2024) e Fragoso Junior e Garcia (2019), políticas eficazes devem articular infraestrutura, regulação e fiscalização trabalhista, integrando programas de acompanhamento médico, educação em segurança viária e promoção da saúde ocupacional. Apenas a combinação entre descanso adequado, ambiente de trabalho seguro e conscientização dos condutores pode gerar resultados sustentáveis na redução da morbimortalidade ocupacional e no aumento da segurança viária.

2.4. FLUXOS DE TRÁFEGO E MODELAGEM

O tráfego de veículos é caracterizado pelo movimento ordenado de unidades veiculares ao longo de uma via, cuja dinâmica depende fundamentalmente das variáveis volume, velocidade e densidade, que descrevem o comportamento do fluxo e sua interação com a capacidade da rodovia (DNIT, 2006b). Segundo o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006b), o volume é a principal variável de medição e se refere ao número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo, sendo normalmente expresso em veículos por dia ou por hora.

A análise conjunta entre volume, velocidade e densidade permite compreender o comportamento do fluxo e a capacidade operacional das rodovias, sendo a relação entre essas variáveis representada pelas curvas fundamentais do tráfego, as quais descrevem o desempenho do sistema em termos de eficiência e nível de serviço (DNIT, 2006b).

A análise de fluxo em rodovias busca compreender a interação entre a demanda de veículos e a capacidade da via, identificando condições de saturação e gargalos de tráfego. O DNIT (2006) indica que o estudo do fluxo é essencial para dimensionar faixas de rolamento, acostamentos, interseções e elementos de controle, além de subsidiar a determinação dos níveis de serviço e da segurança viária. A observação do comportamento do tráfego pode ser feita por contagens volumétricas e pesquisas de velocidade, sendo possível identificar padrões de pico, composição da frota e variações sazonais. Tais informações são utilizadas para estimar o Volume Diário Médio (VDM) e para a calibração de modelos que descrevem o desempenho do sistema rodoviário em diferentes condições operacionais.

A modelagem de tráfego constitui uma ferramenta essencial para o planejamento e operação dos sistemas de transporte, conforme Paiva (2003), o processo clássico de modelagem envolve quatro etapas: geração, distribuição, divisão modal e alocação de viagens. Na geração, estimam-se as viagens produzidas e atraídas em cada zona de tráfego; na distribuição, define-se a interação de viagens entre zonas; na divisão modal, determina-se a participação de cada modo de transporte; e, na alocação, são escolhidas as rotas percorridas entre os pares origem-destino. Essas etapas, quando integradas, permitem representar o comportamento dos deslocamentos e avaliar o desempenho do sistema viário sob diferentes cenários de demanda.

A estimação da matriz origem-destino (OD) é uma das aplicações centrais da modelagem de tráfego, essencial para o planejamento e a gestão dos sistemas de transporte. Está relacionada à magnitude dos fluxos de viagens e à distribuição espacial desses fluxos na rede viária, expressa em termos de origem e destino (Cremer; Keller, 1987).

A magnitude dos fluxos de tráfego pode ser determinada por meio de contagens veiculares realizadas em seções de vias, as quais podem ser executadas com sensores fixos em redes monitoradas por centrais de controle de tráfego, por meio de filmagens, sensores portáteis ou ainda através de contagens manuais, quando não há monitoramento automatizado (Bertoncini, 2010).

De acordo com Bertoncini (2010), a distribuição dos fluxos em função das origens e destinos de viagem, usualmente representada de forma matricial, na chamada matriz de viagens ou matriz origem-destino (OD), pode ser obtida de forma direta ou indireta.

A distribuição direta é obtida por meio de levantamentos, como contagens de tráfego, entrevistas individuais, fotografias aéreas, monitoramento de imagens e controle das placas dos veículos que entram e saem de determinada zona (Ortúzar; Willumsen, 1994). Entretanto, esses métodos demandam tempo, além de recursos humanos e financeiros consideráveis, conforme afirma Willumsen (1981).

Por outro lado, é possível obter a matriz de viagens por meio de métodos indiretos, como a estimativa das demandas a partir dos totais de viagens geradas em função das atividades dos indivíduos de uma região (Ortúzar; Willumsen, 1994). Porém, esse

método requer a realização de pesquisas origem-destino (OD), conduzidas por meio de entrevistas domiciliares ou em pontos de controle, o que também demanda tempo e recursos humanos e financeiros (Willumsen, 1981).

Assim, observa-se que o estudo do tráfego e a modelagem de seu comportamento constituem instrumentos indispensáveis para o planejamento e a operação eficientes dos sistemas de transporte. A integração entre métodos de coleta de dados, modelagem matemática e ferramentas computacionais, conforme indicado pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), viabiliza diagnósticos mais precisos dos sistemas de transporte, contribuindo para o dimensionamento de estruturas rodoviárias mais eficientes e seguras.

2.5. TRECHOS HOMOGÊNEOS RODOVIÁRIOS

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, em suas Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários: Escopos Básicos/Instruções de Serviço (2006a), recomenda a utilização do Highway Capacity Manual (HCM) na realização de diagnósticos da condição operacional de uma rodovia e destaca que a versão a se adotar deve ser a mais recente.

Seguindo essa premissa, o DNIT, em seu Manual de Estudos de Tráfego (2006b), aborda mais detalhadamente a análise de capacidade e do nível de serviço, no qual preconiza as metodologias do HCM 2000.

A primeira versão do HCM foi produzida pelo Bureau of Public Roads - BPR, a partir de estudos realizados nas duas décadas anteriores, concebida como referência para o projeto de rodovias. Até a terceira edição do Highway Capacity Manual - HCM (TRB, 1985), as curvas fluxo-velocidade e, consequentemente, o método do manual para avaliação de autoestradas e rodovias de pista dupla, eram diferenciadas segundo a velocidade de projeto da rodovia como um todo (Roess, 2011).

Com o HCM 1985 (TRB, 1985) foi introduzido o conceito de trechos homogêneos, definidos como segmentos nos quais as características físicas e de tráfego são uniformes. Desde então, o método do HCM para a avaliação de rodovias se baseia na análise individual de cada trecho homogêneo estudado (TRB, 1985; DNIT, 2006b).

Com isso, torna-se necessária a correta caracterização, segmentação e classificação de cada segmento estudado. A definição dos trechos homogêneos permite que parâmetros de tráfego coletados em um determinado ponto do trecho sejam considerados válidos para toda a sua extensão, devido à uniformidade das suas características físicas e da composição da corrente de tráfego (DNIT, 2006b).

3. METODOLOGIA

3.1. SISTEMATIZAÇÃO DA METODOLOGIA

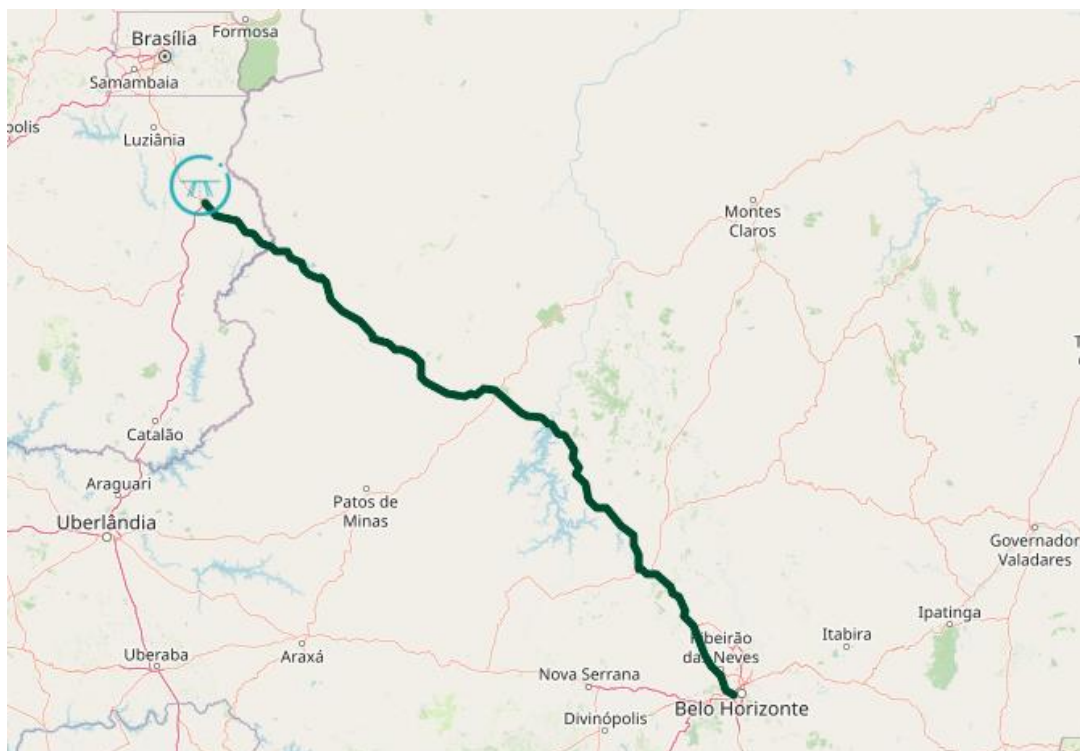
Este capítulo apresenta o procedimento metodológico proposto para a determinação de novas áreas de descanso no trecho da BR-040, entre Belo Horizonte/MG e Cristalina/GO, totalizando 594,8 quilômetros de extensão, compreendidos nos seguintes segmentos:

I - BR-040/GO, entre o entroncamento com a BR-050/354/457/GO-309 (Cristalina), no km 95,7, e a divisa GO/MG, no km 157,3; e

II - BR-040/MG, entre a divisa GO/MG, no km 0,0, e o entroncamento com a BR-135/262/381 (Anel Rodoviário de Belo Horizonte), no km 533,2.

A Figura 1 a seguir apresenta a localização do trecho analisado.

Figura 1: Trecho em estudo



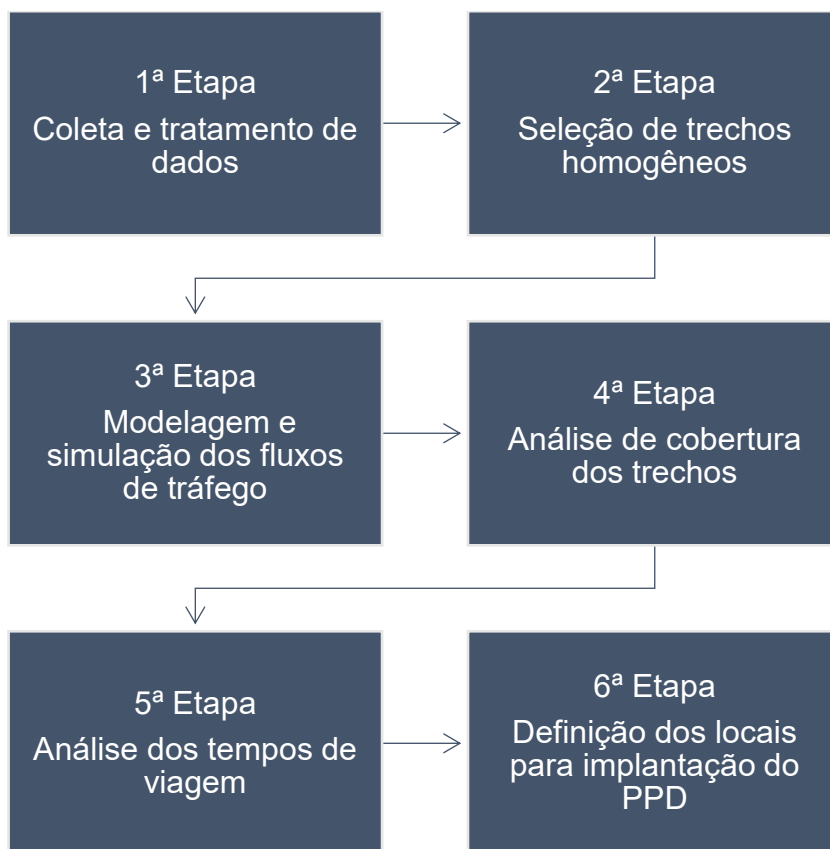
Fonte: ANTT

Inicialmente, realizou-se o levantamento dos dados de tráfego ao longo do trecho da rodovia. Em seguida, os dados coletados foram submetidos a um processo de tratamento e verificação de consistência.

Com a base de dados validada, procedeu-se à definição dos trechos homogêneos a serem analisados. A partir dessa segmentação, a etapa seguinte consistiu na simulação do comportamento dos fluxos de caminhões na região em estudo, com o objetivo de estimar o tráfego captado e analisar os tempos de viagem, de modo a subsidiar a identificação dos locais mais adequados para implantação das áreas de descanso.

Por fim, os resultados foram analisados e organizados em figuras e quadros, de forma a facilitar a interpretação e apoiar as conclusões do estudo. Dessa forma, o procedimento adotado nesta pesquisa é composto por seis etapas, conforme apresentado na Figura 2 e detalhado na sequência.

Figura 2: Etapas a serem seguidas pelo método proposto



Fonte: Elaboração própria

Cabe destacar que, com o objetivo de incorporar a perspectiva do motorista, o trabalho contemplou uma etapa adicional, na qual foi realizada uma entrevista com motoristas em um posto de parada, buscando compreender sua percepção, hábitos e nível de conhecimento em relação às áreas de descanso.

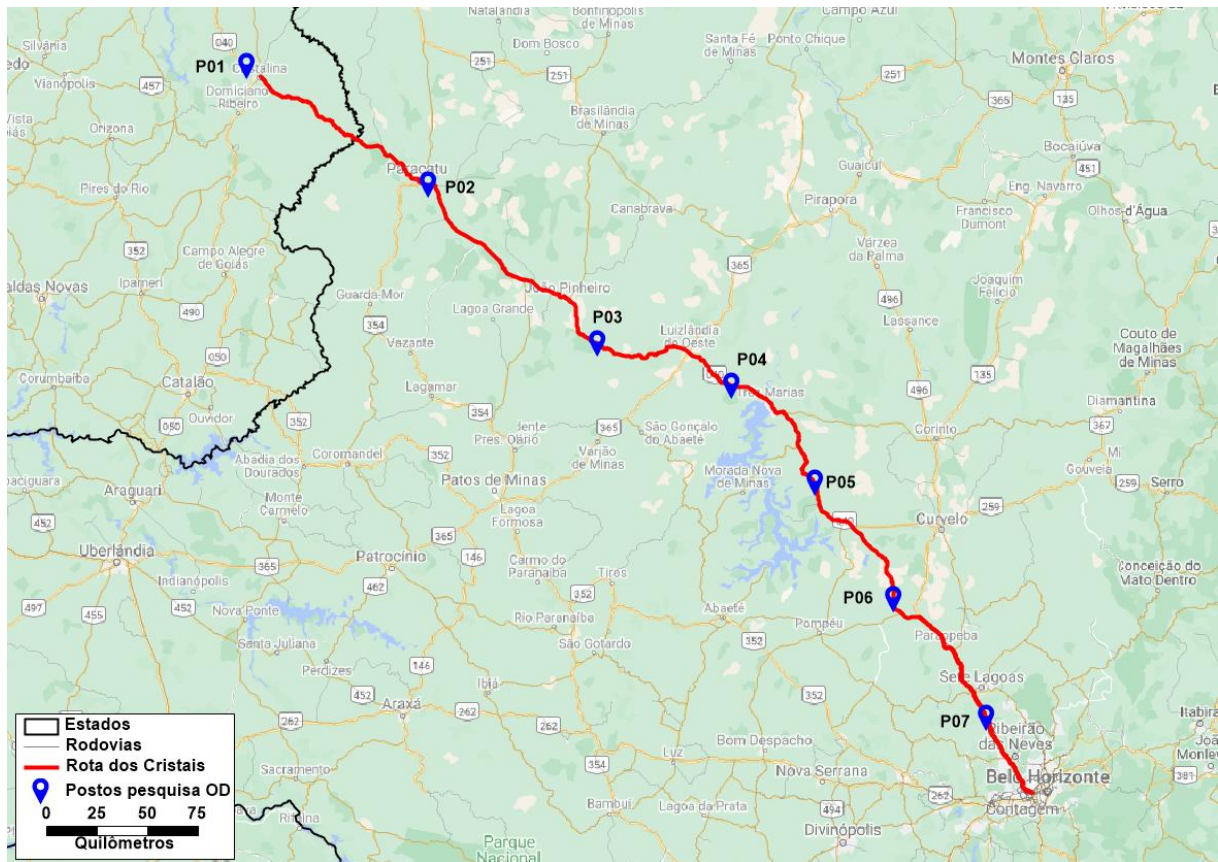
3.2. LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente, foram utilizados dados disponibilizados pelo portal de Dados Abertos da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), referentes ao histórico de tráfego das praças de pedágio, bem como os dados disponibilizados pelo Governo Federal que subsidiaram o processo de estruturação da concessão do trecho em estudo. Para isso, foi realizado o download completo da base de dados associada à concessão da BR-040/MG/GO, disponibilizada por meio do portal oficial do Governo Federal (gov.br), acessível pelo endereço eletrônico indicado.

A disponibilização desses dados está alinhada ao disposto na Lei de Acesso à Informação (LAI), bem como à Instrução Normativa SLTI nº 4, de 13 de abril de 2012, que institui a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA), e ao Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016, que estabelece a Política de Dados Abertos no âmbito do Poder Executivo Federal. Ademais, atende aos compromissos assumidos pelo Brasil no contexto do Plano de Ação Nacional de Governo Aberto.

Dentre os dados analisados, destacam-se as pesquisas de tráfego realizadas em campo, especialmente as pesquisas Origem-Destino (O-D), que permitem identificar a distribuição espacial dos fluxos de tráfego rodoviário, bem como caracterizar o perfil de seus usuários. As pesquisas realizadas nos postos da rodovia BR-040/MG/GO/DF ocorreram entre maio e junho de 2021, resultando em um banco de dados com um total de 12.703 registros. A amostragem foi estruturada em sete pontos de pesquisa, localizados em posições estratégicas ao longo do trecho, notadamente nas proximidades das praças de pedágio, conforme ilustrado na Figura 3 a seguir.

Figura 3: Localização dos Postos de Pesquisa de Origem e Destino – Lote Rota dos Cristais



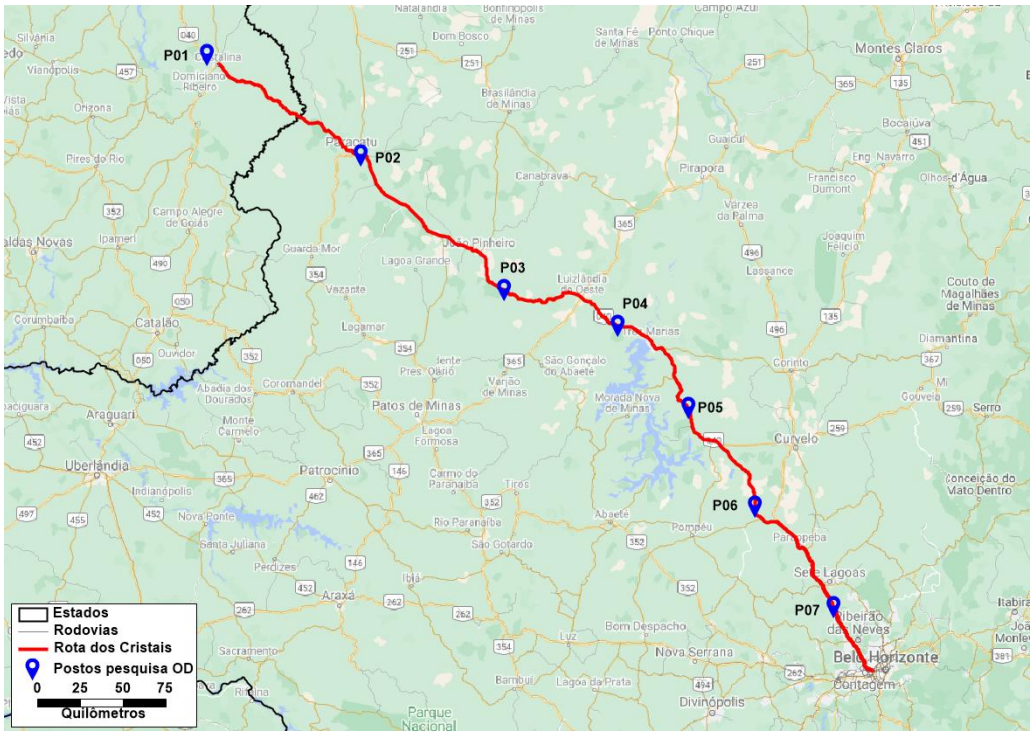
Fonte: Dados Consulta Pública - ANTT

Adicionalmente, foram utilizadas pesquisas de contagem veicular classificatória. A contagem volumétrica tem como objetivo determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que trafegam por um ou mais pontos do sistema viário em um determinado intervalo de tempo. De forma complementar, a contagem classificatória permite desagregar esses volumes por tipo de veículo.

