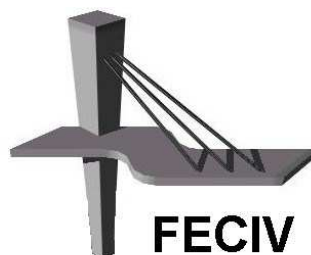


DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MICROSSIMULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE  
DESEMPENHO OPERACIONAL DA  
DUPLICAÇÃO DE UMA RODOVIA: CASO DA  
BR-365**

**GABRIEL JOSÉ DA SILVA**

**UBERLÂNDIA, 14 de julho de 2017**



**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



**Gabriel José da Silva**

**MICROSSIMULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE  
DESEMPENHO OPERACIONAL DA DUPLICAÇÃO DE  
UMA RODOVIA: CASO DA BR-365**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de **Mestre em  
Engenharia Civil**.

**Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Camilla Miguel Carrara Lazzarini**

Uberlândia, 14 de Julho de 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S586m  
2017 Silva, Gabriel José da, 1992-  
Microssimulação para avaliação de desempenho operacional da  
duplicação de uma rodovia: caso da BR-365 / Gabriel José da Silva. -  
2017.  
95 f. : il.

Orientadora: Camilla Miguel Carrara Lazzarini.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.  
Inclui bibliografia.

1. Engenharia civil - Teses. 2. Rodovias - Trafego - Teses. 3.  
Tráfego - Engenharia - Teses. 4. Programas de computador - Verificação  
- Teses. I. Lazzarini, Camilla Miguel Carrara. III. Universidade Federal  
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV.  
Título.



## ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE

**ATA Nº:** 184/2017

**CANDIDATO:** Gabriel José da Silva

**Nº. Matrícula:** 11522ECV008

**ORIENTADOR:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camilla Miguel Carrara Lazzarini

**TÍTULO:** "Microsimulação para avaliação de desempenho operacional da duplicação de uma rodovia: caso da BR-365".

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Engenharia Urbana, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

**LINHA DE PESQUISA:** Planejamento e Infraestrutura Urbana e de Transporte

**PROJETO DE PESQUISA:** Logística

**DATA DA DEFESA:** 14 de julho de 2017

**LOCAL:** Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvea, bloco 1Y.

**HORÁRIO INÍCIO/TÉRMINO:** 14:02 - 16:40

Reuniu-se na **Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvea, bloco 1Y - Campus Santa Mônica** da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do PPGE, assim composta: Professores Doutores: **José Aparecido Serratini – FECIV/UFU; André Luiz Barbosa Nunes da Cunha – EESC/USP e Camilla Miguel Carrara Lazzarini** orientadora do candidato. Ressalta-se que o **Prof. Dr. André Luiz Barbosa Nunes da Cunha** participou da defesa por meio de vídeo conferência desde a cidade de São Carlos (SP) e os demais membros da banca e o aluno participaram in loco.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camilla Miguel Carrara Lazzarini** apresentou a Comissão Examinadora e concedeu ao discente a palavra para a exposição do trabalho. A seguir, a senhora presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato Aprovado. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pela Banca Examinadora.

Camilla Miguel Carrara Lazzarini

Professor Orientador: **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camilla Miguel Carrara Lazzarini – FECIV/UFU**

[Assinatura]

Membro externo: **Prof. Dr. André Luiz Barbosa Nunes da Cunha – EESC/USP**

José Ap. Serratini

Membro interno: **Prof. Dr. José Aparecido Serratini – FECIV/UFU**

Uberlândia, 14 de julho de 2017.

# AGRADECIMENTOS

---

À Deus pela dom da vida.

Aos meus pais, José Paulo e Ana Maria, por todos os ensinamentos, pelo companheirismo, por sempre estarem comigo sempre me apoiando, e pelo imenso Amor, Carinho e Dedicação que proporcionam em minha vida.

Aos meus irmãos, Geraldo e Josiana, e aos demais familiares pelo apoio incondicional.

À minha orientadora Dr<sup>a</sup>. Camilla Miguel Carrara Lazzarini pelo apoio, disposição, paciência e ensinamentos me passado durante os anos da realização deste estudo.

Ao professor Dr. José Aparecido Serratini pelo conhecimento transmitido, pelas contribuições durante a qualificação e a defesa desta dissertação e aos professores Dr<sup>a</sup>. Luciany Oliveira Seabra e Dr. André Luiz Barbosa Nunes da Cunha pelas contribuições na qualificação e na defesa da dissertação, respectivamente.

À Carla, Nildomar e Willie pela imensa ajuda nas pesquisa de tráfego.

À todos os meus colegas do PPGECE da UFU pelo companheirismo e ajuda mútua durante o mestrado.

À todos meus amigos que me auxiliaram de alguma forma.

À CAPES pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de estudos.

À todos que contribuíram de alguma maneira, direta e indiretamente, para que este estudo fosse realizado.

# EPÍGRAFE

---

*“Pássaros criados em gaiolas acreditam que voar é uma doença.”*

Alejandro Jodorowsky

Silva, G. J. Microsimulação para Avaliação de Desempenho Operacional da Duplicação de uma Rodovia: Caso da BR-365. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2017. 89 p.