Nesse contexto, a contagem volumétrica classificatória em seções tem por finalidade subsidiar a determinação do Volume Médio Diário Anual (VMDA) das rodovias em estudo, indicador que representa o número médio diário de veículos que utilizam determinado segmento ao longo do ano. Além disso, possibilita a caracterização da composição do tráfego em termos de veículos leves, ônibus e caminhões, estes últimos classificados de acordo com o número e a configuração de eixos, conforme os critérios estabelecidos pelo DNIT, com base na Resolução CONTRAN nº 12/1998.

A Figura 4 apresenta a localização dos pontos de coleta, enquanto a Tabela 4 sintetiza os pontos pesquisados, indicando o período de coleta e os respectivos valores de volume médio diário por categoria veicular.

Figura 4: Localização dos Postos de Pesquisa de Contagem Classificada – Lote Rota dos Cristais



Fonte: Dados Consulta Pública - ANTT

Tabela 4: Volume médio de veículos por posto e por categoria – BR-040/GO/MG

Postos	Data de Coleta	Localização		Categoria de Veículos				
		Rodovia	km	Passeio	Moto	Ônibus	Com. L	Com. P
P01	16 a 22/03/21	BR-040/MG	15	1.582	58	23	706	694
P02	15 a 21/03/21	BR-040/MG	92	1.332	32	35	892	1.159
P03	19 a 25/03/21	BR-040/MG	174	1.087	32	46	601	1.189
P04	06 a 12/03/21	BR-040/MG	253	1.067	36	24	604	1.122
P05	04 a 10/03/21	BR-040/MG	329	1.442	67	34	735	1.100
P06	04 a 10/03/21	BR-040/MG	406	2.040	50	25	876	988
P07	04 a 10/03/21	BR-040/MG	487	10.612	491	309	4.737	3.330
TH1	04 a 10/03/21	BR-040/MG	428	5.740	254	288	3.002	2.936
TH2	15 a 21/03/21	BR-040/MG	131	2.790	190	27	885	925
PNCT km 145	24/03/21	BR-040/MG	145	1.846	116	78	853	1.387
PNCT km 419	29/06/21	BR-040/MG	419	2.858	114	56	1.268	1.410
PNCT km 500	29/06/21	BR-040/MG	500	14.409	965	375	5.239	4.257

Fonte: Dados Consulta Pública - ANTT

Por fim, foi analisada a segmentação homogênea adotada nos estudos que embasaram o processo de estruturação da concessão. A Tabela 5 apresenta a

identificação dos trechos homogêneos definidos no âmbito dos estudos conduzidos pela ANTT e apresentados no Programa de Exploração Rodoviária da concessão.

Tabela 5: Segmentos Homogêneos do PER

SH	Rodovia	Marco de Projeto			Coordenadas Inicial		Coordenadas Final	
		km Inicial	km Final	Ext.	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
TH01	BR-040/GO	95,500	105,400	9,900	16° 45' 15,62" S	47° 36' 15,85" O	16° 49' 28,95" S	47° 32' 52,05" O
TH02	BR-040/GO	105,400	129,700	24,300	16° 49' 28,95" S	47° 32' 52,05" O	16° 54' 24,16" S	47° 21' 03,60" O
TH03	BR-040/GO	129,700	156,821	27,121	16° 54' 24,16" S	47° 21' 03,60" O	17° 02' 04,22" S	47° 09' 39,51" O
TH04	BR-040/MG	0,000	17,000	17,000	17° 02' 04,21" S	47° 09' 39,47" O	17° 05' 34,57" S	47° 01' 43,80" O
TH05	BR-040/MG	17,000	44,100	27,100	17° 05' 34,57" S	47° 01' 43,80" O	17° 13' 54,10" S	46° 51' 10,60" O
TH06	BR-040/MG	44,100	50,600	6,500	17° 13' 54,10" S	46° 51' 10,60" O	17° 14' 30,43" S	46° 47' 43,57" O
TH07	BR-040/MG	50,600	68,500	17,900	17° 14' 30,43" S	46° 47' 43,57" O	17° 23' 24,74" S	46° 44' 09,43" O
TH08	BR-040/MG	68,500	87,800	19,300	17° 23' 24,74" S	46° 44' 09,43" O	17° 29' 38,69" S	46° 35' 42,28" O
TH09	BR-040/MG	87,800	118,900	31,100	17° 29' 38,69" S	46° 35' 42,28" O	17° 39' 37,43" S	46° 22' 27,70" O
TH10	BR-040/MG	118,900	145,200	26,300	17° 39' 37,43" S	46° 22' 27,70" O	17° 45' 23,68" S	46° 09' 40,47" O
TH11	BR-040/MG	145,200	160,200	15,000	17° 45' 23,68" S	46° 09' 40,47" O	17° 52' 52,41" S	46° 07' 34,77" O
TH12	BR-040/MG	160,200	173,300	13,100	17° 52' 52,41" S	46° 07' 34,77" O	17° 56' 46,02" S	46° 01' 52,29" O
TH13	BR-040/MG	173,300	224,700	51,400	17° 56' 46,02" S	46° 01' 52,29" O	17° 59' 03,62" S	45° 36' 42,21" O
TH14	BR-040/MG	224,700	285,800	61,100	17° 59' 03,62" S	45° 36' 42,21" O	18° 14' 57,45" S	45° 09' 57,21" O
TH15	BR-040/MG	285,800	309,100	23,300	18° 14' 57,45" S	45° 09' 57,21" O	18° 25' 41,23" S	45° 04' 51,14" O
TH16	BR-040/MG	309,100	339,600	30,500	18° 25' 41,23" S	45° 04' 51,14" O	18° 39' 30,37" S	44° 59' 52,08" O
TH17	BR-040/MG	339,600	356,598	16,998	18° 39' 30,37" S	44° 59' 52,08" O	18° 43' 52,35" S	44° 52' 29,01" O
TH18	BR-040/MG	356,598	360,600	4,002	18° 43' 52,35" S	44° 52' 29,01" O	18° 45' 18,19" S	44° 50' 48,86" O
TH19	BR-040/MG	360,600	384,800	24,200	18° 45' 18,19" S	44° 50' 48,86" O	18° 54' 20,13" S	44° 41' 12,04" O
TH20	BR-040/MG	384,800	413,800	29,000	18° 54' 20,13" S	44° 41' 12,04" O	19° 08' 17,29" S	44° 36' 55,00" O
TH21	BR-040/MG	413,800	423,140	9,340	19° 08' 17,29" S	44° 36' 55,00" O	19° 09' 12,13" S	44° 32' 06,93" O
TH22	BR-040/MG	423,140	437,600	14,460	19° 09' 12,13" S	44° 32' 06,93" O	19° 14' 13,27" S	44° 25' 49,20" O
TH23	BR-040/MG	437,600	446,300	8,700	19° 14' 13,27" S	44° 25' 49,20" O	19° 17' 23,88" S	44° 23' 20,46" O
TH24	BR-040/MG	446,300	448,200	1,900	19° 17' 23,88" S	44° 23' 20,46" O	19° 18' 08,83" S	44° 22' 37,31" O
TH25	BR-040/MG	448,200	473,700	25,500	19° 18' 08,83" S	44° 22' 37,31" O	19° 29' 40,34" S	44° 16' 48,65" O

SH	Rodovia	Marco de Projeto			Coordenadas Inicial		Coordenadas Final	
		km Inicial	km Final	Ext.	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
TH26	BR-040/MG	473,700	498,000	24,300	19° 29' 40,34" S	44° 16' 48,65" O	19° 41' 04,29" S	44° 10' 56,91" O
TH27	BR-040/MG	498,000	509,477	11,477	19° 41' 04,29" S	44° 10' 56,91" O	19° 46' 15,16" S	44° 07' 35,70" O
TH28	BR-040/MG	509,477	511,120	1,643	19° 46' 15,16" S	44° 07' 35,70" O	19° 46' 56,90" S	44° 07' 00,58" O
TH29	BR-040/MG	511,120	525,162	14,042	19° 46' 56,90" S	44° 07' 00,58" O	19° 53' 10,06" S	44° 03' 01,45" O
TH30	BR-040/MG	525,162	526,722	1,560	19° 53' 10,06" S	44° 03' 01,45" O	19° 54' 00,73" S	44° 02' 58,70" O
TH31	BR-040/MG	526,722	533,027	6,305	19° 54' 00,73" S	44° 02' 58,70" O	19° 55' 34,97" S	44° 00' 22,14" O

Fonte: Dados ANTT - PER

3.3. DEFINIÇÃO DOS TRECHOS HOMOGÊNEOS

Com todos os dados levantados, procedeu-se à divisão do trecho em estudo em segmentos homogêneos. Conforme mencionado anteriormente, trechos homogêneos são aqueles que apresentam características de tráfego similares, sendo, para esta análise, considerado principalmente o volume de tráfego em cada segmento.

Inicialmente, adotou-se como referência a segmentação estabelecida no Programa de Exploração da Rodovia (PER) da concessão, bem como a localização dos principais entroncamentos rodoviários existentes ao longo do trecho. Adicionalmente, foram considerados como pontos relevantes os perímetros urbanos de municípios de maior importância ao longo do eixo rodoviário.

A partir dessas premissas, verificou-se a necessidade de ajustes pontuais na segmentação originalmente definida no PER, de modo a melhor representar as condições reais de operação da via. Nesse contexto, alguns trechos homogêneos foram subdivididos, especialmente em função da influência dos perímetros urbanos, como nos casos dos municípios de Paracatu/MG e Três Marias/MG, onde a dinâmica de tráfego apresenta alterações significativas.

Dessa forma, a segmentação final adotada no estudo buscou conciliar a estrutura original do PER com as especificidades operacionais observadas ao longo do trecho, garantindo maior aderência à realidade do sistema viário analisado. A divisão final dos trechos homogêneos considerada será apresentada no capítulo de resultados.

3.4. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS FLUXOS DE TRÁFEGO

Nesta etapa, foi realizada a simulação do comportamento dos fluxos de caminhões na região em estudo, especialmente no que se refere à escolha de rotas entre pares origem-destino e à circulação ao longo de múltiplos trechos homogêneos do sistema rodoviário.

Os procedimentos de modelagem e alocação de tráfego foram executados por meio de uma ferramenta computacional voltada ao planejamento, gerenciamento e análise de redes e sistemas de transporte, acoplada a um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Essa integração possibilitou o mapeamento digital da rede, a gestão de bases de dados georreferenciadas e a representação gráfica dos resultados, associados a um modelo matemático de simulação da demanda por transportes.

Para a simulação dos fluxos de caminhões, utilizou-se uma rede rodoviária georreferenciada, apresentada na Figura 5.

Figura 5: Rede rodoviária de simulação utilizada no estudo



Fonte: Elaborador pelo autor (2026)

Os procedimentos de modelagem e alocação foram realizados com o uso do software TransCAD, ferramenta amplamente utilizada em estudos de transportes, que integra funcionalidades de SIG e modelagem de demanda. Essa plataforma permite a combinação de mapeamento digital, gestão de dados georreferenciados e análise matemática dos fluxos de tráfego.

O modelo de simulação é composto, basicamente, de 5 elementos principais.

- **Rede digital:** conjunto de milhares de *links* georreferenciados.
- **Zoneamento do tráfego:** divisão da área modelada (território brasileiro) em zonas que representam o tráfego da região que, posteriormente, passam a ser representadas por um único ponto chamado centroide.
- **Segmentação de classes:** permite representar os diferentes comportamentos de deslocamento, que podem interferir no critério de escolha da rota para cada viagem, obtendo assim, maior sensibilidade com relação aos custos de operação dos veículos na rede de simulação.
- **Custos no modelo de simulação:** custo atribuído a cada link do modelo para determinação do caminho mínimo a ser percorrido entre centroides. Foi determinado pelas características de cada link e pelo VOC - *Vehicle Operating Costs* componente do submodelo RUE - *Road User Effects* do HDM-4.
- **Elaboração da matriz de viagens:** como cada posto pesquisado contém apenas uma amostra dos usuários da via, foi realizada a expansão das pesquisas para que elas representem o universo pesquisado. Também, foi realizada uma análise para a eliminação de contagens duplas, uma vez que um veículo pesquisado pode passar por mais de um posto OD.

O processo de alocação do tráfego e de calibração do modelo corresponde à etapa de ajustar a rede digital de simulação para que ela represente a realidade verificada em campo, de forma que as rotas determinadas para os diferentes pares OD correspondam de fato aos caminhos escolhidos na prática pelos motoristas.

Após a primeira alocação de tráfego é necessário verificar se o modelo consegue reproduzir a realidade de forma satisfatória. A rede de simulação será futuramente utilizada para avaliar o impacto de projetos futuros e, para tanto, precisa estar calibrada de forma a fornecer dados consistentes e confiáveis. Antes que os

resultados provenientes da alocação de tráfego sejam utilizados para influenciar decisões, a estabilidade do processo de alocação deve ser avaliada.

A calibração, portanto, refere-se a todos os procedimentos de correção e definição de parâmetros com o objetivo de obter uma melhor adequação do modelo à realidade.

A fórmula estatística GEH, (equação 01) cujo nome deriva das iniciais de Geoffrey E. Havers, pesquisador responsável pelo desenvolvimento da métrica, consiste em um método utilizado em Engenharia de Transportes para verificação da qualidade da calibração de modelos de simulação, por meio de uma comparação quantitativa e qualitativa dos fluxos estimados pelo modelo com os aferidos em campo, para os pontos de controle adotados.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (m - c)^2}{m + c}} \quad (01)$$

Sendo:

- m = volume de tráfego alocado na rede;
- c = volume de tráfego contado no posto de controle.

O resultado desta fórmula é classificado de “A” a “D”, de forma a facilitar a análise de quais postos e categorias estão bem calibrados e quais ainda necessitam de ajustes.

Assim, tem-se a seguinte divisão:

- Ajuste nível A: representa um bom ajuste, com pouca diferença entre o volume real e o alocado, utilizado quando o resultado da GEH é menor que 5;
- Ajuste nível B: possui um ajuste satisfatório, mas tem uma diferença entre os volumes que deve ser levada em consideração. É obtido nos resultados iguais ou maiores que 5 e abaixo de 10;
- Ajuste nível C: não representa bem o tráfego, é necessário verificar inconsistências na rede viária ou na matriz utilizada. A GEH deve estar igual ou maior que 10 e abaixo de 12 neste nível;

- Ajuste nível D: neste nível o tráfego alocado é muito diferente do real, assim, o entorno do ponto de controle deve ser avaliado, tanto em relação à caracterização dos *links* existentes quanto na representação de mais vias do que estão no modelo, além de verificar a matriz. Este nível é alcançado quando a GEH é igual ou maior que 12.

3.5. ANÁLISE DE COBERTURA DOS TRECHOS

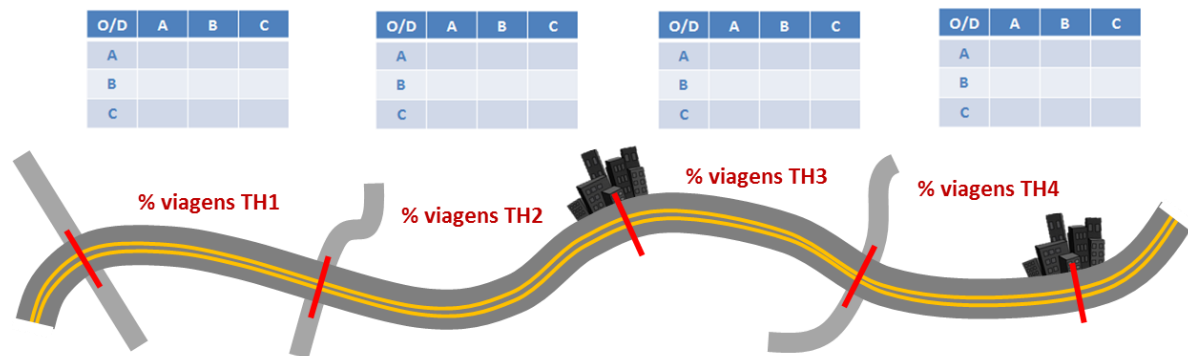
Após a definição dos trechos homogêneos e a modelagem do sistema viário, foi realizada a análise de cobertura dos veículos em cada segmento, com o objetivo de identificar o percentual de veículos que trafega por cada trecho em relação ao volume total do sistema analisado.

Para isso, utilizou-se a ferramenta “*Critical Link Analysis*”, suportada pelo *software* TransCAD permite que trechos (*links*) da rede de simulação sejam selecionados e analisados em detalhe, sendo cada seleção denominada “*Query*”. As *Queries* fornecem informações sobre a quantidade de veículos e os locais de origem e destino das viagens que passam nos *links* monitorados.

Para um funcionamento adequado do *Critical Link Analysis*, utilizou-se a divisão do corredor, com isso, tornou-se possível fazer recortes de cada local de interesse, que foram então analisados isoladamente.

Assim, cada uma das *Queries* geradas fornece uma matriz de origem e destino (OD), do trecho homogêneo em questão, capaz de indicar a distribuição das viagens que passam naquele trecho em relação a origens e destinos existentes em todo o sistema viário em análise (Figura 6).

Figura 6: Esquema representativo da obtenção de matrizes OD por trecho homogêneo



Fonte: Elaborador pelo autor (2026)

Posteriormente, as *Queries* foram exportadas para um modelo analítico em Excel, no qual as matrizes OD foram consolidadas. Para cada par OD, sentido e categoria veicular, foi considerado o volume observado entre as matrizes, representando o total de viagens entre aquela origem e destino.

Dessa forma, foi construída uma matriz OD consolidada do sistema, composta pelos valores de cada par OD. A partir dessa base, foi calculado o total de viagens que percorrem pelo menos um dos trechos em estudo, permitindo estimar o volume diário de caminhões nas rodovias analisadas.

O volume captado por cada trecho homogêneo foi então dividido pelo volume total de caminhões do sistema, resultando no percentual de captação de cada segmento.

Com base nesses resultados, foi possível identificar os trechos com maior concentração de viagens, sendo elaborado um ranking dos segmentos com maior potencial de captação de tráfego de veículos comerciais.

3.6. ANÁLISE DOS TEMPOS DE VIAGEM

Para a caracterização dos tempos de viagem no trecho, foi realizado o mapeamento dos fluxos relevantes, incluindo a identificação e análise dos principais pares origem-destino com base nos respectivos tempos de viagem.

Essa análise permitiu estimar o tempo total de deslocamento entre a origem e o destino, bem como avaliar o tempo que o condutor de veículo de carga permanece trafegando por cada trecho da rodovia. Uma vez que, segundo a lei dos

caminhoneiros, o motorista não deve dirigir por mais de 5h30min ininterruptas, foi realizada a verificação dos tempos das viagens da origem até o ponto médio de cada um dos trechos homogêneos.

A obtenção dos tempos e distâncias de viagem foi realizada por meio da utilização da *Application Programming Interface* (API) de roteamento da plataforma Azure Maps, que permite o cálculo de rotas a partir de coordenadas geográficas, considerando a malha viária disponível e parâmetros operacionais associados. As consultas foram automatizadas em ambiente Excel, por meio do desenvolvimento de rotinas em linguagem VBA (Visual Basic for Applications), possibilitando a integração direta entre a planilha de dados e o serviço de roteamento.

A lógica de cálculo implementada consistiu no envio de requisições à API, contendo as coordenadas de origem e destino no formato geográfico (latitude e longitude). Como resposta, a API retorna um conjunto de informações estruturadas em formato JSON, incluindo, entre outros parâmetros, a distância total do percurso (em metros) e o tempo estimado de viagem (em segundos). Esses valores foram então tratados no ambiente VBA, conforme exemplificado na equação 02 a seguir:

$$Vm = \frac{D}{T} \quad (02)$$

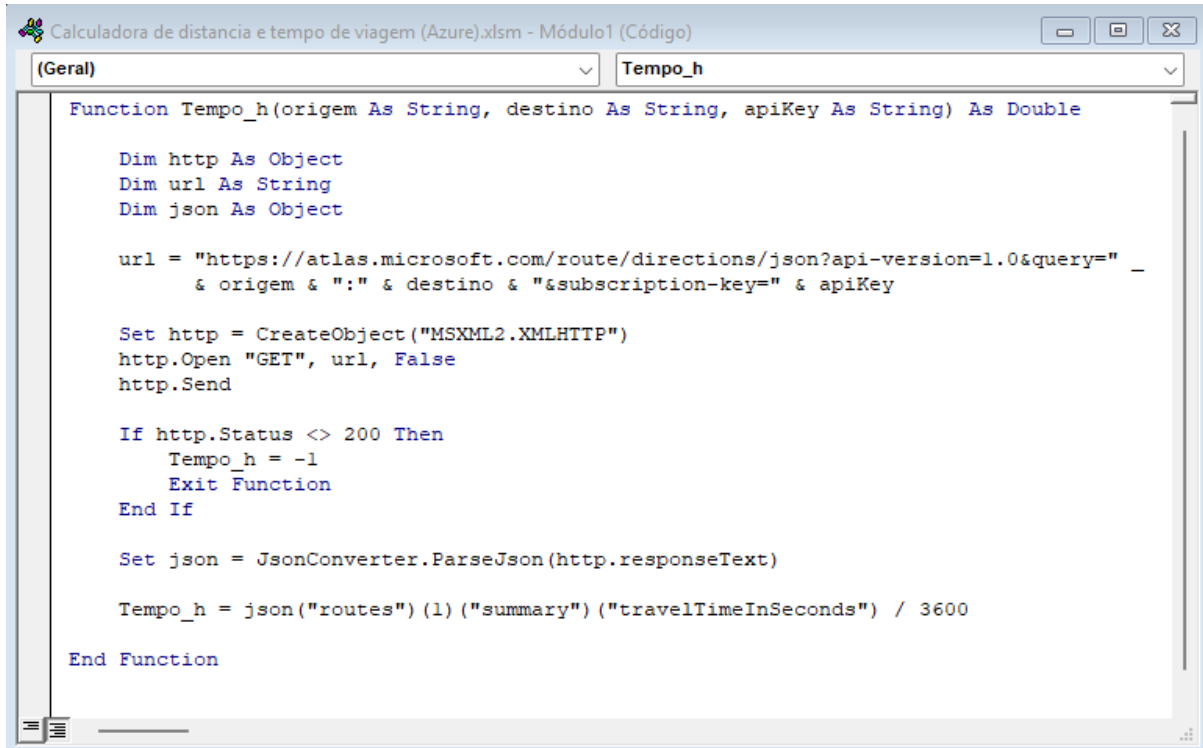
onde:

- Vm = velocidade média (km/h);
- D = distância do percurso (km);
- T = tempo de viagem (h)

No processo computacional, os valores de distância foram convertidos de metros para quilômetros, enquanto os tempos de viagem foram convertidos de segundos para horas, permitindo o cálculo direto da velocidade média operacional para cada par OD analisado.

A seguir, apresenta-se um trecho representativo do código desenvolvido em VBA para realização das consultas e cálculo dos parâmetros de interesse.

Figura 7: Exemplo do código VBA



```

Function Tempo_h(origem As String, destino As String, apiKey As String) As Double

    Dim http As Object
    Dim url As String
    Dim json As Object

    url = "https://atlas.microsoft.com/route/directions/json?api-version=1.0&query=" _
        & origem & ":" & destino & "&subscription-key=" & apiKey

    Set http = CreateObject("MSXML2.XMLHTTP")
    http.Open "GET", url, False
    http.Send

    If http.Status <> 200 Then
        Tempo_h = -1
        Exit Function
    End If

    Set json = JsonConverter.ParseJson(http.responseText)

    Tempo_h = json("routes")(1)("summary")("travelTimeInSeconds") / 3600

End Function

```

Fonte: Elaborador pelo autor (2026)

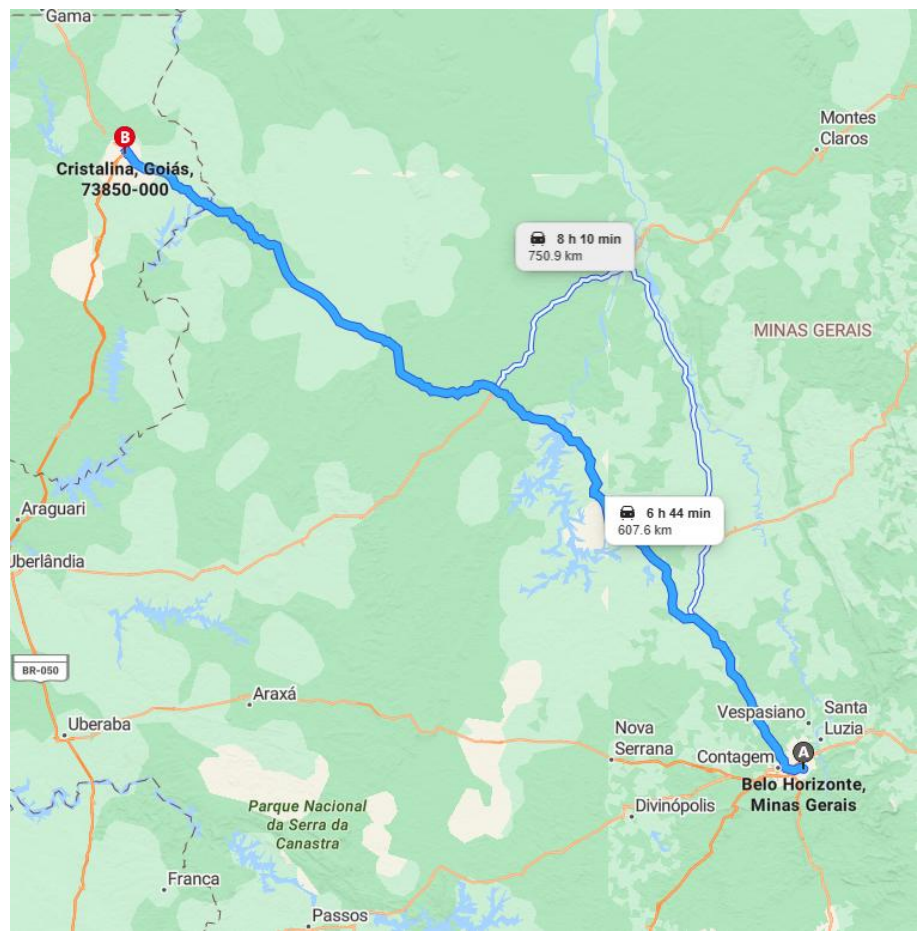
A automatização desse processo permitiu a avaliação sistemática de múltiplos pares OD, garantindo consistência e reprodutibilidade dos resultados obtidos.

Posteriormente, considerando que os tempos fornecidos pela API representam o comportamento típico de veículos leves, foi aplicada uma correção para adequação aos veículos comerciais. Para isso, adotou-se um fator de redução de de 0,70 sobre a velocidade média obtida, de forma a representar as limitações operacionais inerentes aos veículos de carga, tais como menor aceleração, maior influência de rampas e restrições geométricas da via.

Com base nessa adaptação, foram recalculados os tempos de deslocamento para veículos comerciais, possibilitando uma análise mais realista das condições de operação do transporte de cargas no trecho.

A exemplificação de uma viagem, ilustrada na Figura 8, em que essa correção foi realizada, é apresentada na Tabela 6.

Figura 8: Distância e tempo de viagem calculadas pelo Bing Maps



Fonte: Elaborador pelo autor (2026)

Tabela 6: Exemplo da correção das velocidades dos caminhões

Origem	Destino	Distância (km)	Tempo (h)	Velocidade média (km/h)	Velocidade corrigida (km/h)	Tempo Corrigido (h)
A	B	607,60	6,73	90,00	63,00	9,61

Fonte: Elaborador pelo autor (2026)

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO EM ESTUDO

Neste tópico são apresentadas as principais informações e análises referentes à situação atual do sistema rodoviário em estudo. Considerando que o foco desta pesquisa está relacionado à operação dos motoristas de veículos de carga e à implantação de Pontos de Parada e Descanso (PPDs), o presente trabalho concentrou-se na análise das classes veiculares correspondentes aos caminhões.

Para tanto, são descritas as principais características da demanda de tráfego de veículos comerciais, incluindo o volume de caminhões que utiliza diariamente a rodovia, bem como os principais fluxos de deslocamento observados ao longo do trecho analisado.

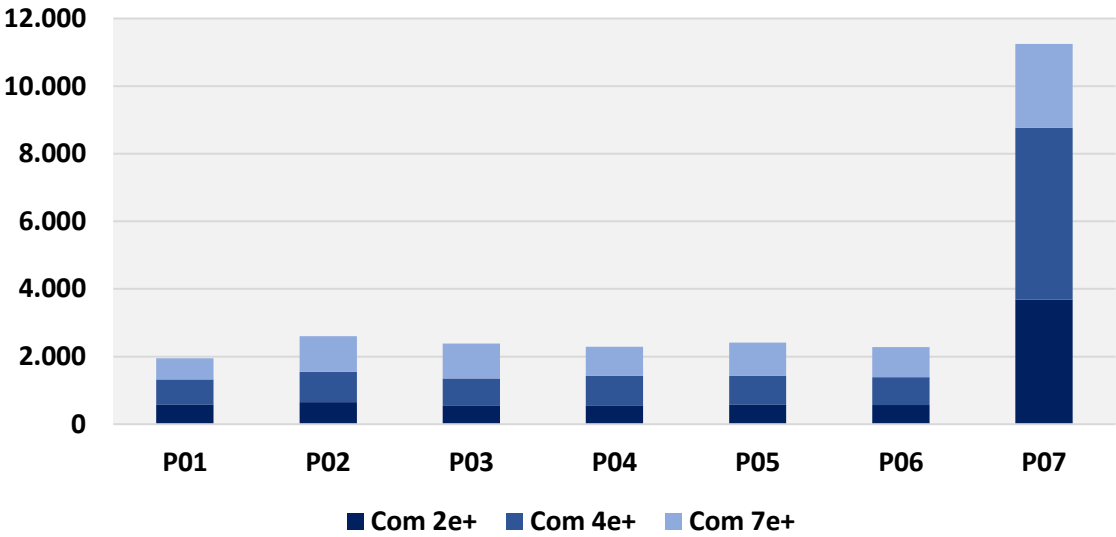
Assim, foram analisados os resultados obtidos a partir dos dados públicos disponibilizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), bem como os dados que subsidiaram o processo de estruturação da concessão do trecho, conforme detalhado no capítulo de metodologia. Nesse contexto, foram avaliados os dados provenientes das praças de pedágio, das contagens volumétricas classificatórias de veículos e das pesquisas de Origem e Destino (O-D).

Análise quantitativa da demanda

O Volume Diário Médio Anual (VDMA) corresponde ao número médio de veículos que trafegam diariamente por um determinado ponto do sistema viário ao longo de um ano, sendo calculado pela divisão do volume total anual de tráfego pela quantidade de dias do período analisado.

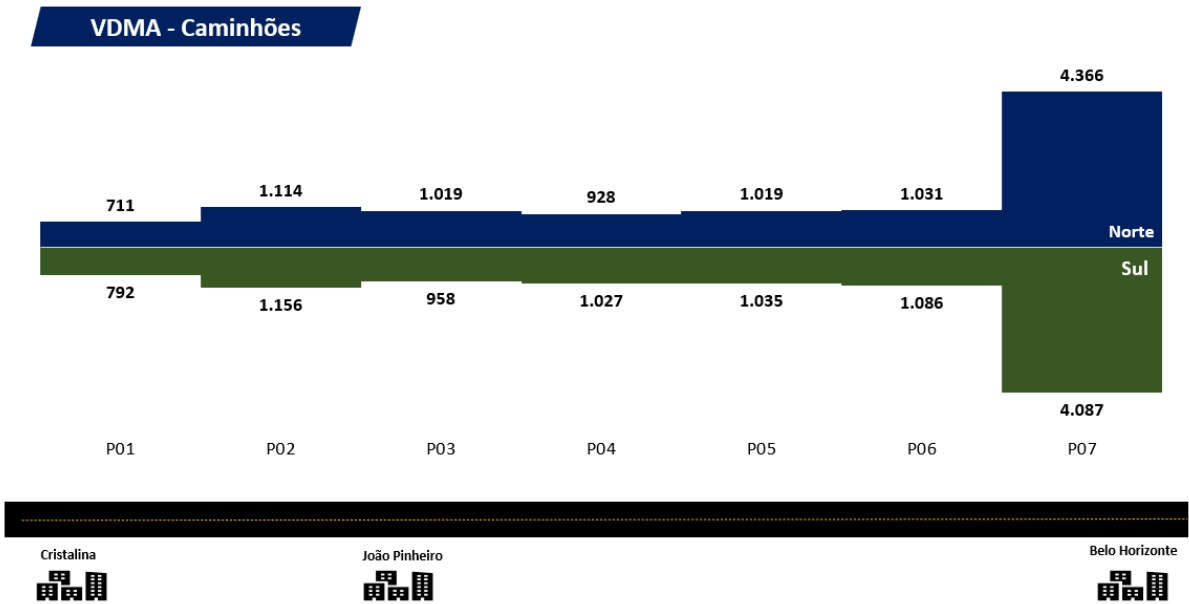
Nesse contexto, inicialmente foi avaliado o volume de tráfego registrado nas praças de pedágio do trecho concedido. Para essa análise, foram utilizados os dados completos de tráfego referentes ao ano de 2025, uma vez que este período apresentava informações integralmente consolidadas na base de dados disponível. O Gráfico 1 apresenta os valores de Volume Diário Médio Anual (VDMA) observados em cada praça de pedágio ao longo do trecho concedido, considerando exclusivamente os veículos comerciais.

Gráfico 1: Volume diário médio anual - 2025



Adicionalmente, foram analisados os dados de contagem veicular classificatória referentes ao ano de 2021, disponibilizados pelo Governo Federal. O gráfico linear a seguir apresenta o volume total de caminhões por sentido de circulação em cada ponto de contagem do trecho em estudo.

Gráfico 2: Volume total de caminhões por sentido



Observa-se, tanto nos dados das praças de pedágio de 2024 quanto nas contagens classificatórias de 2021, elevada representatividade da praça de pedágio de Capim Branco. Esse comportamento pode ser justificado pela proximidade do trecho com a

Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), importante polo gerador e atrator de viagens de carga, o que contribui para a intensificação dos fluxos de veículos comerciais na região.

Análise qualitativa da demanda

Para a análise qualitativa da demanda, foram utilizados os dados da pesquisa Origem-Destino (O-D) de 2021, realizada pelo Governo Federal, por meio da qual foi possível avaliar os fluxos de tráfego dos veículos comerciais ao longo do trecho em estudo.

A partir dessas informações, foi realizada a caracterização da demanda com base na análise dos padrões de deslocamento dos veículos de carga, permitindo compreender a dinâmica dos fluxos rodoviários na região analisada.

Nesse contexto, foram consolidadas matrizes representativas das diferentes categorias de veículos comerciais que trafegam no corredor em estudo. Posteriormente, essas matrizes foram analisadas por eixos de deslocamento, possibilitando a identificação dos principais pares geradores de viagens e dos fluxos predominantes de transporte de carga ao longo da rodovia.

A fim de compreender melhor a dinâmica das viagens para cada tipo de veículo, separou-se os pares OD por tipo de veículo, os quais foram divididos em Comercial Leve (2, 3 e 4 eixos) e Comercial Pesado (5 ou mais eixos). Os gráficos a seguir apresentam os principais pares OD obtidos por tipo de veículo.

Gráfico 3: Principais pares OD comerciais leves - Sentido Norte

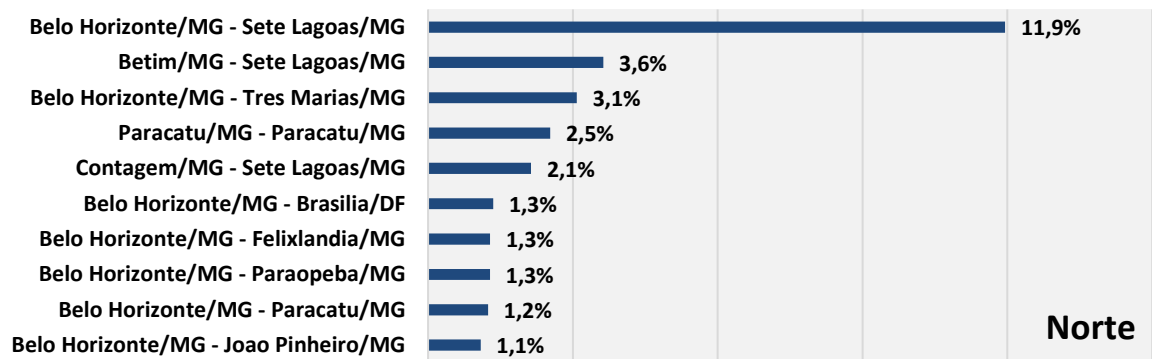


Gráfico 4: Principais pares OD comerciais leves - Sentido Sul

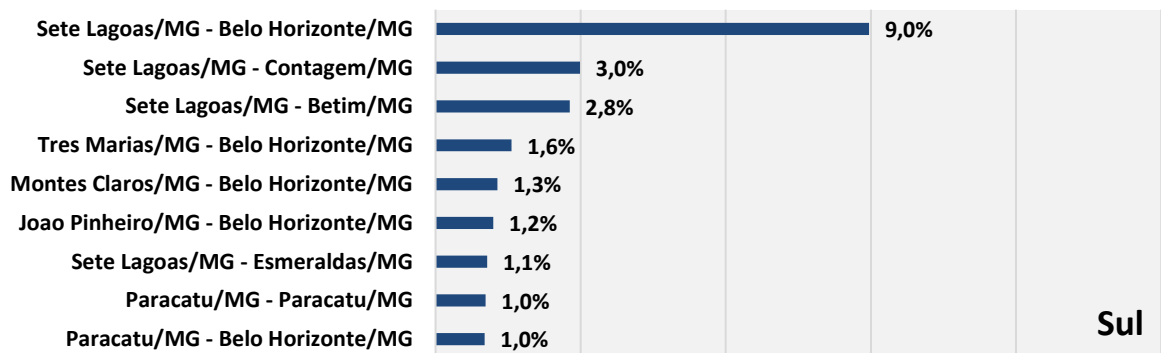


Gráfico 5: Principais pares OD comerciais pesados - Sentido Norte

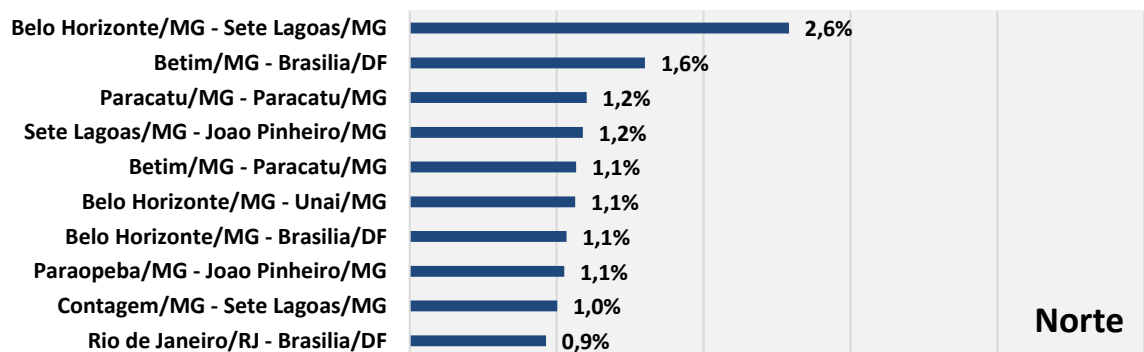
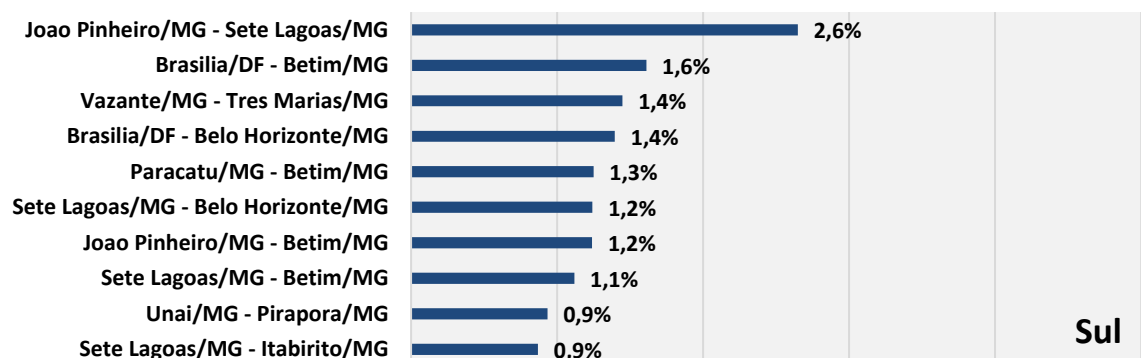


Gráfico 6: Principais pares OD comerciais pesados - Sentido Sul



Percebe-se, pelos gráficos, que, para as categorias analisadas, as viagens entre Belo Horizonte/MG e Sete Lagoas/MG são as mais frequentes na rodovia em estudo. Para veículos comerciais leves, prevalece a ocorrência de viagens de menores distâncias. Já para os comerciais pesados, as viagens de longa distância são as mais representativas, sendo recorrentes pares OD como Betim/MG – Brasília/DF, João Pinheiro/MG – Sete Lagoas/MG e Belo Horizonte/MG – Unaí/MG. Assim pode-se perceber que os veículos pesados possuem pares com grandes distâncias e com origem e destino dispersos no Brasil.