## RESUMO

---

Como inexistem dados de referência que representem a necessidade da duplicação de uma rodovia na legislação brasileira tornam-se necessários estudos que justifiquem tal necessidade. Assim, este trabalho visa fornecer justificativas para verificar a melhoria operacional de uma rodovia brasileira, considerando sua duplicação. Para isto, utilizaram-se os programas computacionais TSIS e HCS+ para realizar a análise da eficácia da duplicação. A rodovia em estudo é a BR-365 no trecho entre as cidades de Patos de Minas e Uberlândia. Realizam-se estudos do tráfego em vários subtrechos da rodovia e para se quantificar a melhoria obtida com a duplicação, realizou-se a simulação do trecho em estudo de forma a obter as condições de trafegabilidade dos veículos na via atual (pista simples) e após isto, considerando a duplicação em todo o trecho e assim, obtiveram-se as novas condições de trafegabilidade dos veículos. Utilizaram-se volumes de tráfego médios e máximos horário dos dias pesquisados nas simulações. Com a rodovia em pista simples as simulações resultaram em níveis de serviço “B”, “C” e “D” no programa TSIS e níveis de serviço “C” e “D” no programa HCS+. Simulando a rodovia duplicada, obteve-se que a rodovia opera em nível de serviço “A” para todos os volumes de tráfego em ambos os programas computacionais. Como ocorre uma significativa melhoria nas condições de trafegabilidade dos veículos na BR-365, a duplicação da rodovia se justifica pela necessidade de melhorar-se as condições de trafegabilidade dos usuários.

**Palavras-chave:** Desempenho Operacional de Rodovias – Microsimulação – CORSIM – BR-365.

Silva, G. J. Microsimulation to Evaluate the Operational Performance of transmute in multilane: Case of BR-365. MSc. Thesis, College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2017. 89 p.

## ABSTRACT

---

As there is no reference data that represent the need for transmute in multilane of a highway in Brazilian legislation, studies that justify this need are necessary. Thus, this paper aims to provide justification to verify the operational improvement of a Brazilian highway, considering its transmute in multilane. For this, the TSIS and HCS + computational softwares were used to perform the analysis of the effectiveness of the duplication. The highway under study is BR-365 in the stretch between the cities of Patos de Minas and Uberlândia. Traffic studies were carried out on several sub-streches of the highway and in order to quantify the improvement obtained with duplication, the study was simulated in order to obtain the conditions of trafficability of the vehicles in the current road (two lanes) and after this, considering the transmute in multilane throughout the section and thus, the new conditions of trafficability of the vehicles were obtained. We used mean and maximum traffic volumes of the days surveyed in the simulations. With the two lane highway, the simulations resulted in service levels "B", "C" and "D" in the TSIS program and service levels "C" and "D" in the HCS + program. Simulating the transmute in multilane highway, it was found that the highway operates at service level "A" for all traffic volumes in both computer programs. As a significant improvement in the conditions of traffic of vehicles in the BR-365, the transmute in multilane of the highway is justified by the need to improve the conditions of traffic of the users.

**Keywords:** Performance Operational – Highway – BR 365 – CORSIM – Microsimulation.



# SÍMBOLOS E SIGLAS

---

## SÍMBOLOS

® - Marca Registrada

## SIGLAS

*CEASA* - Centrais de Abastecimento

*CORSIM* - Corridor Simulator

*CNT* - Confederação Nacional do Transporte

*DER/SP* - Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo

*DNER* - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

*DNIT* - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

*HCM* - *Highway Capacity Manual*

*IBGE* - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

*PIB* - Produto Interno Bruto

*PNLT* - Plano Nacional de Logística e Transportes

*TKU* - Tonelada por Quilômetro Útil

*TRB* - Transportation Research Board

*VMD* - Volume Médio Diário

*UCP* - Unidades de Carro de Passeio

*UFU* - Universidade Federal de Uberlândia

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

---

Figura 1 – Distribuição modal Brasileira em porcentagem em outubro de 2015.....	19
Figura 2 – Participação relativa dos modos de transporte em 2007.....	19
Figura 3 – Matriz de transporte esperada em 2025.....	20
Figura 4 – Custo de logística em % do PIB.....	20
Figura 5 – Extensão da malha rodoviária brasileira em km.....	21
Figura 6 – Jurisdição das rodovias pavimentadas em km.....	21
Figura 7 – Condição da malha rodoviária brasileira em km.....	22
Figura 8 – Processo de calibração.....	42
Figura 9 – Rodovias federais em Minas Gerais e a BR-365. ....	43
Figura 10 – Rodovia BR-365.....	44
Figura 11 – Locais de coleta dos volumes de tráfego.....	46
Figura 12 – Entroncamentos existentes na BR 365 entre Patos de Minas e Uberlândia..	47
Figura 13 – Modelo de Tabela Utilizado na Contagem Manual.....	48
Figura 14 – Valores calibrados da composição da frota de caminhões.....	67
Figura 15 – Entrada de dados dos volumes de veículos no TRAFED.....	70
Figura 16 – Características físicas e operacionais de cada link.....	73
Figura 17 – Parte da rede no TRAFED.....	73
Figura 18 – Representação gráfica da rede no TRAVFU.....	74

# LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 – Classificação técnica das rodovias.....	23
Tabela 2 – Composição percentual do tráfego em rodovias rurais.....	26
Tabela 3 – Qualidade das estimativas das contagens de tráfego.....	29
Tabela 4 – Métodos manuais de contagem do tráfego em rodovias rurais.....	29
Tabela 5 – Métodos automáticos de contagem do tráfego em rodovias rurais.....	30
Tabela 6 – Níveis de serviço para rodovias de pista simples – classe I (HCM).....	32
Tabela 7 – Níveis de serviço para rodovias de pista simples – classe II (HCM).....	32
Tabela 8 – Volumes de serviço em rodovias de pistas simples.....	33
Tabela 9 – Resumo de comparações de simuladores.....	35
Tabela 10 – Frota de veículos disponível no CORSIM.....	39
Tabela 11 – Composição <i>default</i> da frota nas rodovias no CORSIM.....	39
Tabela 12 – Fatos de sensibilidade dos motoristas no FRESIM.....	40
Tabela 13 – Porcentagem da velocidade de livre que os motoristas desenvolvem no FRESIM.....	40
Tabela 14 – Volume de tráfego na saída de Uberlândia (quinta-feira) (06/10/2016).....	49
Tabela 15 – Volume de tráfego na saída de Uberlândia (sexta-feira) (07/10/2016).....	50
Tabela 16 – Volume de tráfego na saída de Uberlândia (sábado) (08/10/2016).....	50
Tabela 17 – Volume de tráfego na saída de Uberlândia (domingo) (09/10/2016).....	51
Tabela 18 – Volume de tráfego após o trevo de Indianópolis (quinta-feira) (15/09/2016)	51
Tabela 19 – Volume de tráfego após o trevo de Indianópolis (sexta-feira) (16/09/2016).	52
Tabela 20 – Volume de tráfego após o trevo de Indianópolis (sábado) (17/09/2016).....	52
Tabela 21 – Volume de tráfego após o trevo de Indianópolis (domingo) (18/09/2016)....	53
Tabela 22 – Volume de tráfego após o trevo de Monte Carmelo (quinta-feira) (18/08/2016).....	53
Tabela 23 – Volume de tráfego após o trevo de Monte Carmelo (sexta-feira) (19/08/2016).....	54

Tabela 24 – Volume de tráfego após o trevo de Monte Carmelo (sábado) (20/08/2016)..	54
Tabela 25 – Volume de tráfego após o trevo de Monte Carmelo (domingo) (21/08/2016).....	55
Tabela 26 – Volume total diário no mês de janeiro de 2016.....	56
Tabela 27 – Volume de veículos no posto do PNCT (quinta-feira) (07/01/2016).....	57
Tabela 28 – Volume de veículos no posto do PNCT (sexta-feira) (08/01/2016).....	58
Tabela 29 – Volume de veículos no posto do PNCT (sábado) (09/01/2016).....	59
Tabela 30 – Volume de veículos no posto do PNCT (domingo) (10/01/2016).....	60
Tabela 31 – VMDd em cada ponto.....	61
Tabela 32 – VMDm na saída de Patrocínio sentido Uberlândia.....	61
Tabela 33 – Composição percentual do tráfego sentido Patos de Minas Uberlândia.....	62
Tabela 34 – Composição percentual do tráfego sentido Patos de Minas Uberlândia.....	62
Tabela 35 – Composição percentual do tráfego sentido Uberlândia Patos de Minas.....	62
Tabela 36 – Composição percentual do tráfego sentido Uberlândia Patos de Minas.....	63
Tabela 37 – Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Patos de Minas Uberlândia.....	63
Tabela 38 – Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Patos de Minas Uberlândia.....	64
Tabela 39 – Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Uberlândia Patos de Minas.....	64
Tabela 40 – Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Uberlândia Patos de Minas.....	64
Tabela 41 – Valores calibrados da composição da frota de caminhões.....	67
Tabela 42 – Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 1.....	68
Tabela 43 – Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 2.....	69
Tabela 44 – Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 3.....	69
Tabela 45 – Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 4.....	69
Tabela 46 – Entrada de dados no simulador no trecho 1.....	70
Tabela 47 – Entrada de dados no simulador no trecho 2.....	71
Tabela 48 – Entrada de dados no simulador no trecho 3.....	71
Tabela 49 – Entrada de dados no simulador no trecho 4.....	72
Tabela 50 – FHP utilizado em cada trecho.....	75
Tabela 51 – Fator de equivalência em carros de passeio.....	75

Tabela 52 – Volumes de tráfego utilizados no HCS+.....	76
Tabela 53 – Indicadores operacionais no trecho 1, pista simples.....	70
Tabela 54 – Indicadores operacionais no trecho 2, pista simples.....	80
Tabela 55– Indicadores operacionais no trecho 3, pista simples.....	80
Tabela 56 – Indicadores operacionais no trecho 4, pista simples.....	81
Tabela 57 – Indicadores operacionais no trecho 1, rodovia duplicada.....	82
Tabela 58 – Indicadores operacionais no trecho 2, rodovia duplicada.....	82
Tabela 59 – Indicadores operacionais no trecho 3, rodovia duplicada.....	83
Tabela 60 – Indicadores operacionais no trecho 4, rodovia duplicada.....	83
Tabela 61 – Níveis de serviço ofertado pela BR-365 de acordo com o HCS+.....	86

# SUMÁRIO

---

<b>1. Introdução.....</b>	<b>14</b>
1.1 Objetivos.....	15
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Estrutura do trabalho.....	17
 <b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	 <b>18</b>
2.1 A Matriz de transportes brasileira e o modo rodoviário.....	18
2.2 Classificação das rodovias rurais brasileiras.....	22
2.3 Volume de tráfego nas rodovias rurais.....	25
2.4 Contagem de tráfego nas rodovias rurais.....	27
2.5 Nível de serviço.....	31
2.5.1 Volume de serviço.....	33
2.6 Simulação de tráfego.....	34
2.7 Simulador CORSIM.....	37
2.8 HCS+.....	41
2.9 Calibração do simulador.....	42
 <b>3. Tráfego na BR-365.....</b>	 <b>43</b>
3.1 BR-365 no trecho entre Patos de Minas e Uberlândia.....	43
3.2 Contagem do tráfego.....	45
3.3 Características do tráfego.....	60
 <b>4. Simulação do tráfego.....</b>	 <b>66</b>
4.1 Entradas no simulador CORSIM.....	66