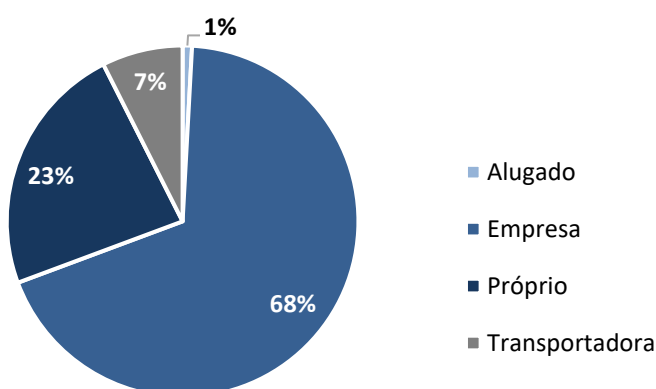
Análises complementares

Além das principais análises em relação aos fluxos origem e destino dos veículos, a Pesquisa OD também é responsável por coletar informações a respeito da caracterização do usuário das rodovias pesquisadas.

Essa caracterização é de suma importância para os estudos de tráfego, uma vez que além de fornecer informações relevantes acerca dos entrevistados, ainda é utilizada para basear a segmentação de classes a ser adotada nas matrizes de viagem finais.

Em relação à propriedade dos caminhões que trafegam na rodovia em estudo, nota-se que cerca de 75% dos veículos pertencem a Empresas ou Transportadoras (Gráfico 7).

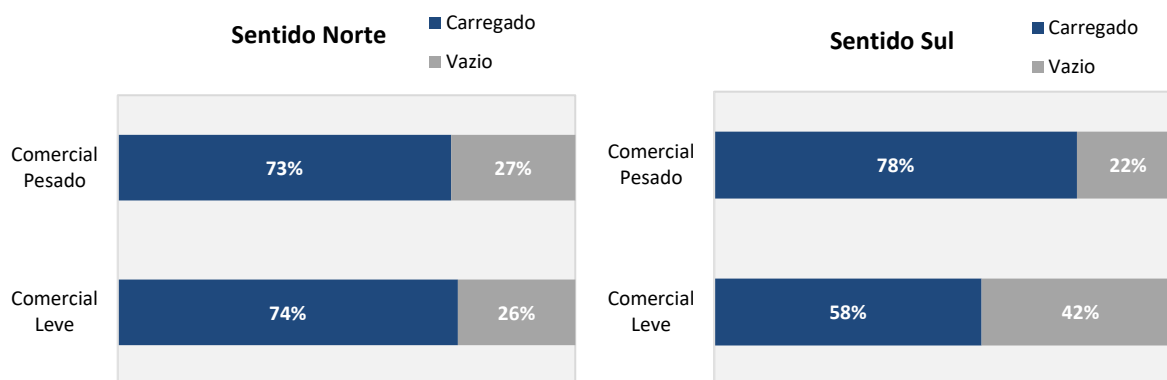
Gráfico 7: Propriedade dos caminhões



As informações acerca do carregamento de veículos comerciais são parâmetros importantes para compreender o comportamento de tal categoria no tráfego da região

em estudo, uma vez que reflete diretamente no padrão de transporte. Nesse sentido, foi analisado o carregamento distinguindo os comerciais entre leves e pesados por sentido de circulação, conforme consta no Gráfico 8.

Gráfico 8: Carregamento dos caminhões



No sentido norte, o percentual de veículos carregados é de 74% para comerciais leves e 73% para os pesados, enquanto no sentido sul tem-se 78% de pesados carregados e apenas 58% de veículos leves carregados.

Ainda em relação ao transporte de carga, por meio das informações contidas em todos os tipos de viagem dos veículos comerciais, analisou-se quais eram as principais cargas transportadas na rodovia em estudo e, separando-as por tipo de caminhão, pôde-se chegar à representação gráfica do carregamento, ilustrada no Gráfico 9 e no Gráfico 10.

Gráfico 9: Principais cargas transportadas por caminhões leves

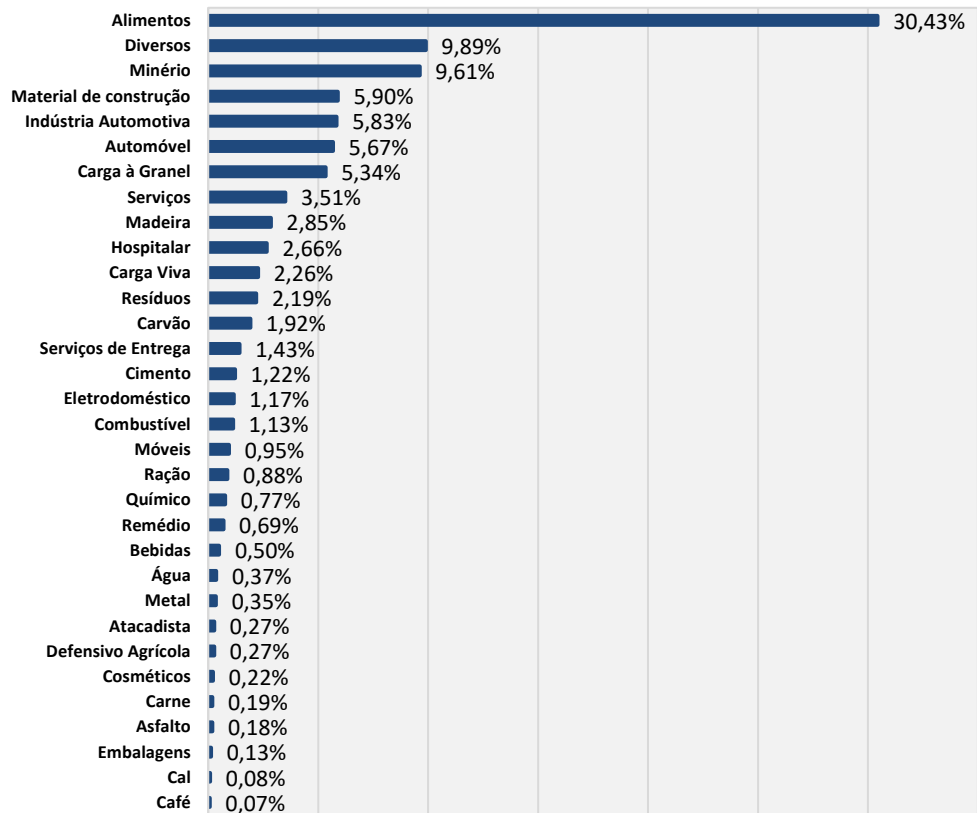
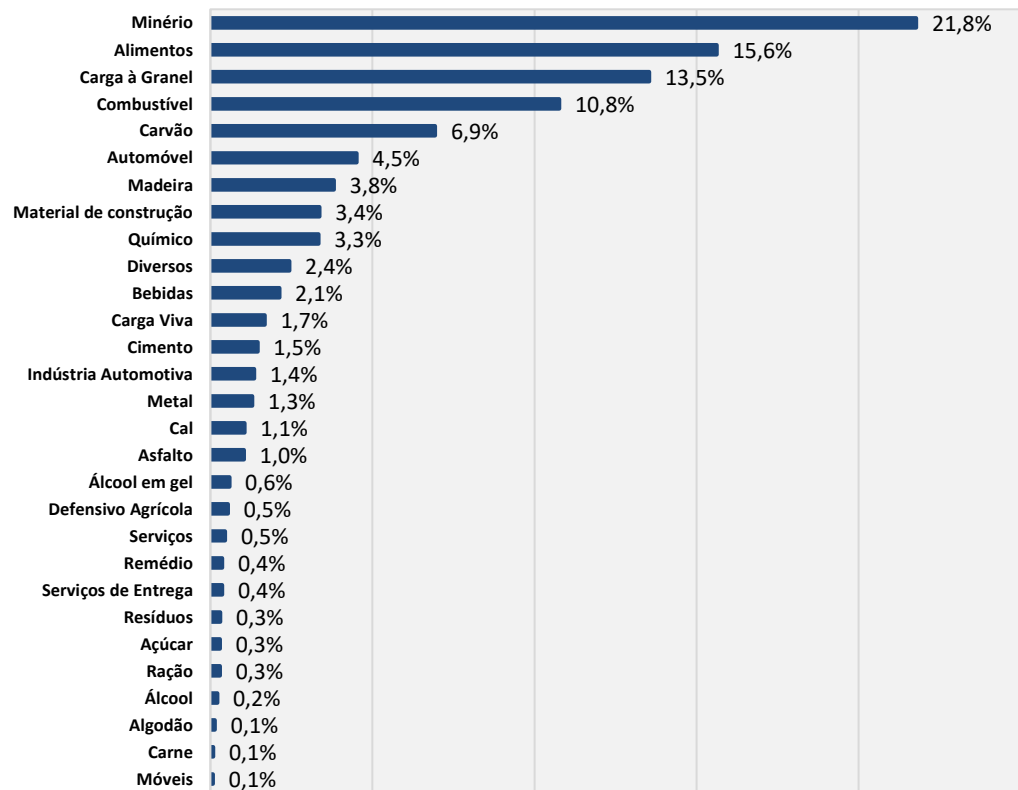


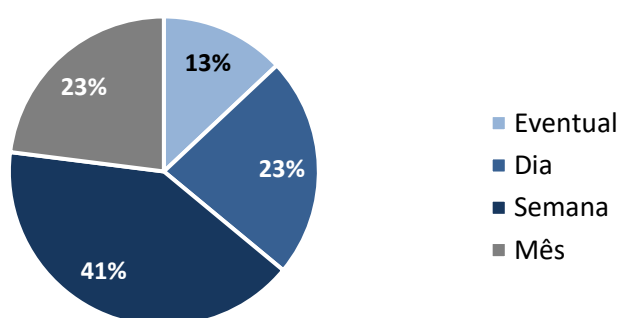
Gráfico 10: Principais cargas transportadas por veículo comercial pesado



Percebe-se que os veículos leves transportam majoritariamente alimentos, seguidos por minério e materiais de construção. Já para os comerciais pesados o principal produto é o minério, seguido dos alimentos.

Em relação à frequência dos caminhões, nota-se que a maior parte dos entrevistados realiza o trajeto semanalmente (41%) seguido das viagens diárias (23%). As informações foram apresentadas no Gráfico 11.

Gráfico 11: Frequência de viagem dos caminhões



4.2. DEFINIÇÃO DE TRECHOS HOMOGÊNEOS

Para a análise, foi realizada a divisão do corredor em Trechos Homogêneos (THs), considerando as principais interseções da rodovia e a segmentação proposta no PER. Dessa forma, o sistema rodoviário foi subdividido em 33 THs, os quais foram correlacionados aos respectivos segmentos do PER.

Cabe destacar que os segmentos 5 e 14 do PER necessitaram de subdivisões adicionais em função da presença de perímetros urbanos, uma vez que essas regiões tendem a alterar significativamente os volumes e as características do tráfego. Assim, os perímetros urbanos de Paracatu e Três Marias foram segmentados em dois novos THs cada, conforme apresentado na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7: Trechos homogêneos do estudo

TH	Rodovia	Início	Fim	Tipo de Pista	Região	Terreno	Classe
		Referência	Referência				
TH01	040GO	ENTR BR-050(B)/354/457/GO-309 (CRISTALINA)	km 105.4	Simples	Rural	Ondulado	I
TH02	040GO	km 105.4	km 129.7	Dupla	Rural	Ondulado	Dupla

TH	Rodovia	Início	Fim	Tipo de Pista	Região	Terreno	Classe
		Referência	Referência				
TH03	040GO	km 129.7	DIV GO/MG	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH04	040MG	DIV GO/MG	km 17.0	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH05_A*	040MG	km 17.0	Início PUB de Paracatu MG	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH05_B*	040MG	Início PUB de Paracatu MG	ENTR MG-188(B) (P/SÃO SEBASTIÃO)	Simples	Urbano	Montanhoso	I
TH06	040MG	ENTR MG-188(B) (P/SÃO SEBASTIÃO)	ENTR LMG-690(A) (ACESSO ENTRE RIBEIROS)	Simples	Rural	Ondulado	I
TH07	040MG	ENTR LMG-690(A) (ACESSO ENTRE RIBEIROS)	ACESSO MORRO AGUDO	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH08	040MG	ACESSO MORRO AGUDO	ENTR LMG-706 ACESSO VAZANTE	Simples	Rural	Ondulado	I
TH09	040MG	ENTR LMG-706 ACESSO VAZANTE	ENTR MG-410 (P/PORTO DIAMANTE)	Simples	Rural	Ondulado	I
TH10	040MG	ENTR MG-410 (P/PORTO DIAMANTE)	ENTR MG-181 (JOÃO PINHEIRO)	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH11	040MG	ENTR MG-181 (JOÃO PINHEIRO)	km 160.2	Simples	Rural	Ondulado	I
TH12	040MG	km 160.2	km 173.3	Dupla	Rural	Ondulado	Dupla
TH13	040MG	km 173.3	ENTR BR-365	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH14_A*	040MG	ENTR BR-365	Início PUB de Três Marias MG	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH14_B*	040MG	Início PUB de Três Marias MG	ENTR MG-220 (TRÊS MARIAS)	Urbano	Rural	Montanhoso	I
TH15	040MG	ENTR MG-220 (TRÊS MARIAS)	ACESSO MORADA NOVA DE MINAS	Simples	Rural	Ondulado	I
TH16	040MG	ACESSO MORADA NOVA DE MINAS	ACESSO SÃO JOSÉ DO BURITI	Simples	Rural	Montanhoso	I
TH17	040MG	ACESSO SÃO JOSÉ DO BURITI	ENTR MG-164 (P/FELIXLÂNDIA)	Simples	Rural	Ondulado	I
TH18	040MG	ENTR MG-164 (P/FELIXLÂNDIA)	ENTR BR-259 (P/CURVELO)	Simples	Rural	Plano	I
TH19	040MG	ENTR BR-259 (P/CURVELO)	P/CANABRAVA	Simples	Rural	Ondulado	I
TH20	040MG	P/CANABRAVA	ENTR MG-420 (P/ANGUERETA/POMPÉU)	Simples	Rural	Ondulado	I
TH21	040MG	ENTR MG-420 (P/ANGUERETA/POMPÉU)	ENTR BR-135(A)	Simples	Rural	Ondulado	I
TH22	040MG	ENTR BR-135(A)	ACESSO NORTE DE PARAOPÉBA	Dupla	Rural	Ondulado	Dupla
TH23	040MG	ACESSO NORTE DE PARAOPÉBA	ACESSO SUL DE PARAOPÉBA	Dupla	Rural	Ondulado	Dupla
TH24	040MG	ACESSO SUL DE PARAOPÉBA	ENTR MG-231	Dupla	Rural	Plano	Dupla
TH25	040MG	ENTR MG-231	ENTR MG-424 (P/SETE LAGOAS)	Dupla	Rural	Montanhoso	Dupla

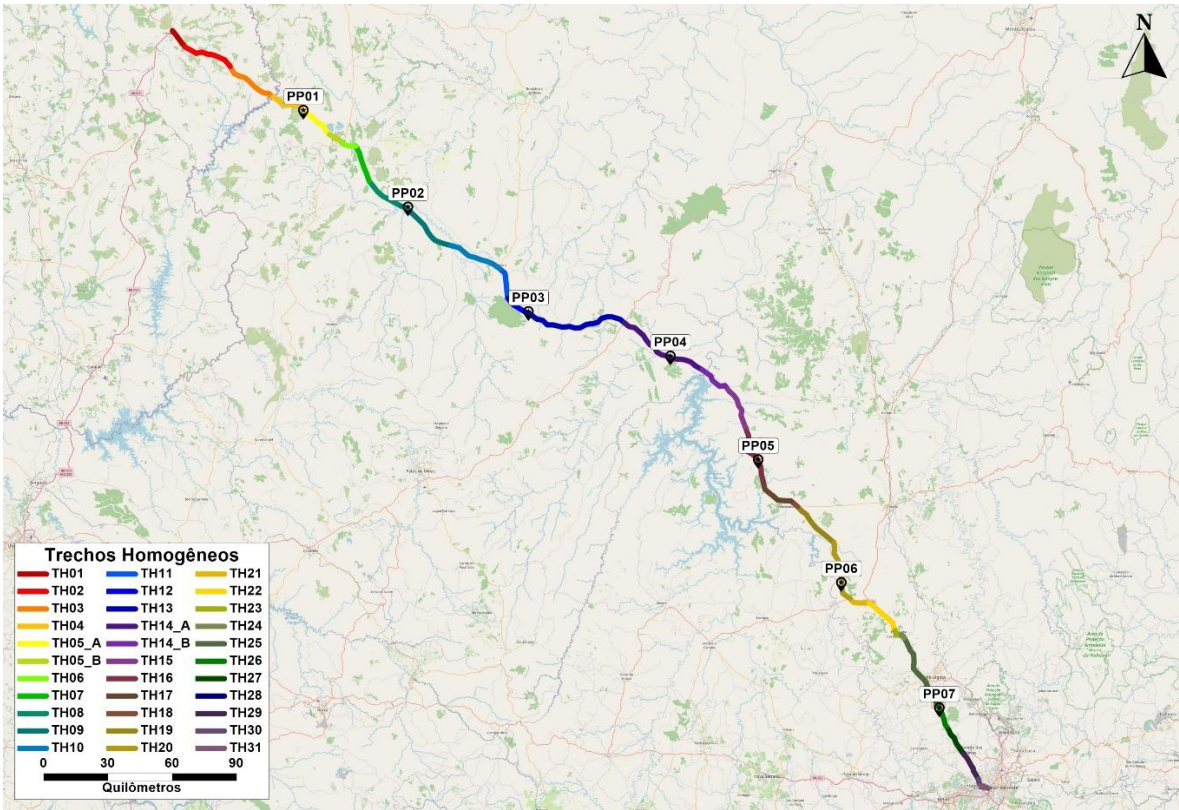
TH	Rodovia	Início	Fim	Tipo de Pista	Região	Terreno	Classe
		Referência	Referência				
TH26	040MG	ENTR MG-424 (P/SETE LAGOAS)	ACESSO A CARACOIS DE BAIXO	Dupla	Rural	Ondulado	Dupla
TH27	040MG	ACESSO A CARACOIS DE BAIXO	ENTR MG-432 (P/ESMERALDAS)	Dupla	Urbano	Ondulado	Dupla
TH28	040MG	ENTR MG-432 (P/ESMERALDAS)	TREVO P/RIBEIRÃO DAS NEVES	Dupla	Urbano	Ondulado	Dupla
TH29	040MG	TREVO P/RIBEIRÃO DAS NEVES	ACESSO A CONTAGEM	Dupla	Urbano	Plano	Dupla
TH30	040MG	ACESSO A CONTAGEM	TREVO P/CEASA-MG	Dupla	Urbano	Plano	Dupla
TH31	040MG	TREVO P/CEASA-MG	ENTR BR-135(B)/262(A)/381(A) (ANEL BH)	Dupla	Urbano	Ondulado	Dupla

*Trechos segmentados em função das variações de tráfego.