4.2 Entradas no simulador HCS+.....	74
<b>5. Resultados.....</b>	<b>77</b>
5.1 Considerações sobre o tráfego da BR-365.....	77
5.2 Resultados das simulações de tráfego.....	78
5.2.1 Resultados das simulações na BR-365 nas condições atuais, pista simples	79
5.2.2 Resultados das simulações considerando a BR-365 duplicada.....	81
5.3 Níveis de serviço da rodovia.....	85
<b>6. Conclusões.....</b>	<b>88</b>
<b>Referências.....</b>	<b>91</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O modo rodoviário é o principal meio de transporte utilizado no Brasil e é responsável por 61,1% da movimentação de cargas no país em Toneladas por Quilômetro Útil (TKU), segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2017). Assim, o modo rodoviário transporta mais cargas que todos os outros modos somados. O transporte de passageiros no modo rodoviário equivale a 52,2% de todos os passageiros transportados por todos os modos, ainda segundo dados da CNT (2017) para o mês de fevereiro de 2017.

Com toda a dependência brasileira com relação ao modo rodoviário, esperar-se-ia infraestrutura adequada e suficiente para que tal transporte ocorresse com trafegabilidade e segurança. Entretanto, não é isso que ocorre na malha rodoviária do país, visto que apenas 12,3% das rodovias eram pavimentadas no ano de 2016, de acordo com informações da CNT (2016). Ainda segundo a CNT (2016), das rodovias federais pavimentadas, 88,4% da quilometragem era de pista simples e sentido duplo nesse mesmo ano.

Uma infraestrutura inadequada e número insuficiente de vias aliados com o elevado volume de veículos nas rodovias ocasionam congestionamentos e pelotões em muitos locais das rodovias. Congestionamentos e pelotões que são sempre indesejados, visto que podem contribuir para a ocorrência de acidentes, além de aumentar o tempo de viagem do usuário da via.

Uma maneira eficiente para a diminuição dos congestionamentos e a formação de pelotões é o investimento em infraestrutura, mais especificamente, a duplicação das vias.

A duplicação de uma rodovia consiste na implantação de uma pista nova, acompanhada da restauração da pista existente e preferencialmente próxima à pista existente e utilizando-se sua faixa de domínio, segundo o Departamento de Estradas de Rodagem (DER/SP, 2005). A duplicação de uma rodovia pode ser entendida como a adição de faixas de trânsito, aumentando



assim, as possibilidades de manobras do tráfego, assim como as ultrapassagens e o trânsito de veículos lentos pela direita, fazendo com que os congestionamentos e a formação de pelotões diminuam.

A duplicação necessita de grande dotação orçamentária, visto que tal obra é muito onerosa. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2013), o custo médio de uma duplicação de uma rodovia com construção de pista nova (2 faixas), mais a restauração do pavimento existente e a construção do canteiro central ficava em R\$5.429.000,00 por quilômetro, no ano de 2013.

Logo, a duplicação de uma rodovia precisa ser muito bem justificada para que não haja a destinação de recursos em locais que não são devidamente necessários. Entretanto, os órgãos e agências reguladoras brasileiras não dispõem de critérios específicos para a verificação da necessidade de duplicação de uma rodovia. Assim, estudos podem ser feitos para avaliar tal necessidade.

O estudo relatado nesta dissertação compreende avaliar a melhoria operacional de uma rodovia brasileira considerando sua duplicação utilizando-se do recurso da microsimulação. Primeiramente, as condições de trafegabilidade dos veículos na rodovia em condições atuais (pista simples) serão avaliadas com o uso da simulação microscópica. Feito isso, será simulado uma duplicação na via para posterior avaliação das condições de trafegabilidade da mesma. Por fim, será realizada uma comparação para avaliar os benefícios obtidos com a duplicação na rodovia e ter-se-á a justificativa ou não de tal duplicação.

A rodovia relatada neste estudo é a BR 365, no trecho entre as cidades de Patos de Minas e Uberlândia, ambas no estado de Minas Gerais.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo de eficiência operacional da duplicação da BR-365, na região que vai de Patos de Minas até Uberlândia (MG), por meio da microsimulação.

Os objetivos específicos são:

- Quantificar a demanda atual de veículos que trafegam na BR-365, entre Patos de Minas e Uberlândia, por meio de pesquisas de campo;
- Verificar as condições de trafegabilidade no trecho em estudo utilizando programas computacionais;
- Simular a duplicação da BR-365 do trecho em estudo;
- Avaliar as novas condições de trafegabilidade dos veículos no trecho em estudo;
- Comparar as condições de trafegabilidade dos veículos antes e após a duplicação com microsimulação;
- Avaliar a eficácia operacional obtida com a duplicação da BR-365, no trecho em estudo, a partir da avaliação dos níveis de serviço em cada trecho da rodovia e em cada condição (atual e duplicada).

## 1.2 Justificativa

Com a elevada participação do modo rodoviário no transporte de passageiros e cargas, uma infraestrutura adequada é essencial para que tal transporte ocorra com fluidez e segurança. Entretanto, como uma infraestrutura adequada acarreta em grandes gastos para o poder público, é imprescindível que cada obra que acarreta em grandes investimentos financeiros seja muito bem justificada.

Com a demanda do tráfego aumentando cada vez mais na BR-365, tornam-se necessárias alternativas para que o trânsito tenha maior fluidez e segurança. Apesar da forte pressão popular para a duplicação da rodovia ainda faltam estudos comprovando a sua real necessidade.