Assim, observa-se que a divisão inicial estabelecida pelo PER foi considerada, em grande parte, como diretriz para a definição dos Trechos Homogêneos, sendo necessárias subdivisões apenas em dois segmentos específicos.

Para facilitar a visualização, a Figura 9 a seguir apresenta os dois trechos que foram subdivididos em novos THs.

Figura 9: Trechos homogêneos em estudo



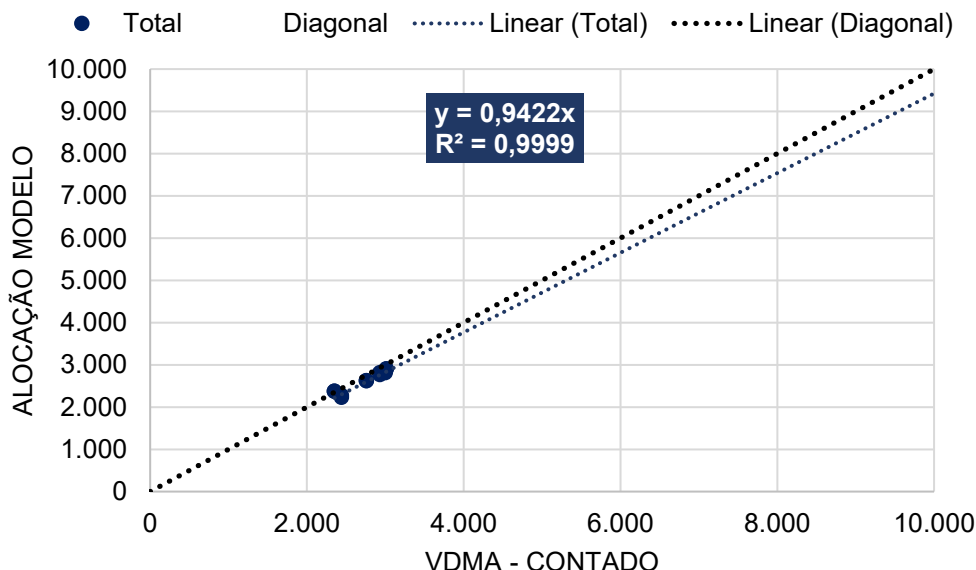
Fonte: Elaborador pelo autor (2026)

4.3. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS FLUXOS DE TRÁFEGO

Conforme descrito no capítulo de metodologia, a modelagem dos fluxos de tráfego do trecho em estudo buscou representar os padrões de deslocamento dos veículos comerciais ao longo da rodovia, de modo a determinar o volume de viagens captado em cada segmento analisado. Esse resultado constitui uma etapa fundamental para as análises de captação associadas à definição dos locais mais adequados para implantação dos Pontos de Parada e Descanso (PPDs).

Nesse contexto, o gráfico a seguir apresenta os resultados da alocação final da demanda após a aplicação do ajuste sintético por meio do método ODME (Origin-Destination Matrix Estimation). O Gráfico 12 compara os volumes de tráfego alocados pelo modelo com os volumes observados em campo, possibilitando avaliar a dispersão dos dados em relação à condição ideal, representada pela linha diagonal de equivalência entre volumes simulados e contados.

Gráfico 12: Calibração final do modelo após ajuste sintético



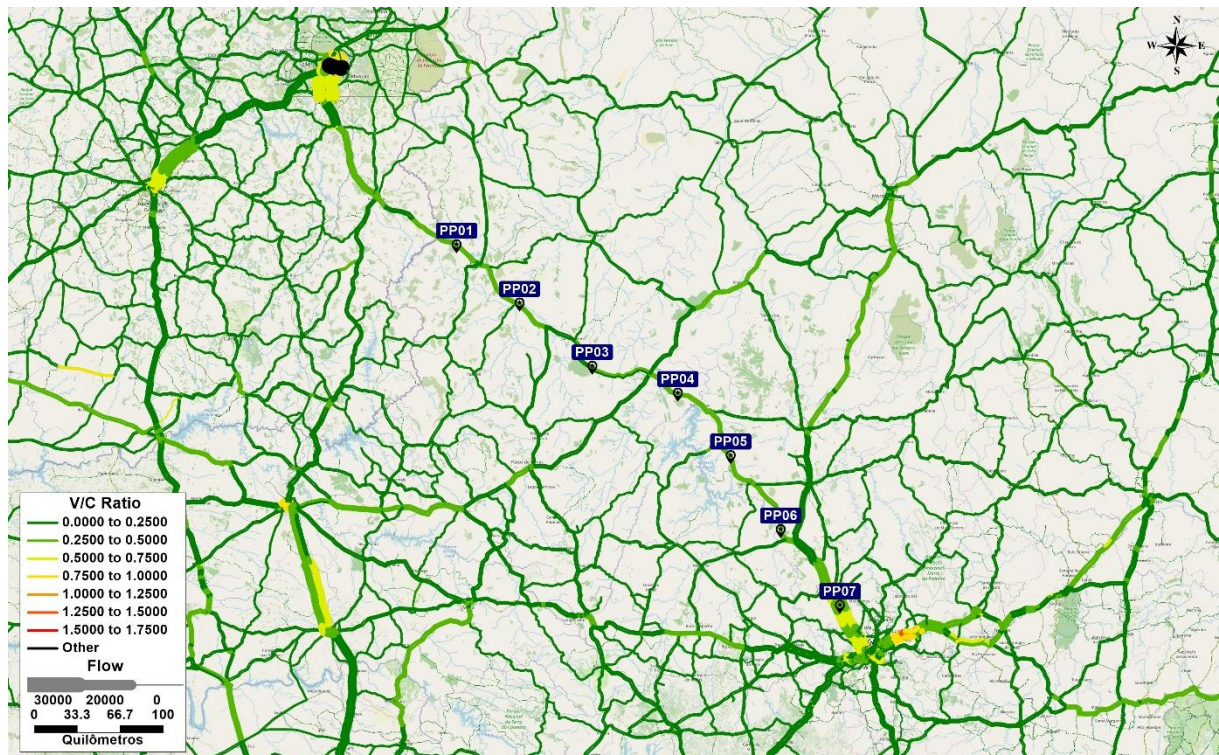
Observa-se que os volumes alocados apresentaram ajuste satisfatório em relação aos volumes reais observados, conforme demonstrado na Tabela 8 para as praças de pedágio analisadas. Os resultados classificados com conceito “A” indicam elevada aderência entre o tráfego modelado e o tráfego observado, de acordo com os critérios estabelecidos pelo indicador GEH, amplamente utilizado na calibração de modelos de tráfego.

Tabela 8: Resultado da GEH por praça

Ponto	Mov.	Auto	Cam 2 a 3e	Cam 4 a 6e	Cam 7+e	Total
P1	Norte	A	A	A	A	A
P1	Sul	A	A	A	A	A
P2	Norte	A	A	A	A	A
P2	Sul	A	A	A	A	A
P3	Norte	A	A	A	A	A
P3	Sul	B	A	A	A	A
P4	Norte	A	A	A	A	A
P4	Sul	A	A	A	A	A
P5	Norte	A	A	A	A	A
P5	Sul	A	A	A	A	A
P6	Norte	A	A	A	A	A
P6	Sul	A	A	A	A	A
P7	Norte	B	A	A	B	B
P7	Sul	B	A	A	B	B

Por fim, a Figura 10 apresenta o carregamento da rede viária calibrada para a situação atual do sistema rodoviário em estudo. Nessa representação, os volumes de tráfego são indicados pela espessura das linhas, enquanto a relação volume/capacidade é representada pela variação de cores ao longo da rede.

Figura 10: Rede calibrada para a situação atual

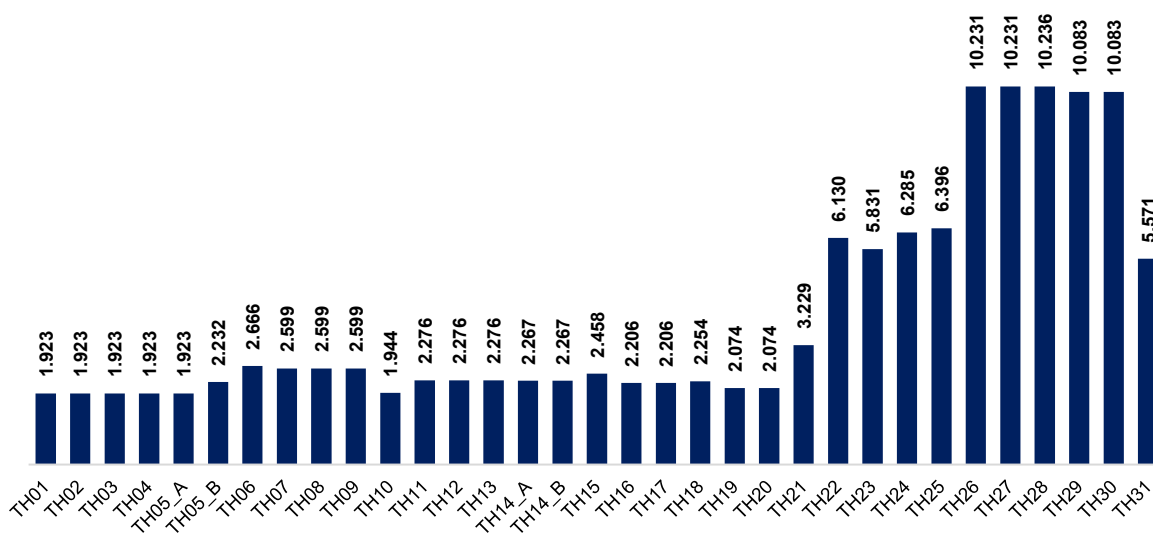


4.4. ANÁLISE DE COBERTURA DOS TRECHOS

Conforme mencionado no capítulo de metodologia, a modelagem de tráfego permitiu determinar o volume de viagens comerciais associado a cada trecho homogêneo da rodovia em estudo. Nesse contexto, considerando todas as viagens de caminhões que percorrem ao menos um dos segmentos analisados, independentemente da extensão efetivamente percorrida dentro do trecho, verifica-se a ocorrência de aproximadamente 16.164 viagens diárias de caminhões na BR-040, no segmento compreendido entre Belo Horizonte/MG e Cristalina/GO.

Com base nos volumes captados, torna-se possível identificar os segmentos que concentram maior quantidade de deslocamentos de veículos comerciais ao longo do lote em estudo. Dessa forma, buscando facilitar a visualização dos resultados obtidos, foi elaborado o Gráfico 13, que apresenta o percentual de captação por trecho homogêneo. A análise evidencia a variação do volume de viagens capturadas ao longo da rodovia, demonstrando o crescimento progressivo da demanda de veículos comerciais à medida que o trecho se aproxima da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Gráfico 13: Volume captado por trecho homogêneo



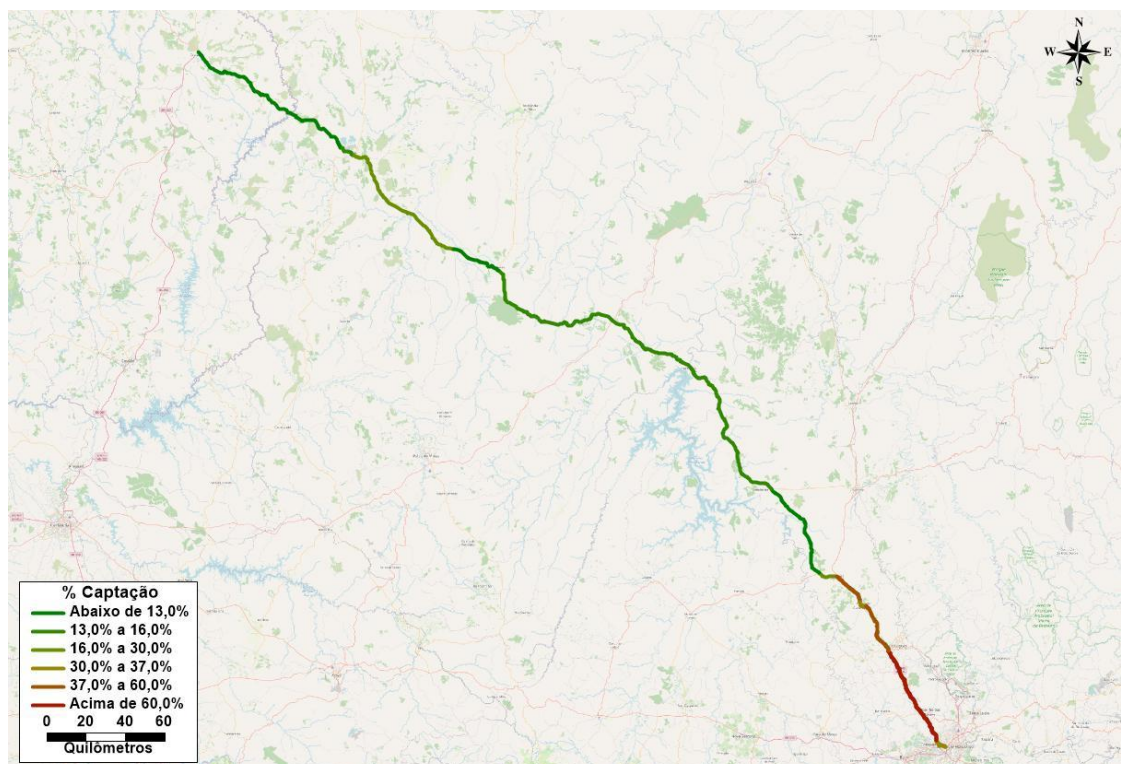
Adicionalmente, foi elaborado um ranking dos trechos homogêneos, apresentado na Tabela 9, no qual são destacados os volumes de viagens registrados e a participação percentual de cada segmento em relação ao total de viagens observadas no trecho em estudo.

Tabela 9: Ranking dos trechos homogêneos quanto à avaliação de viagens capturadas

Ranking	TH	% Captação	Ranking	TH	% Captação
1	TH28	63%	18	TH12	14%
2	TH26	63%	19	TH13	14%
3	TH27	63%	20	TH14_A	14%
4	TH29	62%	21	TH14_B	14%
5	TH30	62%	22	TH18	14%
6	TH25	40%	23	TH05_B	14%
7	TH24	39%	24	TH16	14%
8	TH22	38%	25	TH17	14%
9	TH23	36%	26	TH19	13%
10	TH31	34%	27	TH20	13%
11	TH21	20%	28	TH10	12%
12	TH06	16%	29	TH01	12%
13	TH07	16%	30	TH02	12%
14	TH08	16%	31	TH03	12%
15	TH09	16%	32	TH04	12%
16	TH15	15%	33	TH05_A	12%
17	TH11	14%			

Paralelamente, foi desenvolvido um mapa temático de captação com base no ranking dos segmentos homogêneos, no qual os trechos representados em vermelho correspondem aos maiores volumes de viagens capturadas, enquanto os segmentos em verde indicam menores níveis de captação, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Percentual de viagens capturadas por segmento



Observa-se que os trechos compreendidos entre os THs 26 e 30, localizados entre os municípios de Ribeirão das Neves/MG e Contagem/MG, apresentam os maiores índices de captação dentre os segmentos analisados. Esse comportamento está diretamente relacionado às características operacionais da região, marcada pela elevada concentração de viagens de abastecimento, além da presença de importantes centros de distribuição e atividades logísticas voltadas ao atendimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Entretanto, a definição da localização de novos Pontos de Parada e Descanso (PPDs) não deve se basear exclusivamente na análise de cobertura ou no volume total de viagens capturadas. Embora determinados trechos apresentem elevada concentração de fluxos de caminhões, isso não implica, necessariamente, que estejam posicionados em locais compatíveis com os tempos de deslocamento adequados para realização das paradas obrigatórias dos motoristas.

Dessa forma, a análise deve considerar de maneira integrada tanto os volumes de viagens capturados quanto os tempos de deslocamento associados aos pares Origem-Destino (O-D), permitindo avaliar em quais segmentos os motoristas efetivamente atingem as condições operacionais necessárias para realização das paradas regulamentares. Trata-se, portanto, de uma análise combinada, conforme será detalhado nos capítulos a seguir.

4.5. ANÁLISE DOS TEMPOS DE VIAGEM

A análise dos tempos de viagem, conforme detalhado no capítulo de metodologia, foi necessária para verificar o tempo de deslocamento de todos os pares Origem-Destino (O-D) da matriz do modelo até o ponto médio de cada trecho homogêneo analisado. Essa abordagem possibilitou estimar tanto o tempo total de deslocamento entre a origem e o destino da viagem quanto o período em que o condutor de veículo de carga permanece trafegando ao longo da rodovia em estudo.

A partir dessa definição, foi possível calcular o tempo de deslocamento entre a origem da viagem e o respectivo ponto médio de cada segmento, permitindo identificar em qual faixa horária da jornada o motorista se encontra ao trafegar por determinado trecho da rodovia.

Nesse contexto, foi considerada uma jornada diária de trabalho de 10 horas, em conformidade com a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), contemplando 8 horas regulares acrescidas de até 2 horas extras permitidas pela legislação. A jornada foi segmentada em duas etapas, conforme apresentado na Tabela 10 a seguir.