O Ministério Público Federal entrou com uma ação na justiça, em junho de 2015, pedindo a duplicação da BR-365 no trecho entre Uberlândia e Patos de Minas, alegando que o fluxo intenso de veículos por dia seria suficiente para a duplicação. Segundo o Ministério Público (2015), não há nenhuma previsão orçamentária do DNIT ou da união para a duplicação da rodovia, e esta ação visava obrigar o DNIT e a união a fazerem uma reserva de recursos orçamentários objetivando a duplicação.

Como não existe fluxo mínimo de veículos ou outros parâmetros estabelecidos pelos órgãos reguladores para comprovar a necessidade da duplicação, fazem-se necessários estudos que comprovem tal necessidade. Com isso, este trabalho se justifica pela necessidade de fornecer subsídios técnicos para verificação da necessidade de duplicação do trecho desta rodovia e para se mensurar os benefícios dessa duplicação, podendo servir de embasamento para uma futura duplicação.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

Além deste Capítulo 1 – Introdução, no qual se faz uma breve exploração do tema do trabalho, apresentando os objetivos e a justificativa desta pesquisa, esta dissertação apresenta outros capítulos, organizados da seguinte maneira:

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: mostra o estado da arte no contexto Brasileiro, além de uma revisão bibliográfica necessária para embasar a metodologia utilizada no trabalho.

Capítulo 3 – Tráfego na BR-365: descreve, sucintamente, a metodologia utilizada nas pesquisas de tráfego e os dados de tráfego adquiridos.

Capítulo 4 – Simulação de Tráfego: descreve a metodologia da simulação utilizada neste trabalho.

Capítulo 5 – Resultados: são apresentados os resultados obtidos na simulação.

Capítulo 6 – Conclusões: relata as conclusões deste trabalho.

# CAPÍTULO 2

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

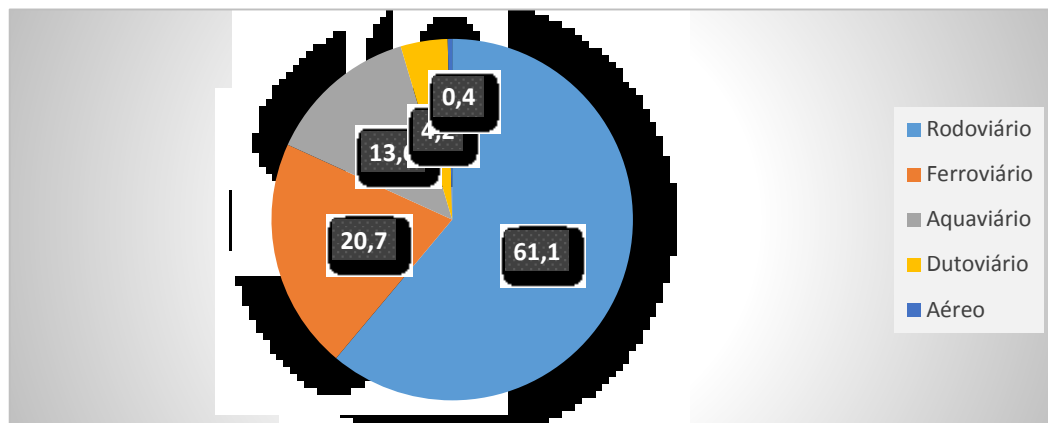
A revisão bibliográfica consiste numa descrição do modo rodoviário e sua importância para a economia brasileira, além dos empecilhos que se encontram na utilização deste modo no país. Também é mostrada a classificação das rodovias brasileiras e o seu volume de tráfego. Em seguida, é explicado como são feitas as pesquisas do tráfego e, após isto, o significado de nível de serviço. A simulação de tráfego é o próximo item tratado neste capítulo. Por fim, é apresentado o simulador CORSIM utilizado para a realização desta pesquisa, o programa computacional HCS+, e a calibração do simulador.

### 2.1 A Matriz de Transportes Brasileira e o Modo Rodoviário

Como mencionado, o transporte rodoviário é o principal modo de transporte utilizado no Brasil, correspondendo por 61,1% da movimentação de carga do Brasil no mês de fevereiro de 2017, como é mostrado na Figura 1, segundo a CNT (2017). Apesar de ser o mais utilizado, o modo rodoviário não é o mais viável economicamente para médias e longas distâncias, uma vez que outros modos, como o ferroviário e o hidroviário, tornam-se mais viáveis economicamente para tais viagens, com relação ao transporte de cargas, em virtude do maior volume transportado por viagem e do menor custo. Alfredini (2005) diz que o transporte aquaviário é, indiscutivelmente, o mais econômico para o deslocamento de grandes volumes de carga com baixo valor unitário dentre os modos competidores diretos. Assim, uma maior utilização dos modos ferroviários e hidroviários para o transporte de cargas seria mais vantajoso para a economia, pois diminuiria os custos de logística, o que impactaria em um produto final de menor preço e,

consequentemente, um produto nacional mais atrativo, tanto nos mercados internacional quanto no nacional.

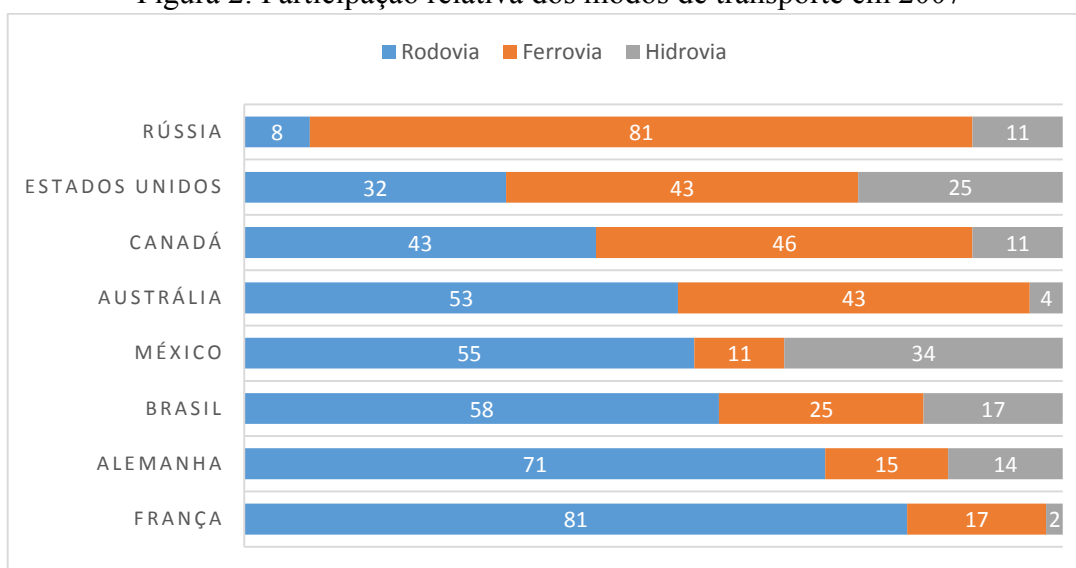
Figura 1: Distribuição modal Brasileira de cargas em porcentagem em fevereiro de 2017



Fonte: CNT, 2017.

Em países em desenvolvimento com dimensões continentais como o Brasil, a representatividade dos modos ferroviário e hidroviário são bem maiores, segundo o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2012), fazendo com que os produtos destes países sejam mais competitivos. Já em países de menores dimensões, o modo rodoviário já é o mais utilizado. A comparação dos três modos, desconsiderando cabotagem e o modo dutoviário nos principais países economicamente do mundo é mostrado na Figura 2.

Figura 2: Participação relativa dos modos de transporte em 2007



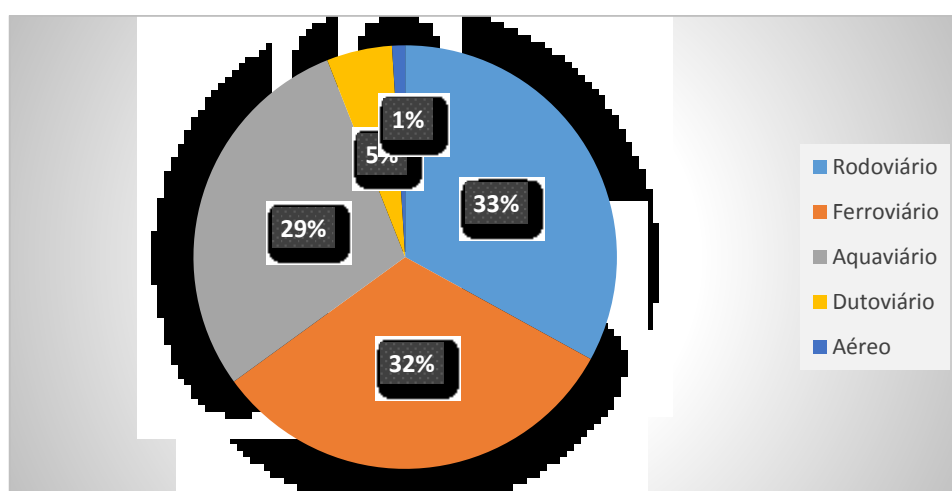
Fonte: PNLT, 2007.

Nota-se, com base na Figura 2, que a participação do modo ferroviário é bastante utilizado em países de grandes dimensões. O modo hidroviário deveria seguir esse mesmo caminho,

entretanto, ele é limitado pela existência de vias navegáveis, apesar de ser o modo que tem a mais alta eficiência energética, segundo Albuquerque (2011).

Com todos os benefícios de outros modos de transportes, o modo rodoviário deveria ser preterido para o transporte de cargas de médias e longas distâncias, ficando apenas com o transporte em pequenas distâncias. Em virtude disso, consta no Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2007), que existe a meta de reduzir para 33% o transporte rodoviário de cargas no Brasil até o ano de 2025 e priorizar os outros modos, como é mostrado na Figura 3.

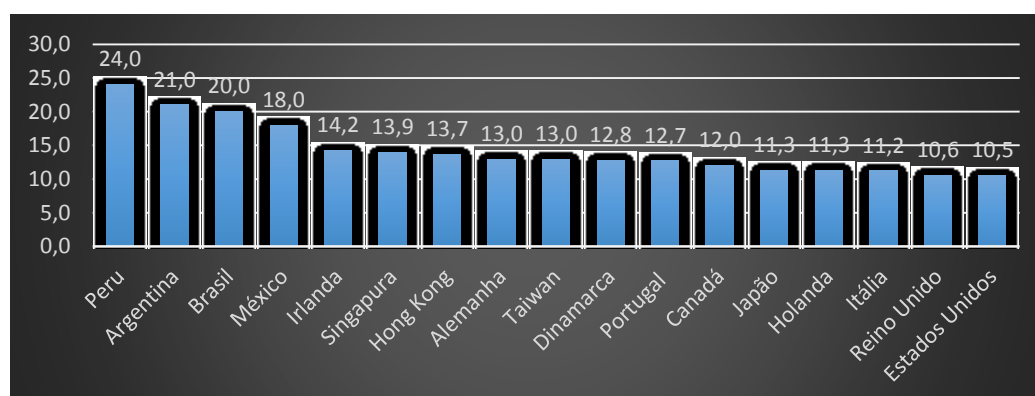
Figura 3: Matriz de transporte esperada para 2025



Fonte: PNLT, 2007.