Tabela 10: Jornada de trabalho dos motoristas

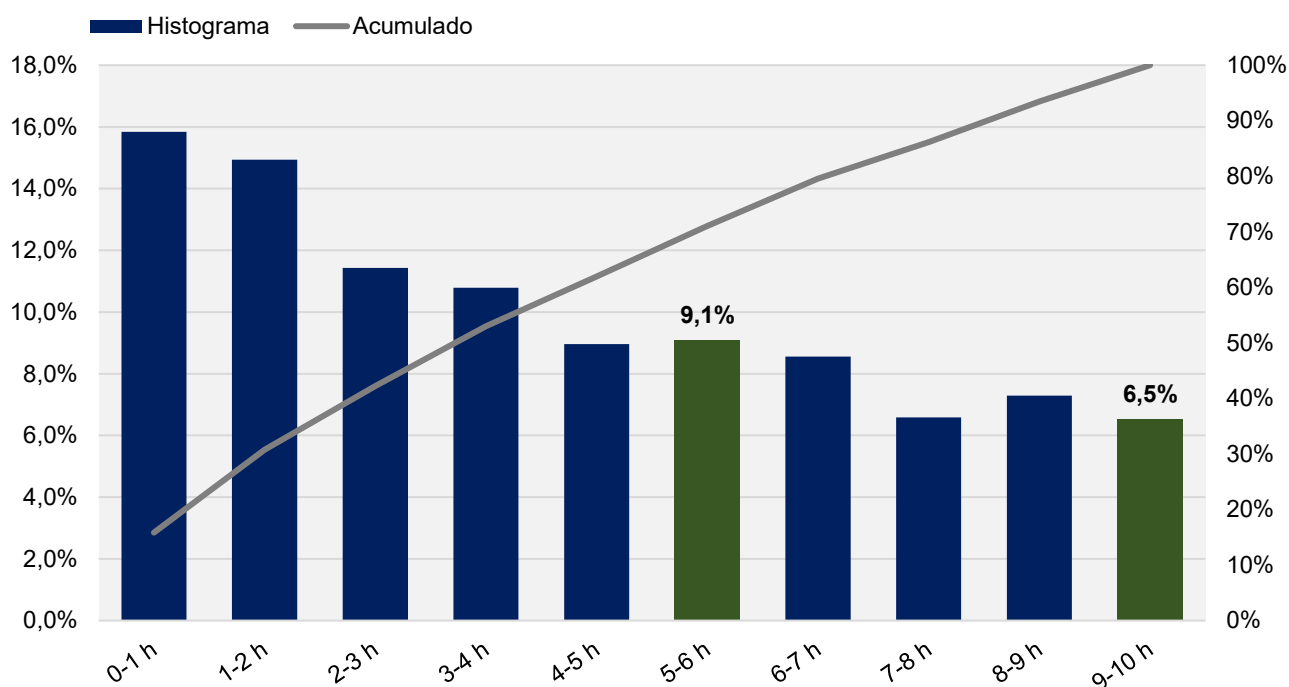
Etapas	Jornada (10 horas)
Condução (1ª parte)	05h30min
Descanso mínimo intrajornada	30 min
Condução (2ª parte)	04h00min
Descanso mínimo intrajornada	11h00min

Essa análise está alinhada ao disposto no artigo 67-C do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), no artigo 235-C da CLT e à decisão proferida pelo Supremo Tribunal Federal (STF) na Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) 5322/2022, que declarou a inconstitucionalidade do fracionamento do período mínimo de 11 horas de descanso interjornada.

Dessa forma, considerou-se que a jornada de condução se reinicia após o período de descanso noturno ininterrupto. Assim, em função do limite máximo de 5h30min de direção contínua permitido para motoristas de veículos de carga, foram definidos como intervalos de interesse os períodos entre 5 h e 6 h de viagem e entre 9 h e 10 h de jornada. Esses intervalos representam os momentos em que os motoristas possuem maior necessidade operacional e legal de realização das paradas para descanso.

A segmentação dos tempos de viagem dos caminhões por faixa horária ao longo da rodovia é apresentada no Gráfico 14. Observa-se que os intervalos de interesse definidos (entre 5 h e 6 h e entre 9 h e 10 h) correspondem a aproximadamente 15,6% do total das viagens realizadas no trecho analisado. Além disso, verifica-se que a faixa entre 0 h e 1 h apresenta a maior participação percentual de viagens na rodovia.

Gráfico 14: Segmentação dos tempos de viagem



A partir da análise dos tempos de deslocamento, tornou-se possível avaliar de forma integrada a relação entre a captação de viagens por trecho homogêneo e os intervalos de tempo considerados críticos para realização das paradas obrigatórias. Dessa forma, foram identificados os trechos homogêneos que apresentam os maiores percentuais de viagens enquadradas nos intervalos de interesse definidos pela Lei nº 13.103/2015.

A Tabela 11 apresenta o percentual de viagens potenciais em cada trecho homogêneo, considerando exclusivamente os deslocamentos inseridos nos intervalos entre 5 h e 6 h e entre 9 h e 10 h de jornada.

Tabela 11: Percentual de viagens potenciais

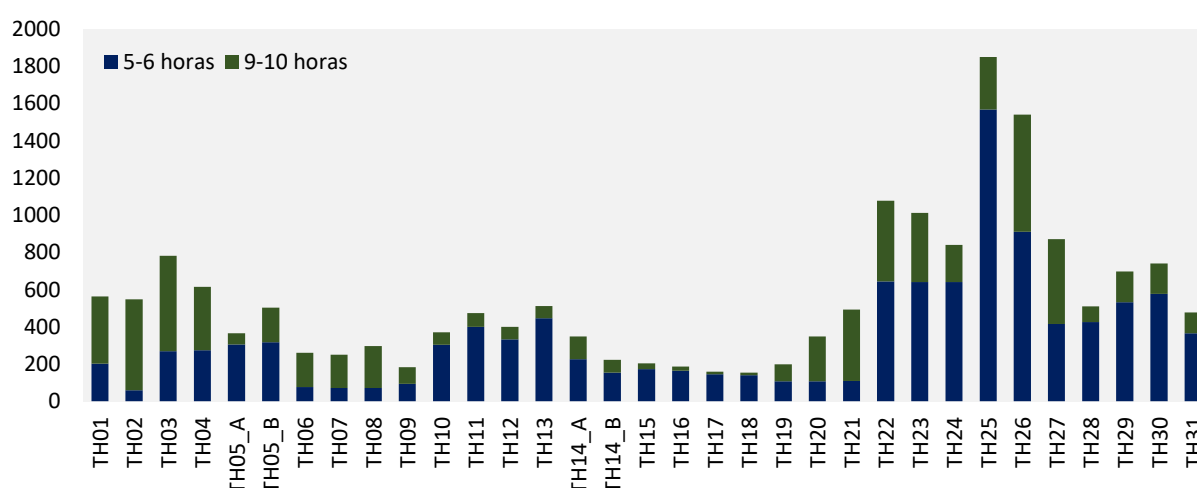
TH	Viagens Potenciais (%)	TH	Viagens Potenciais (%)
TH01	29.2%	TH16	8.5%
TH02	28.4%	TH17	7.2%
TH03	40.7%	TH18	6.8%
TH04	32.0%	TH19	9.6%
TH05_A	19.0%	TH20	16.8%
TH05_B	22.5%	TH21	15.2%
TH06	9.8%	TH22	17.6%

TH	Viagens Potenciais (%)	TH	Viagens Potenciais (%)
TH07	9.6%	TH23	17.4%
TH08	11.4%	TH24	13.4%
TH09	7.0%	TH25	28.9%
TH10	19.0%	TH26	15.0%
TH11	20.8%	TH27	8.5%
TH12	17.5%	TH28	5.0%
TH13	22.5%	TH29	6.9%
TH14_A	15.3%	TH30	7.3%
TH14_B	9.8%	TH31	8.6%
TH15	8.2%		

Por meio da análise dos percentuais de viagens potenciais, foi possível determinar o número total de viagens de veículos comerciais potencialmente atendidas em cada trecho homogêneo. Para isso, o percentual de viagens enquadradas nos intervalos de interesse foi aplicado sobre o Volume Diário Médio Anual de caminhões (VDMAc) calculado anteriormente para cada segmento analisado.

O Gráfico 15 apresenta os resultados obtidos para os trechos com maior volume de viagens potenciais atendidas dentro das faixas horárias de interesse. Observa-se que os trechos homogêneos 25 e 26 estão entre os segmentos com maior concentração de viagens enquadradas nos períodos analisados.

Gráfico 15: Número de viagens potenciais entre 5 e 6 h e 9 e 10 h por trecho



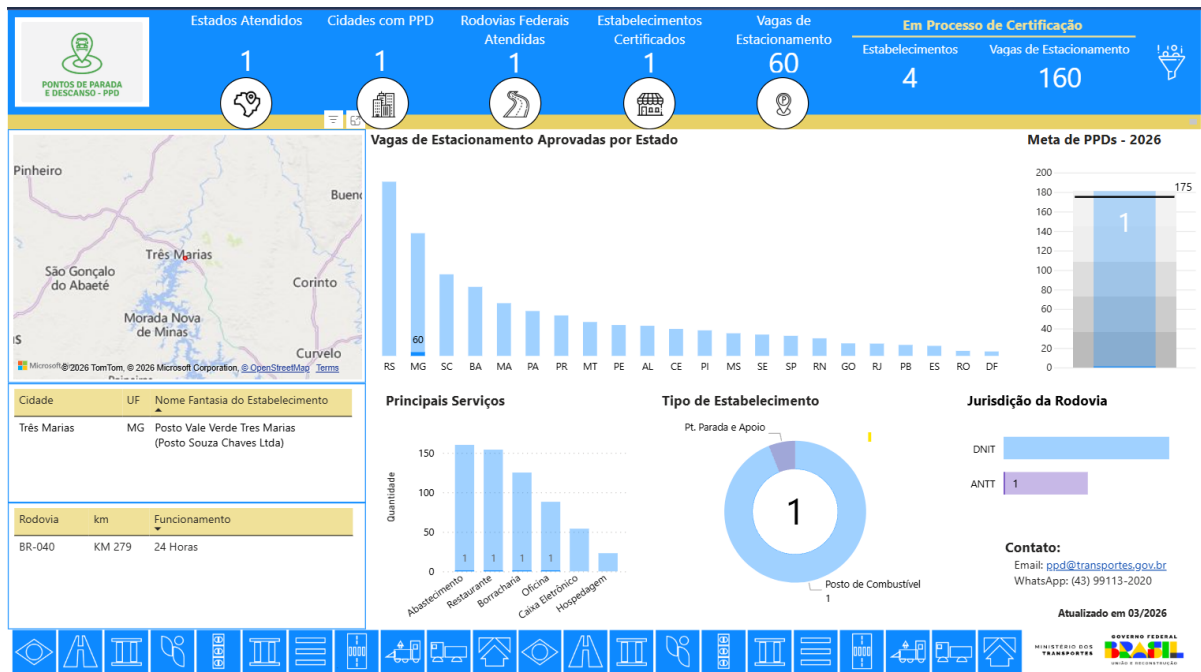
Nesse sentido, conforme discutido anteriormente, a definição dos trechos homogêneos mais adequados para implantação de Pontos de Parada e Descanso (PPDs) deve considerar de forma conjunta tanto o volume total de viagens capturadas

em cada segmento quanto os tempos de deslocamento associados às viagens. Essa abordagem integrada permite definir localizações mais aderentes aos padrões reais de circulação dos caminhoneiros, aumentando a efetividade da implantação dos PPDs e contribuindo para o atendimento das exigências operacionais e legais estabelecidas pela Lei dos Caminhoneiros.

4.6.RESULTADO DOS TRECHOS E PROPOSIÇÃO DOS LOCAIS

A partir da análise dos dados disponibilizados no portal da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), foi identificada a existência de apenas um estabelecimento regulamentado junto ao órgão como Ponto de Parada e Descanso (PPD) no trecho em estudo. O local encontra-se nas proximidades do município de Três Marias/MG, aproximadamente no km 279 da BR-040, conforme ilustrado na figura a seguir.

Figura 12: Posto de parada de descanso existente



Fonte: Portal ANTT

Considerando que o trecho analisado possui aproximadamente 595 quilômetros de extensão e conta atualmente com apenas um PPD regulamentado, foi avaliada a proposição de dois novos locais para implantação de Pontos de Parada e Descanso, buscando ampliar a cobertura operacional e melhorar o atendimento aos motoristas de veículos de carga ao longo da rodovia.

Nesse contexto, foi realizada uma análise integrada dos trechos homogêneos da BR-040/MG/GO, considerando simultaneamente:

- O percentual de viagens captadas em cada segmento;
- O volume potencial de viagens enquadradas nos intervalos de tempo de interesse;
- E o espaçamento operacional entre os possíveis pontos de implantação.

A avaliação teve como objetivo maximizar o número de viagens atendidas dentro dos períodos associados à necessidade de parada obrigatória dos caminhoneiros, conforme estabelecido pela legislação vigente. Dessa forma, foram analisadas combinações entre diferentes trechos homogêneos, priorizando pares de segmentos capazes de atender simultaneamente maior volume de viagens e melhor distribuição espacial ao longo do corredor rodoviário.

Para isso, foi desenvolvida uma análise combinatória contemplando todos os possíveis pares de implantação de Pontos de Parada e Descanso (PPDs) ao longo do trecho em estudo, cujos resultados completos são apresentados no Apêndice I. A Tabela 12 apresenta as 10 combinações com melhor desempenho segundo os critérios adotados na pesquisa.

Tabela 12: Resultado da combinação dos trechos

Ranking	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado*	Atendido**
1	TH25	TH26	00:51:00	14,273	3,388
2	TH22	TH25	00:52:00	9,689	2,925
3	TH23	TH25	00:37:00	9,391	2,860
4	TH25	TH27	01:03:00	14,273	2,718
5	TH24	TH25	00:28:00	9,606	2,688
6	TH03	TH25	08:34:00	7,757	2,630
7	TH22	TH26	01:17:00	12,243	2,616
8	TH25	TH30	01:21:00	14,209	2,589
9	TH23	TH26	01:02:00	11,945	2,551
10	TH25	TH29	01:19:00	14,209	2,545

* Volume captado refere-se ao total de veículos comerciais que trafegam pelo trecho homogêneo ao longo do dia.

** Volume potencial refere-se ao número de viagens enquadradas nas faixas horárias de interesse para realização das paradas obrigatórias dos motoristas de veículos de carga.

Conforme mencionado anteriormente trechos com elevada captação de viagens não necessariamente representam os locais mais adequados para implantação de um

PPD. Isso ocorre porque o volume total de veículos capturados em determinado segmento não reflete, isoladamente, a necessidade efetiva de parada dos motoristas naquele local.

Dessa forma, a definição dos segmentos prioritários deve considerar de maneira integrada tanto o volume total de viagens capturadas quanto o percentual de viagens enquadradas nos intervalos de tempo associados às pausas obrigatórias dos caminhoneiros. Enquanto o volume captado representa o fluxo total de veículos comerciais que trafega pelo trecho ao longo do dia, o volume potencial está relacionado especificamente às viagens que atingem os limites operacionais de jornada nos segmentos analisados.

Além disso, observa-se que segmentos espacialmente próximos tendem a apresentar percentuais semelhantes de captação e de viagens atendidas. Assim, trechos com elevado potencial operacional naturalmente resultam em melhores combinações na análise, conforme apresentado na tabela anterior. Entretanto, para definição dos locais de implantação dos PPDs, também deve ser considerada a distância entre os segmentos selecionados, buscando ampliar a abrangência territorial do atendimento e evitar a concentração de estruturas destinadas aos mesmos fluxos e perfis de viagens.

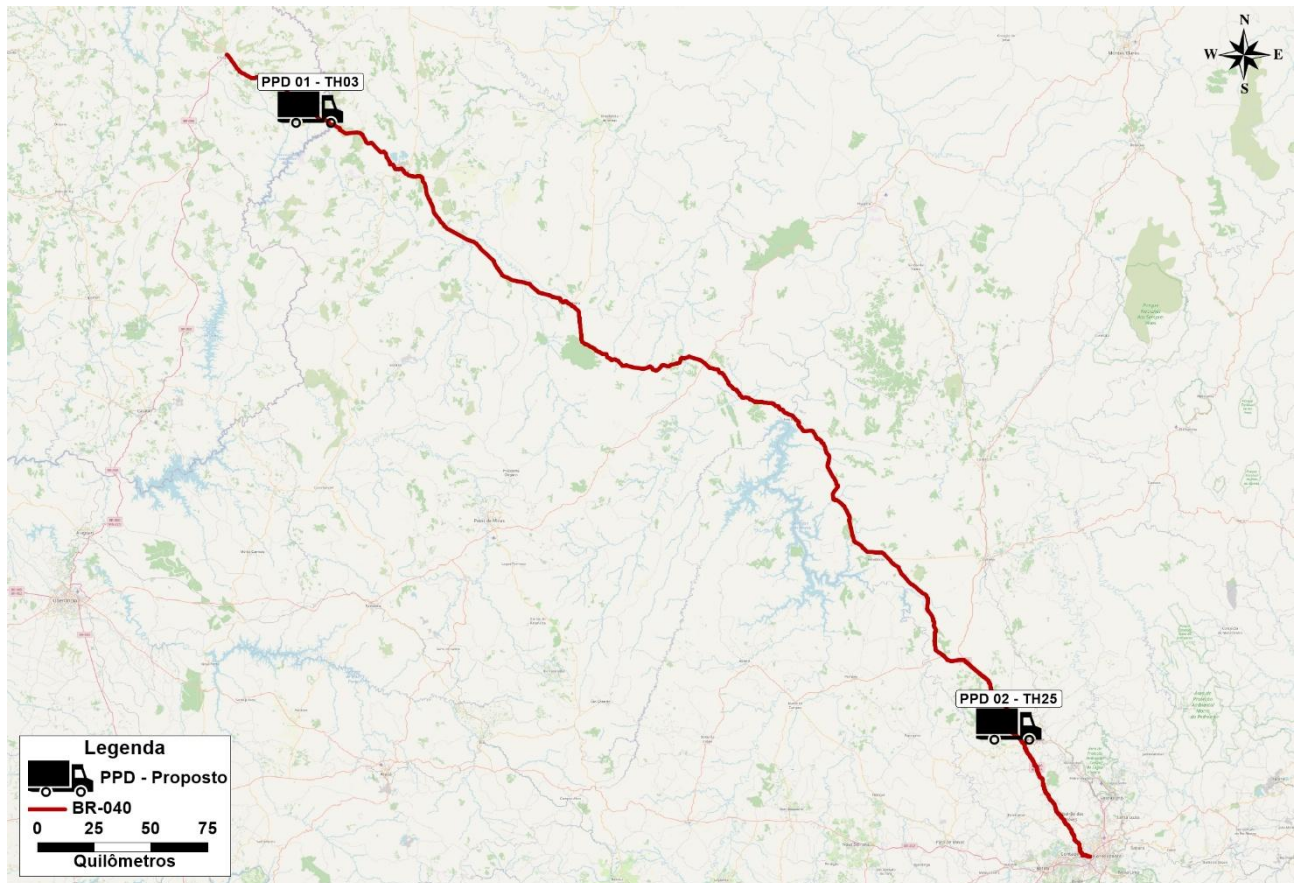
Com base nos resultados obtidos, o arranjo final recomendado consiste na implantação de dois Pontos de Parada e Descanso, distribuídos entre os extremos norte e sul da concessão, buscando ampliar a cobertura operacional da rodovia e atender aos seguintes critérios:

- Abrangência dos principais pares de viagem identificados no corredor;
- Manutenção de distâncias operacionais adequadas entre os PPDs;
- Priorização de segmentos com maior volume de viagens potenciais.

Considerando os critérios adotados, verificou-se que a combinação entre os THs 3 e 25 apresentou o melhor equilíbrio entre cobertura operacional, volume de viagens capturadas e quantidade de viagens potenciais enquadradas nas faixas horárias de interesse. Essa configuração representa a sexta melhor combinação em termos absolutos de captação e se destaca pela melhor distribuição espacial ao longo da

rodovia, além da maior aderência aos critérios operacionais estabelecidos para implantação dos Pontos de Parada e Descanso (PPDs). A Figura 13 apresenta a localização dos pontos selecionados para implantação dos Postos de Parada e Descanso (PPDs) ao longo da rodovia.

Figura 13: Proposição de localização dos PPDs



Por fim, os resultados obtidos demonstram que a utilização integrada de dados de tráfego, modelagem de demanda, análise dos tempos de viagem e avaliação espacial dos fluxos permite estruturar uma metodologia capaz de indicar e hierarquizar os locais mais adequados para implantação de novos Pontos de Parada e Descanso ao longo do trecho analisado.

A abordagem proposta busca alinhar critérios operacionais, legais e logísticos, contribuindo para maior efetividade das áreas de descanso destinadas aos motoristas de veículos de carga. Além disso, a metodologia desenvolvida contribui para o aumento da segurança operacional nas rodovias e para a melhoria das condições de

trabalho e qualidade de vida dos caminhoneiros, profissionais fundamentais para o funcionamento da logística e do transporte de cargas no Brasil.

5. CONCLUSÃO

O transporte rodoviário de cargas desempenha papel fundamental na logística brasileira, sendo responsável pela movimentação da maior parte das cargas no território nacional. Nesse contexto, a operação dos motoristas profissionais está diretamente associada às condições de segurança, infraestrutura e disponibilidade de locais adequados para realização das pausas obrigatórias previstas na legislação. A ausência de Pontos de Parada e Descanso (PPDs) adequados contribui para o aumento da fadiga dos condutores, elevando os riscos operacionais e impactando negativamente a segurança viária nas rodovias brasileiras.