Toda essa transferência modal garantiria mais competitividade ao produto brasileiro em nível internacional. Essa competitividade seria assegurada com a diminuição dos custos logísticos e, com isso, o custo agregado dos produtos, visto que o custo logístico é no Brasil um dos maiores do mundo quando comparado ao seu Produto Interno Bruto (PIB), como é mostrado na Figura 4.

Figura 4: Custo de logística em % do PIB

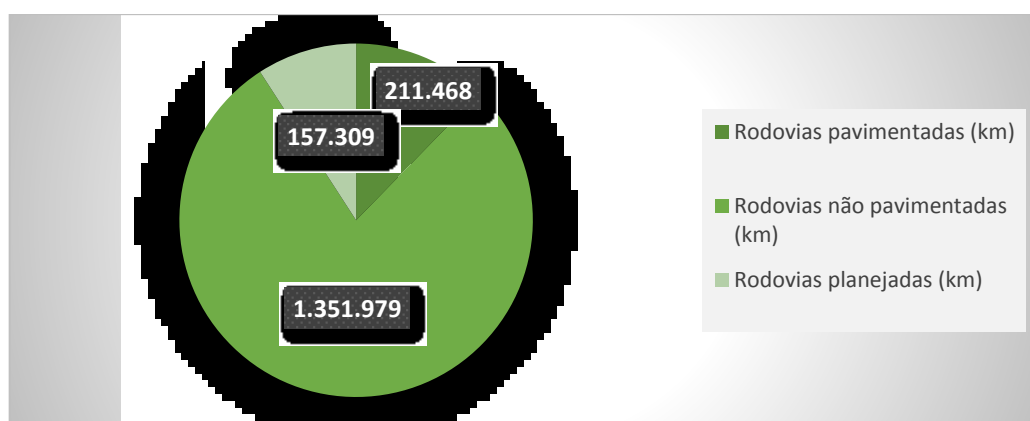


Fonte: Banco Mundial (2002), citado por PNLT (2007), Guash e Kogan (2006).

No tocante à competitividade com produtos de outros países, a desvantagem do produto brasileiro é evidente, por causa dos altos custos logísticos. Com isso, só uma melhor distribuição modal, com uma maior participação dos modos ferroviário e hidroviário poderia elevar a competitividade dos nossos produtos. Isso é reforçado, ainda mais porque o custo do frete destes dois modos podem ser até 62% mais baratos quando comparado ao frete do modo rodoviário, segundo o PNLT (2012).

Outro fator agravante para os altos custos logísticos é a infraestrutura do modo rodoviário no Brasil, que é, muitas vezes, inadequada e má conservada, visto que isto aumenta os custos de manutenção dos veículos e, com isso, o custo total do transporte. A última pesquisa da CNT, em 2015, constatou que apenas 12,4% dos 1.720.607 quilômetros das rodovias brasileiras eram pavimentados, como é mostrado na Figura 5.

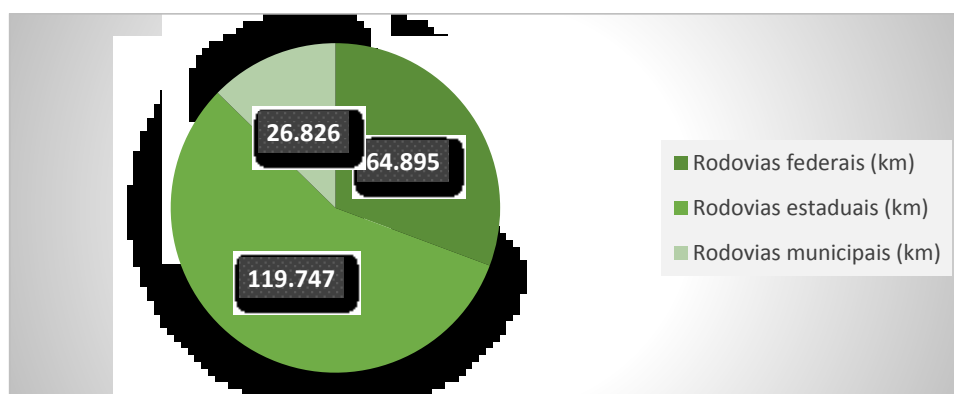
Figura 5: Extensão da malha rodoviária brasileira em km



Fonte: CNT, 2016.

Considerando as vias pavimentadas, 57% (119.747 km) pertencem aos estados e 31% (64.895 km) pertencem à união, como é mostrado na Figura 6.

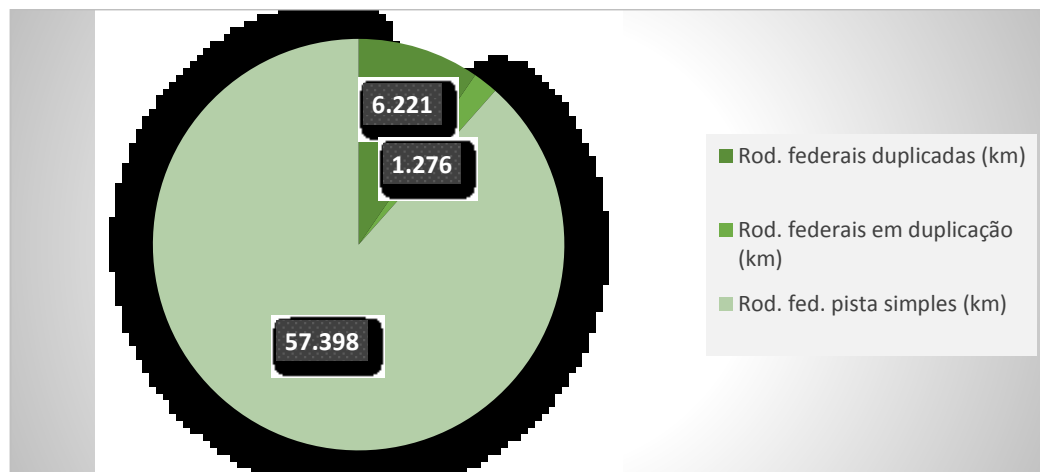
Figura 6: Jurisdição das rodovias pavimentadas em km



Fonte: CNT, 2016.