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo propor uma metodologia para determinação da localização ideal de novos Pontos de Parada e Descanso em rodovias, utilizando como área de aplicação o trecho da BR-040 entre Belo Horizonte/MG e Cristalina/GO. Para isso, foram integradas técnicas de modelagem de tráfego, análise de fluxos Origem-Destino, segmentação em trechos homogêneos, análise de cobertura de viagens e avaliação dos tempos de deslocamento associados à jornada operacional dos caminhoneiros.

Inicialmente, foram analisados os dados públicos disponibilizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e pelo Governo Federal, incluindo contagens classificatórias, históricos de tráfego de praças de pedágio e pesquisas Origem-Destino realizadas para subsidiar o processo de concessão da BR-040/MG/GO. A utilização dessa base de dados permitiu caracterizar o comportamento operacional dos fluxos de veículos comerciais ao longo do corredor rodoviário estudado.

A partir da consolidação e tratamento das informações, o sistema rodoviário foi segmentado em trechos homogêneos, possibilitando a realização das análises de captação e cobertura de viagens. Posteriormente, foi desenvolvido um modelo de tráfego computacional, permitindo representar os padrões de deslocamento dos veículos comerciais ao longo da rodovia e estimar os volumes de viagens capturados em cada segmento analisado. Os resultados obtidos demonstraram elevada aderência entre os volumes simulados e os volumes observados em campo,

evidenciando consistência metodológica e confiabilidade da modelagem desenvolvida.

Com base nos resultados da modelagem, verificou-se a ocorrência de aproximadamente 16.164 viagens diárias de caminhões no trecho analisado da BR-040, sendo observada maior concentração de fluxos nos segmentos próximos à Região Metropolitana de Belo Horizonte. Os resultados evidenciaram que os trechos homogêneos localizados próximos aos municípios de Ribeirão das Neves/MG e Contagem/MG apresentaram os maiores índices de captação de viagens comerciais, comportamento associado à elevada concentração de atividades logísticas e centros de distribuição existentes na região para abastecimento da RMBH.

Entretanto, conforme demonstrado ao longo do estudo, a análise baseada exclusivamente no volume total de viagens capturadas não é suficiente para definição dos locais mais adequados para implantação dos PPDs. Dessa forma, foi realizada uma análise complementar dos tempos de viagem associados aos pares Origem-Destino da matriz de tráfego, considerando os limites operacionais previstos na Lei nº 13.103/2015 e na legislação trabalhista aplicável aos caminhoneiros.

A segmentação das viagens por faixa horária permitiu identificar os deslocamentos enquadrados nos intervalos de interesse correspondentes aos períodos em que os motoristas possuem maior necessidade operacional e legal de realização das pausas obrigatórias. Os resultados demonstraram que aproximadamente 15,6% das viagens realizadas no trecho estudado encontram-se nos intervalos entre 5 h e 6 h e entre 9 h e 10 h de jornada, correspondendo aos períodos de interesse para análise, visto a necessidade de parada em um posto de descanso.

Nesse contexto, verificou-se que os trechos homogêneos 25 e 26 apresentaram os maiores volumes de viagens potenciais enquadradas nos períodos de interesse. Contudo, também foi observado que segmentos espacialmente muito próximos tendem a atender os mesmos fluxos e perfis de viagem, o que reforçou a necessidade de incorporar critérios de distribuição espacial e abrangência territorial na análise final de seleção dos locais.

A partir da análise combinatória dos possíveis pares de implantação de Pontos de Parada e Descanso ao longo do corredor rodoviário, concluiu-se que a combinação entre os THs 3 e 25 apresentou o melhor equilíbrio entre volume de viagens capturadas, quantidade de viagens potenciais atendidas e distribuição espacial ao longo da rodovia. Embora essa configuração não represente a maior captação absoluta de viagens, sua localização permite ampliar a cobertura operacional do corredor, evitando concentração excessiva de estruturas em uma mesma região e proporcionando maior efetividade ao sistema de apoio aos motoristas de veículos de carga.

Os resultados obtidos demonstram que a metodologia proposta apresenta potencial para subsidiar estudos de planejamento e implantação de novos Pontos de Parada e Descanso em rodovias brasileiras, permitindo integrar critérios operacionais, legais, espaciais e logísticos em uma abordagem estruturada de análise. Além disso, a metodologia desenvolvida contribui para uma visão mais aderente à realidade operacional vivenciada pelos caminhoneiros, considerando não apenas os volumes de tráfego, mas também os tempos efetivos de deslocamento e as necessidades associadas à jornada de trabalho dos motoristas profissionais.

Por fim, entende-se que a ampliação da oferta de áreas adequadas para descanso ao longo das rodovias brasileiras representa medida essencial para redução da fadiga dos motoristas, aumento da segurança viária e melhoria das condições de trabalho dos profissionais do transporte rodoviário de cargas. Dessa forma, espera-se que o presente estudo possa contribuir para futuras pesquisas e para o desenvolvimento de políticas públicas e projetos de infraestrutura voltados à implantação de novos Pontos de Parada e Descanso, promovendo maior eficiência logística e melhores condições operacionais para o transporte rodoviário no Brasil.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. Resolução n.º 6.054, de 31 de outubro de 2024. Aprova o Regulamento dos Pontos de Parada e Descanso sob competência da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Brasília: ANTT, 2024. Disponível em: https://anttlegis.antt.gov.br/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&num_ato=00006054&sgl_tipo=RES&sgl_orgao=DG/ANTT/MT&vlr_ano=2024&seq_ato=000&cod_modulo=623&cod_menu=9230. Acesso em: 19 out. 2025.

ALVES, D. H. et al. Impactos da greve dos caminhoneiros à luz do código de defesa do consumidor. *JURIS - Revista da Faculdade de Direito*, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 155-166, dez. 2018.

BATISTA, Adriana Maria Figuerêdo et al. Condições de trabalho de caminhoneiros: percepções sobre a saúde e autocuidado. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, v. 31, p. e310206, 2021.

BERNARDINO, Diogo Moreira et al. Condições de trabalho dos caminhoneiros: uma análise dos pontos de apoio, parada e descanso disponibilizados aos caminhoneiros em Anápolis-GO. 2019.

BERTONCINI, Bruno Vieira. Uma proposta de estimação da matriz OD a partir dos fluxos de tráfego observados nas interseções da rede de transportes. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BRASIL. Decreto nº 8.433, de 9 de maio de 2016. Regulamenta a Lei nº 13.103/2015 no que se refere às condições de espera, repouso e descanso dos motoristas profissionais. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8433.htm. Acesso em: 19 out. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.103, de 2 de março de 2015. Dispõe sobre o exercício da profissão de motorista. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 3 mar. 2015.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). *Pontos de Parada e Descanso* [Internet]. Brasília, DF: ANTT, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/pontos-de-parada-e-descanso>. Acesso em: 12 out. 2025.

BRASIL. Portaria MTP nº 672, de 8 de novembro de 2021. Consolida normas sobre segurança e saúde no trabalho. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 9 nov. 2021.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. *ADI 5322/DF*. Rel. Min. Alexandre de Moraes. Acórdão publicado em 30 ago. 2023. Disponível em: <https://portal.trt3.jus.br/internet/jurisprudencia/repercussao-geral-e-controle-concentrado-adi-adc-e-adpf-stf/downloads/adi-5322-acordao.pdf>. Acesso em: 19 out. 2025.

BRASIL. Instrução Normativa nº 4, de 13 de abril de 2012. Institui a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA). Brasília, DF: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012.

BRASIL. Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016. Institui a Política de Dados Abertos do Poder Executivo federal. Brasília, DF: Presidência da República, 2016.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Presidência da República, 1997.

BRASIL. Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. Brasília, DF: Presidência da República, 1943.

CHEN, Chen; XIE, Yuanchang. Modeling the safety impacts of driving hours and rest breaks on truck drivers considering time-dependent covariates. *Journal of Safety Research*, v. 51, p. 57-63, 2014.

CHEN, Chen; XIE, Yuanchang. The impacts of multiple rest-break periods on commercial truck driver's crash risk. *Journal of Safety Research*, v. 48, p. 87-93, 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasil). *Pesquisa CNT de Rodovias 2024*. Brasília, DF: CNT; SEST SENAT; ITL, 2024. 224 p. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/cbf59b9e-fd1a-41fc-b230-172c4dc42100>. Acesso em: 2 nov. 2025.

CREMER, M.; KELLER, H. A new class of dynamic methods for the identification of origin-destination flows. *Transportation Research B*, v. 21, n. 2, p. 117–132, 1987.

CRIZZLE, Alexander M.; TOXOPEUS, Ryan; MALKIN, Jennifer. Impact of limited rest areas on truck driver crashes in Saskatchewan: a mixed-methods approach. *BMC public health*, v. 20, n. 1, p. 971, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. *Diretrizes para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopo Básico/Instruções de Serviço*. Rio de Janeiro: IPR-726, 2006a. 483 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. *Manual de Estudos de Tráfego*. Rio de Janeiro: IPR-723, 2006b. 384 p.

FRAGOSO JUNIOR, Ademar; GARCIA, Eduardo Garcia. Transporte rodoviário de carga: acidentes de trabalho fatais e fiscalização trabalhista. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 44, p. e3, 2019.

HERMAN, J. et al. Driver sleepiness and risk of motor vehicle crash injuries. *PMC*, 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3969304/>.

MEULENERS, Lynn et al. Determinants of the occupational environment and heavy vehicle crashes in Western Australia: a case–control study. *Accident Analysis & Prevention*, v. 99, p. 452-458, 2017.

MOREIRA, Jansen Souza; LEAL, Ludwig Félix Machado; DA CRUZ BARBOSA, Silvana. Saúde mental no transporte rodoviário de carga: olhar ao caminhoneiro. *Revista Psicologia e Saúde*, p. 133-145, 2022.

OJEDA, Gracielen Pereira. Qualidade de vida e estresse: um estudo de caso com os motoristas de cargas internacionais da Transportes Fafo. 2017.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. *Modelling Transport*. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

PAIVA, Carlos. Modelagem em Tráfego e Transporte. *Documento para Discussão*, 2003.

RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; FERREIRA, Karine Araújo. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, v. 23, 2002.

ROESS, R. Speed-Flow Curves for Freeways in the HCM: A Historical Perspective. *90th Annual Meeting of the TRB*, Washington, D.C., 2011.

SANTO, Lais Fernanda dal; SANTOS JUNIOR, Silvio; CAZELLA, Carla Fabiana. Impactos socioeconômicos da Lei n. 12.619/2012 no transporte rodoviário de cargas: um estudo em Chapecó, SC. *Unoesc & Ciência – ACsa*, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 77-84, jun. 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/235125100>. Acesso em: 19 out. 2025.

SEPRT. Portaria nº 1.343, de 2 de dezembro de 2019. Dispõe sobre requisitos mínimos de conforto e segurança em pontos de parada. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 dez. 2019.

SILVA, Athina Braga Soares et al. Fadiga e seu impacto na morbimortalidade de motoristas profissionais: uma revisão narrativa. *Fatigue and its impact on morbidity and mortality among professional drivers: a narrative review*.

SILVA, Ramon Araújo. Vida de caminhoneiro: sofrimento e paixão. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Psicologia, PUC-Campinas, Campinas, 2015. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br>. Acesso em: 15 out. 2025.

SOS ESTRADAS: PROGRAMA DE SEGURANÇA NAS ESTRADAS (Brasil). *A importância social e econômica dos pontos de parada no Brasil e sua importância para a aplicação da Lei 13.103/15 – A Lei dos Caminhoneiros*. 2015. Disponível em: <http://estradas.com.br/wp-content/uploads/2013/07/Estudo-Importancia-Pontos-de-Parada-Brasil-dez-2015.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD – TRB. *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C.: TRB, 1985.

WILLIAMSON, Ann et al. The link between fatigue and safety. *Accident Analysis & Prevention*, v. 43, n. 2, p. 498-515, 2011.

WILLUMSEN, L. G. Simplified transport models based on traffic counts. *Transportation*, n. 10, p. 257–278, 1981.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Occupational Health: Ethical Code of Practice*. Geneva: World Health Organization, 1984.

YAO, Ying et al. Classification of fatigued and drunk driving based on decision tree methods: a simulator study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 11, p. 1935, 2019.

YAO, Y. et al. Classification of fatigued and drunk driving based on driving performance. *PMC*, 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6604013/>.

APÊNDICE

Tabela 13: Possíveis pares de implantação de Pontos de Parada e Descanso (PPDs)

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
1	TH01	TH02	00:35	1,923	1,109
2	TH01	TH03	01:03	1,923	1,344
3	TH01	TH04	01:20	1,923	1,177
4	TH01	TH05_A	01:39	1,923	928
5	TH01	TH05_B	01:48	2,411	1,065
6	TH01	TH06	01:55	2,845	823
7	TH01	TH07	02:13	2,786	812
8	TH01	TH08	02:33	2,786	858
9	TH01	TH09	03:05	2,786	746
10	TH01	TH10	03:32	2,646	932
11	TH01	TH11	03:47	3,031	1,036
12	TH01	TH12	04:01	3,031	962
13	TH01	TH13	04:54	3,031	1,074
14	TH01	TH14_A	05:41	3,031	910
15	TH01	TH14_B	05:56	3,031	784
16	TH01	TH15	06:20	3,397	765
17	TH01	TH16	06:51	3,146	749
18	TH01	TH17	07:09	3,146	721
19	TH01	TH18	07:13	3,214	715
20	TH01	TH19	07:38	3,053	761
21	TH01	TH20	08:08	3,053	910
22	TH01	TH21	08:17	4,208	1,054
23	TH01	TH22	08:32	7,109	1,639
24	TH01	TH23	08:41	6,825	1,574
25	TH01	TH24	08:43	7,281	1,402
26	TH01	TH25	09:09	7,757	2,411
27	TH01	TH26	09:34	11,316	2,102
28	TH01	TH27	09:46	11,316	1,432
29	TH01	TH28	09:47	11,320	1,072
30	TH01	TH29	10:02	11,175	1,259
31	TH01	TH30	10:04	11,175	1,303
32	TH01	TH31	10:11	6,805	1,039
33	TH02	TH03	00:53	1,923	1,328
34	TH02	TH04	01:10	1,923	1,161
35	TH02	TH05_A	01:29	1,923	912
36	TH02	TH05_B	01:38	2,411	1,050
37	TH02	TH06	01:45	2,845	808
38	TH02	TH07	02:03	2,786	797
39	TH02	TH08	02:23	2,786	842

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
40	TH02	TH09	02:55	2,786	730
41	TH02	TH10	03:22	2,646	916
42	TH02	TH11	03:37	3,031	1,020
43	TH02	TH12	03:51	3,031	946
44	TH02	TH13	04:43	3,031	1,058
45	TH02	TH14_A	05:30	3,031	894
46	TH02	TH14_B	05:46	3,031	768
47	TH02	TH15	06:10	3,397	749
48	TH02	TH16	06:41	3,146	733
49	TH02	TH17	06:59	3,146	706
50	TH02	TH18	07:03	3,214	700
51	TH02	TH19	07:28	3,053	745
52	TH02	TH20	07:58	3,053	894
53	TH02	TH21	08:07	4,208	1,038
54	TH02	TH22	08:22	7,109	1,623
55	TH02	TH23	08:31	6,825	1,558
56	TH02	TH24	08:33	7,281	1,386
57	TH02	TH25	08:59	7,757	2,395
58	TH02	TH26	09:24	11,316	2,086
59	TH02	TH27	09:36	11,316	1,416
60	TH02	TH28	09:37	11,320	1,056
61	TH02	TH29	09:52	11,175	1,243
62	TH02	TH30	09:53	11,175	1,287
63	TH02	TH31	10:01	6,805	1,023
64	TH03	TH04	00:45	1,923	1,397
65	TH03	TH05_A	01:04	1,923	1,147
66	TH03	TH05_B	01:13	2,411	1,285
67	TH03	TH06	01:20	2,845	1,043
68	TH03	TH07	01:38	2,786	1,032
69	TH03	TH08	01:58	2,786	1,077
70	TH03	TH09	02:30	2,786	965
71	TH03	TH10	02:57	2,646	1,152
72	TH03	TH11	03:12	3,031	1,256
73	TH03	TH12	03:26	3,031	1,181
74	TH03	TH13	04:19	3,031	1,293
75	TH03	TH14_A	05:06	3,031	1,129
76	TH03	TH14_B	05:21	3,031	1,003
77	TH03	TH15	05:45	3,397	984
78	TH03	TH16	06:16	3,146	969
79	TH03	TH17	06:34	3,146	941
80	TH03	TH18	06:38	3,214	935
81	TH03	TH19	07:03	3,053	980
82	TH03	TH20	07:33	3,053	1,130

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
83	TH03	TH21	07:42	4,208	1,274
84	TH03	TH22	07:57	7,109	1,858
85	TH03	TH23	08:06	6,825	1,794
86	TH03	TH24	08:08	7,281	1,622
87	TH03	TH25	08:34	7,757	2,630
88	TH03	TH26	08:59	11,316	2,322
89	TH03	TH27	09:11	11,316	1,652
90	TH03	TH28	09:12	11,320	1,292
91	TH03	TH29	09:27	11,175	1,478
92	TH03	TH30	09:29	11,175	1,523
93	TH03	TH31	09:36	6,805	1,259
94	TH04	TH05_A	00:36	1,923	980
95	TH04	TH05_B	00:45	2,411	1,118
96	TH04	TH06	00:52	2,845	876
97	TH04	TH07	01:10	2,786	865
98	TH04	TH08	01:30	2,786	910
99	TH04	TH09	02:02	2,786	798
100	TH04	TH10	02:29	2,646	985
101	TH04	TH11	02:44	3,031	1,089
102	TH04	TH12	02:58	3,031	1,014
103	TH04	TH13	03:51	3,031	1,126
104	TH04	TH14_A	04:38	3,031	962
105	TH04	TH14_B	04:53	3,031	836
106	TH04	TH15	05:17	3,397	817
107	TH04	TH16	05:49	3,146	802
108	TH04	TH17	06:06	3,146	774
109	TH04	TH18	06:10	3,214	768
110	TH04	TH19	06:35	3,053	813
111	TH04	TH20	07:05	3,053	963
112	TH04	TH21	07:14	4,208	1,107
113	TH04	TH22	07:29	7,109	1,691
114	TH04	TH23	07:38	6,825	1,627
115	TH04	TH24	07:40	7,281	1,455
116	TH04	TH25	08:06	7,757	2,463
117	TH04	TH26	08:31	11,316	2,155
118	TH04	TH27	08:43	11,316	1,485
119	TH04	TH28	08:44	11,320	1,125
120	TH04	TH29	08:59	11,175	1,311
121	TH04	TH30	09:01	11,175	1,356
122	TH04	TH31	09:08	6,805	1,092
123	TH05_A	TH05_B	00:28	2,411	869
124	TH05_A	TH06	00:34	2,845	626
125	TH05_A	TH07	00:53	2,786	615

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
126	TH05_A	TH08	01:13	2,786	661
127	TH05_A	TH09	01:45	2,786	549
128	TH05_A	TH10	02:12	2,646	735
129	TH05_A	TH11	02:27	3,031	839
130	TH05_A	TH12	02:40	3,031	765
131	TH05_A	TH13	03:33	3,031	877
132	TH05_A	TH14_A	04:20	3,031	713
133	TH05_A	TH14_B	04:36	3,031	587
134	TH05_A	TH15	04:60	3,397	568
135	TH05_A	TH16	05:31	3,146	552
136	TH05_A	TH17	05:49	3,146	524
137	TH05_A	TH18	05:53	3,214	519
138	TH05_A	TH19	06:18	3,053	564
139	TH05_A	TH20	06:47	3,053	713
140	TH05_A	TH21	06:57	4,208	857
141	TH05_A	TH22	07:12	7,109	1,442
142	TH05_A	TH23	07:21	6,825	1,377
143	TH05_A	TH24	07:23	7,281	1,205
144	TH05_A	TH25	07:49	7,757	2,214
145	TH05_A	TH26	08:14	11,316	1,905
146	TH05_A	TH27	08:26	11,316	1,235
147	TH05_A	TH28	08:27	11,320	875
148	TH05_A	TH29	08:42	11,175	1,062
149	TH05_A	TH30	08:43	11,175	1,106
150	TH05_A	TH31	08:51	6,805	842
151	TH05_B	TH06	00:16	2,709	764
152	TH05_B	TH07	00:34	2,706	753
153	TH05_B	TH08	00:54	2,706	799
154	TH05_B	TH09	01:26	2,706	686
155	TH05_B	TH10	01:53	2,664	873
156	TH05_B	TH11	02:09	3,110	977
157	TH05_B	TH12	02:22	3,110	902
158	TH05_B	TH13	03:15	3,110	1,014
159	TH05_B	TH14_A	04:02	3,164	850
160	TH05_B	TH14_B	04:17	3,164	724
161	TH05_B	TH15	04:41	3,560	706
162	TH05_B	TH16	05:13	3,310	690
163	TH05_B	TH17	05:30	3,310	662
164	TH05_B	TH18	05:34	3,384	656
165	TH05_B	TH19	05:59	3,224	701
166	TH05_B	TH20	06:29	3,224	851
167	TH05_B	TH21	06:38	4,379	995
168	TH05_B	TH22	06:53	7,280	1,579

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
169	TH05_B	TH23	07:02	6,998	1,515
170	TH05_B	TH24	07:04	7,454	1,343
171	TH05_B	TH25	07:30	8,001	2,352
172	TH05_B	TH26	07:55	11,499	2,043
173	TH05_B	TH27	08:07	11,499	1,373
174	TH05_B	TH28	08:08	11,503	1,013
175	TH05_B	TH29	08:23	11,363	1,199
176	TH05_B	TH30	08:25	11,363	1,244
177	TH05_B	TH31	08:32	7,065	980
178	TH06	TH07	00:25	2,666	511
179	TH06	TH08	00:45	2,666	557
180	TH06	TH09	01:17	2,666	444
181	TH06	TH10	01:44	2,855	631
182	TH06	TH11	01:59	3,311	735
183	TH06	TH12	02:13	3,311	660
184	TH06	TH13	03:05	3,311	772
185	TH06	TH14_A	03:52	3,367	608
186	TH06	TH14_B	04:08	3,367	482
187	TH06	TH15	04:32	3,771	463
188	TH06	TH16	05:03	3,522	448
189	TH06	TH17	05:21	3,522	420
190	TH06	TH18	05:25	3,600	414
191	TH06	TH19	05:50	3,448	459
192	TH06	TH20	06:19	3,448	609
193	TH06	TH21	06:29	4,603	753
194	TH06	TH22	06:44	7,504	1,337
195	TH06	TH23	06:53	7,222	1,273
196	TH06	TH24	06:55	7,679	1,101
197	TH06	TH25	07:21	8,331	2,110
198	TH06	TH26	07:46	11,744	1,801
199	TH06	TH27	07:58	11,744	1,131
200	TH06	TH28	07:59	11,748	771
201	TH06	TH29	08:14	11,630	957
202	TH06	TH30	08:15	11,630	1,002
203	TH06	TH31	08:23	7,356	738
204	TH07	TH08	00:38	2,599	546
205	TH07	TH09	01:10	2,599	433
206	TH07	TH10	01:37	2,788	620
207	TH07	TH11	01:53	3,244	724
208	TH07	TH12	02:06	3,244	649
209	TH07	TH13	02:59	3,244	761
210	TH07	TH14_A	03:46	3,300	597
211	TH07	TH14_B	04:01	3,300	471

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
212	TH07	TH15	04:25	3,704	453
213	TH07	TH16	04:57	3,455	437
214	TH07	TH17	05:14	3,455	409
215	TH07	TH18	05:18	3,533	403
216	TH07	TH19	05:43	3,381	448
217	TH07	TH20	06:13	3,381	598
218	TH07	TH21	06:22	4,536	742
219	TH07	TH22	06:37	7,437	1,326
220	TH07	TH23	06:46	7,155	1,262
221	TH07	TH24	06:48	7,612	1,090
222	TH07	TH25	07:14	8,264	2,099
223	TH07	TH26	07:39	11,677	1,790
224	TH07	TH27	07:51	11,677	1,120
225	TH07	TH28	07:52	11,681	760
226	TH07	TH29	08:07	11,563	946
227	TH07	TH30	08:09	11,563	991
228	TH07	TH31	08:16	7,289	727
229	TH08	TH09	00:52	2,599	479
230	TH08	TH10	01:19	2,788	665
231	TH08	TH11	01:34	3,244	769
232	TH08	TH12	01:48	3,244	695
233	TH08	TH13	02:40	3,244	807
234	TH08	TH14_A	03:27	3,300	643
235	TH08	TH14_B	03:43	3,300	517
236	TH08	TH15	04:07	3,704	498
237	TH08	TH16	04:38	3,455	482
238	TH08	TH17	04:56	3,455	455
239	TH08	TH18	04:60	3,533	449
240	TH08	TH19	05:25	3,381	494
241	TH08	TH20	05:54	3,381	643
242	TH08	TH21	06:04	4,536	787
243	TH08	TH22	06:19	7,437	1,372
244	TH08	TH23	06:28	7,155	1,307
245	TH08	TH24	06:30	7,612	1,135
246	TH08	TH25	06:56	8,264	2,144
247	TH08	TH26	07:21	11,677	1,835
248	TH08	TH27	07:33	11,677	1,165
249	TH08	TH28	07:34	11,681	805
250	TH08	TH29	07:49	11,563	992
251	TH08	TH30	07:50	11,563	1,036
252	TH08	TH31	07:58	7,289	772
253	TH09	TH10	00:59	2,788	553
254	TH09	TH11	01:14	3,244	657

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
255	TH09	TH12	01:28	3,244	582
256	TH09	TH13	02:21	3,244	694
257	TH09	TH14_A	03:08	3,300	530
258	TH09	TH14_B	03:23	3,300	405
259	TH09	TH15	03:47	3,704	386
260	TH09	TH16	04:18	3,455	370
261	TH09	TH17	04:36	3,455	342
262	TH09	TH18	04:40	3,533	336
263	TH09	TH19	05:05	3,381	381
264	TH09	TH20	05:35	3,381	531
265	TH09	TH21	05:44	4,536	675
266	TH09	TH22	05:59	7,437	1,260
267	TH09	TH23	06:08	7,155	1,195
268	TH09	TH24	06:10	7,612	1,023
269	TH09	TH25	06:36	8,264	2,032
270	TH09	TH26	07:01	11,677	1,723
271	TH09	TH27	07:13	11,677	1,053
272	TH09	TH28	07:14	11,681	693
273	TH09	TH29	07:29	11,563	879
274	TH09	TH30	07:31	11,563	924
275	TH09	TH31	07:38	7,289	660
276	TH10	TH11	00:42	2,582	844
277	TH10	TH12	00:56	2,582	769
278	TH10	TH13	01:49	2,582	881
279	TH10	TH14_A	02:36	2,645	717
280	TH10	TH14_B	02:51	2,645	591
281	TH10	TH15	03:15	3,048	572
282	TH10	TH16	03:47	2,799	556
283	TH10	TH17	04:04	2,799	529
284	TH10	TH18	04:08	2,878	523
285	TH10	TH19	04:33	2,726	568
286	TH10	TH20	05:03	2,726	718
287	TH10	TH21	05:12	3,881	861
288	TH10	TH22	05:27	6,782	1,446
289	TH10	TH23	05:36	6,500	1,382
290	TH10	TH24	05:38	6,956	1,210
291	TH10	TH25	06:04	7,690	2,218
292	TH10	TH26	06:29	11,022	1,909
293	TH10	TH27	06:41	11,022	1,240
294	TH10	TH28	06:42	11,027	880
295	TH10	TH29	06:57	10,908	1,066
296	TH10	TH30	06:59	10,908	1,110
297	TH10	TH31	07:06	6,634	847

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
298	TH11	TH12	00:29	2,276	873
299	TH11	TH13	01:22	2,276	985
300	TH11	TH14_A	02:09	2,531	821
301	TH11	TH14_B	02:24	2,531	695
302	TH11	TH15	02:48	2,969	676
303	TH11	TH16	03:20	2,753	661
304	TH11	TH17	03:37	2,753	633
305	TH11	TH18	03:41	2,857	627
306	TH11	TH19	04:06	2,744	672
307	TH11	TH20	04:36	2,744	822
308	TH11	TH21	04:45	3,900	966
309	TH11	TH22	05:00	6,800	1,550
310	TH11	TH23	05:09	6,545	1,486
311	TH11	TH24	05:11	7,002	1,314
312	TH11	TH25	05:37	7,892	2,322
313	TH11	TH26	06:02	11,165	2,014
314	TH11	TH27	06:14	11,165	1,344
315	TH11	TH28	06:15	11,171	984
316	TH11	TH29	06:30	11,065	1,170
317	TH11	TH30	06:32	11,065	1,215
318	TH11	TH31	06:39	6,869	951
319	TH12	TH13	01:06	2,276	910
320	TH12	TH14_A	01:53	2,531	746
321	TH12	TH14_B	02:09	2,531	621
322	TH12	TH15	02:33	2,969	602
323	TH12	TH16	03:04	2,753	586
324	TH12	TH17	03:22	2,753	558
325	TH12	TH18	03:26	2,857	552
326	TH12	TH19	03:51	2,744	597
327	TH12	TH20	04:20	2,744	747
328	TH12	TH21	04:30	3,900	891
329	TH12	TH22	04:45	6,800	1,475
330	TH12	TH23	04:54	6,545	1,411
331	TH12	TH24	04:56	7,002	1,239
332	TH12	TH25	05:22	7,892	2,248
333	TH12	TH26	05:47	11,165	1,939
334	TH12	TH27	05:59	11,165	1,269
335	TH12	TH28	05:60	11,171	909
336	TH12	TH29	06:15	11,065	1,095
337	TH12	TH30	06:16	11,065	1,140
338	TH12	TH31	06:24	6,869	876
339	TH13	TH14_A	01:40	2,531	859
340	TH13	TH14_B	01:55	2,531	733

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
341	TH13	TH15	02:19	2,969	714
342	TH13	TH16	02:51	2,753	698
343	TH13	TH17	03:08	2,753	670
344	TH13	TH18	03:12	2,857	664
345	TH13	TH19	03:37	2,744	710
346	TH13	TH20	04:07	2,744	859
347	TH13	TH21	04:16	3,900	1,003
348	TH13	TH22	04:31	6,800	1,588
349	TH13	TH23	04:40	6,545	1,523
350	TH13	TH24	04:42	7,002	1,351
351	TH13	TH25	05:08	7,892	2,360
352	TH13	TH26	05:33	11,165	2,051
353	TH13	TH27	05:45	11,165	1,381
354	TH13	TH28	05:46	11,171	1,021
355	TH13	TH29	06:01	11,065	1,208
356	TH13	TH30	06:03	11,065	1,252
357	TH13	TH31	06:10	6,869	988
358	TH14_A	TH14_B	01:03	2,267	569
359	TH14_A	TH15	01:27	2,932	550
360	TH14_A	TH16	01:58	2,716	534
361	TH14_A	TH17	02:15	2,716	506
362	TH14_A	TH18	02:19	2,824	500
363	TH14_A	TH19	02:44	2,732	546
364	TH14_A	TH20	03:14	2,732	695
365	TH14_A	TH21	03:24	3,887	839
366	TH14_A	TH22	03:39	6,788	1,424
367	TH14_A	TH23	03:47	6,532	1,359
368	TH14_A	TH24	03:49	6,989	1,187
369	TH14_A	TH25	04:16	7,881	2,196
370	TH14_A	TH26	04:41	11,156	1,887
371	TH14_A	TH27	04:52	11,156	1,217
372	TH14_A	TH28	04:54	11,162	857
373	TH14_A	TH29	05:08	11,055	1,044
374	TH14_A	TH30	05:10	11,055	1,088
375	TH14_A	TH31	05:17	6,860	824
376	TH14_B	TH15	00:40	2,932	424
377	TH14_B	TH16	01:11	2,716	408
378	TH14_B	TH17	01:28	2,716	380
379	TH14_B	TH18	01:32	2,824	374
380	TH14_B	TH19	01:57	2,732	420
381	TH14_B	TH20	02:27	2,732	569
382	TH14_B	TH21	02:37	3,887	713
383	TH14_B	TH22	02:52	6,788	1,298

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
384	TH14_B	TH23	03:00	6,532	1,233
385	TH14_B	TH24	03:02	6,989	1,061
386	TH14_B	TH25	03:29	7,881	2,070
387	TH14_B	TH26	03:54	11,156	1,761
388	TH14_B	TH27	04:05	11,156	1,091
389	TH14_B	TH28	04:07	11,162	731
390	TH14_B	TH29	04:21	11,055	918
391	TH14_B	TH30	04:23	11,055	962
392	TH14_B	TH31	04:30	6,860	698
393	TH15	TH16	00:55	2,465	389
394	TH15	TH17	01:13	2,465	362
395	TH15	TH18	01:17	2,648	356
396	TH15	TH19	01:42	2,634	401
397	TH15	TH20	02:11	2,634	550
398	TH15	TH21	02:21	3,789	694
399	TH15	TH22	02:36	6,690	1,279
400	TH15	TH23	02:45	6,440	1,214
401	TH15	TH24	02:47	6,897	1,042
402	TH15	TH25	03:13	7,969	2,051
403	TH15	TH26	03:38	11,157	1,742
404	TH15	TH27	03:50	11,157	1,072
405	TH15	TH28	03:51	11,163	712
406	TH15	TH29	04:06	11,056	899
407	TH15	TH30	04:07	11,056	943
408	TH15	TH31	04:15	6,932	679
409	TH16	TH17	00:49	2,206	346
410	TH16	TH18	00:53	2,393	340
411	TH16	TH19	01:18	2,382	385
412	TH16	TH20	01:47	2,382	535
413	TH16	TH21	01:57	3,537	678
414	TH16	TH22	02:12	6,438	1,263
415	TH16	TH23	02:21	6,187	1,198
416	TH16	TH24	02:23	6,644	1,027
417	TH16	TH25	02:49	7,716	2,035
418	TH16	TH26	03:14	10,904	1,726
419	TH16	TH27	03:26	10,904	1,056
420	TH16	TH28	03:27	10,910	696
421	TH16	TH29	03:42	10,803	883
422	TH16	TH30	03:43	10,803	927
423	TH16	TH31	03:51	6,679	663
424	TH17	TH18	00:22	2,393	312
425	TH17	TH19	00:46	2,382	357
426	TH17	TH20	01:16	2,382	507

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
427	TH17	TH21	01:26	3,537	651
428	TH17	TH22	01:41	6,438	1,235
429	TH17	TH23	01:50	6,187	1,171
430	TH17	TH24	01:51	6,644	999
431	TH17	TH25	02:18	7,716	2,008
432	TH17	TH26	02:43	10,904	1,699
433	TH17	TH27	02:54	10,904	1,029
434	TH17	TH28	02:56	10,910	669
435	TH17	TH29	03:10	10,803	855
436	TH17	TH30	03:12	10,803	900
437	TH17	TH31	03:20	6,679	636
438	TH18	TH19	00:29	2,254	351
439	TH18	TH20	00:59	2,254	501
440	TH18	TH21	01:08	3,409	645
441	TH18	TH22	01:23	6,310	1,229
442	TH18	TH23	01:32	6,094	1,165
443	TH18	TH24	01:34	6,552	993
444	TH18	TH25	02:00	7,696	2,002
445	TH18	TH26	02:25	10,881	1,693
446	TH18	TH27	02:37	10,881	1,023
447	TH18	TH28	02:38	10,887	663
448	TH18	TH29	02:53	10,783	849
449	TH18	TH30	02:55	10,783	894
450	TH18	TH31	03:02	6,672	630
451	TH19	TH20	00:55	2,074	546
452	TH19	TH21	01:04	3,229	690
453	TH19	TH22	01:19	6,130	1,275
454	TH19	TH23	01:28	5,914	1,210
455	TH19	TH24	01:30	6,372	1,038
456	TH19	TH25	01:56	7,516	2,047
457	TH19	TH26	02:21	10,701	1,738
458	TH19	TH27	02:33	10,701	1,068
459	TH19	TH28	02:34	10,707	708
460	TH19	TH29	02:49	10,603	895
461	TH19	TH30	02:51	10,603	939
462	TH19	TH31	02:58	6,492	675
463	TH20	TH21	00:39	3,229	839
464	TH20	TH22	00:54	6,130	1,424
465	TH20	TH23	01:03	5,914	1,360
466	TH20	TH24	01:05	6,372	1,188
467	TH20	TH25	01:31	7,516	2,196
468	TH20	TH26	01:56	10,701	1,887
469	TH20	TH27	02:08	10,701	1,218

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
470	TH20	TH28	02:09	10,707	858
471	TH20	TH29	02:24	10,603	1,044
472	TH20	TH30	02:26	10,603	1,088
473	TH20	TH31	02:33	6,492	825
474	TH21	TH22	00:24	6,941	1,568
475	TH21	TH23	00:33	6,748	1,503
476	TH21	TH24	00:35	7,210	1,332
477	TH21	TH25	01:01	8,530	2,340
478	TH21	TH26	01:26	11,835	2,031
479	TH21	TH27	01:38	11,835	1,361
480	TH21	TH28	01:40	11,841	1,001
481	TH21	TH29	01:54	11,742	1,188
482	TH21	TH30	01:56	11,742	1,232
483	TH21	TH31	02:03	7,641	968
484	TH22	TH23	00:24	6,130	2,088
485	TH22	TH24	00:26	6,608	1,916
486	TH22	TH25	00:52	9,689	2,925
487	TH22	TH26	01:17	12,243	2,616
488	TH22	TH27	01:29	12,243	1,946
489	TH22	TH28	01:30	12,254	1,586
490	TH22	TH29	01:45	12,245	1,773
491	TH22	TH30	01:46	12,245	1,817
492	TH22	TH31	01:54	9,368	1,553
493	TH23	TH24	00:11	6,309	1,852
494	TH23	TH25	00:37	9,391	2,860
495	TH23	TH26	01:02	11,945	2,551
496	TH23	TH27	01:14	11,945	1,882
497	TH23	TH28	01:15	11,956	1,522
498	TH23	TH29	01:30	11,946	1,708
499	TH23	TH30	01:31	11,946	1,752
500	TH23	TH31	01:39	9,070	1,489
501	TH24	TH25	00:28	9,606	2,688
502	TH24	TH26	00:53	11,951	2,380
503	TH24	TH27	01:05	11,951	1,710
504	TH24	TH28	01:06	11,971	1,350
505	TH24	TH29	01:21	11,970	1,536
506	TH24	TH30	01:23	11,970	1,580
507	TH24	TH31	01:30	9,263	1,317
508	TH25	TH26	00:51	14,273	3,388
509	TH25	TH27	01:03	14,273	2,718
510	TH25	TH28	01:04	14,294	2,358
511	TH25	TH29	01:19	14,209	2,545
512	TH25	TH30	01:21	14,209	2,589

Aux Par	Combinação		Tempo entre THs (h)	Volume	
	1º Trecho	2º Trecho		Captado	Atendido
513	TH25	TH31	01:28	10,631	2,325
514	TH26	TH27	00:37	10,231	2,409
515	TH26	TH28	00:38	10,304	2,049
516	TH26	TH29	00:53	10,459	2,236
517	TH26	TH30	00:54	10,459	2,280
518	TH26	TH31	01:02	10,248	2,016
519	TH27	TH28	00:13	10,304	1,380
520	TH27	TH29	00:28	10,459	1,566
521	TH27	TH30	00:29	10,459	1,610
522	TH27	TH31	00:37	10,248	1,347
523	TH28	TH29	00:16	10,455	1,206
524	TH28	TH30	00:18	10,455	1,250
525	TH28	TH31	00:25	10,243	987
526	TH29	TH30	00:16	10,083	1,437
527	TH29	TH31	00:24	10,090	1,173
528	TH30	TH31	00:09	10,090	1,217