Verifica-se que a maioria das rodovias federais são de pista simples e sentido duplo de circulação, como é mostrado na Figura 7.

Figura 7: Condição da malha rodoviária brasileira em km



Fonte: CNT, 2016.

As condições das rodovias causam um grande impacto na economia brasileira. Um estudo denominado Entraves Logísticos ao escoamento da Soja e do Milho, realizado pela CNT em 2015, mostrou que o Brasil tem um prejuízo anual de R\$ 3,8 bilhões somente com a exportação de soja e milho em virtude dos entraves logísticos, do qual a inadequada infraestrutura logística é o principal fator (CNT, 2015). Assim, é essencial que se invista e melhore a infraestrutura do país.

## 2.2 Classificação das rodovias rurais brasileiras

O primeiro passo para se avaliar uma rodovia é saber qual a sua classificação e para qual tráfego ela foi projetada. Um dos principais elementos de classificação das rodovias é o tráfego previsto que circula na mesma, como recomenda o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1979), citado por Pontes Filho (1998). Afinal, é o Volume Médio Diário (VMD), que determina a classe de projeto da rodovia e, conseqüentemente, suas características com relação a quantidade de pistas e controle de acesso à mesma.

As Normas para Projeto das Estradas de Rodagem, aprovadas em 1949 e usadas originalmente pelo DNER, classificavam as estradas com base no fluxo de veículos por dia da seguinte forma:



- Classe Especial: Acima de 2.000 veículos/dia;
- Classe I: De 1.000 a 2.000 veículos/dia;
- Classe II: De 500 a 1.000 veículos/dia;
- Classe III: até 500 veículos/dia.

Atualmente, além do tráfego, a importância e a função da rodovia constituem elementos para seu enquadramento em determinada classe de projeto. Na Tabela 1 está apresentada a classificação técnica de rodovias.

Tabela 1: Classificação técnica das rodovias

Classe de projeto	Características	Critério de classificação técnica <sup>(1)</sup>
0	Via expressa	Decisão administrativa
	Controle total de acesso	
I	Pista dupla	Os volumes de tráfego previstos ocasionarem níveis de serviço em rodovias de pista simples inferiores aos níveis de serviço C ou D <sup>(2)</sup>
	A Controle parcial de acesso	
	Pista simples	Volume horário de projeto (VHP) > 2.000 Volume médio diário (VMD) > 1.400
	B Controle parcial de acesso	
II	Pista simples	VMD entre 700 e 1.400
III	Pista simples	VMD entre 300 e 700
IV	A Pista simples	VMD <sup>(3)</sup> entre 50 e 200
	B Pista simples	VMD <sup>(3)</sup> < 50

(1) Os volumes de tráfego bidirecionais indicados referem-se à veículos mistos e são aqueles previstos no 10º ano após a abertura da rodovia ao tráfego.

(2) Nível de serviço será explicado na seção 2.6 deste trabalho.

(3) Volumes previstos no ano de abertura da rodovia ao tráfego.

Fonte: Adaptado de DNER (1989), citado por Pontes Filho (1998).

É importante ressaltar que uma mesma rodovia pode ter mais de uma classe de projeto que pode variar desde pista simples até via expressa.

Segundo o DNIT (2010), além da classificação técnica, as rodovias brasileiras são classificadas quanto à posição geográfica (radiais, longitudinais, transversais, diagonais ou de ligação), quanto à função (arteriais, coletoras ou locais), quanto à jurisdição (federais, estaduais, municipais ou vicinais), quanto à finalidade (comerciais ou estratégicas) e quanto à proximidade de aglomerados populacionais (urbanas ou rurais). DNIT (2006) propõe que as rodovias também podem ser classificadas de acordo com sua situação física, podendo ser:

planejadas, leito natural, implantada, pavimentada, multifaixas, duplicada, pista tripla, em obras de implantação, em obras de pavimentação, em obras de duplicação ou travessias.

Além dessa classificação do DNIT, existe a classificação recomendada pelo *Highway Capacity Manual* (HCM), publicado pelo *Transportation Research Board* (TRB, 2010), que é a principal referência para análise de capacidade de rodovias no mundo. A versão mais recente do HCM é a versão do ano de 2010. Nos manuais do HCM, as rodovias de pistas simples são classificadas como classe I ou classe II. É importante ressaltar que essas classes são diferentes da classificação técnica normalizada pelo DNER.

As rodovias classificadas como classe I pelo HCM são aquelas em que a velocidade é o principal parâmetro para medir a qualidade do serviço disponibilizado pela rodovia. Pellegrini (2006) cita que rodovias classe I do HCM são de pista simples que servem de ligação principal entre municípios, vias arteriais primárias ligando polos geradores de tráfego ou ligações principais entre redes de rodovias em geral. Geralmente, são utilizadas para viagens de médias ou longas distâncias, não apresentando dispositivos de controle de tráfego ao longo do seu desenvolvimento e acessos e interrupções controlados. É desejável que essas rodovias ofereçam condições dos motoristas desenvolverem elevadas velocidades sem necessidade contínua de manobras de ultrapassagem ou conversão, que tendem a dificultar elevadas velocidades.

Nas rodovias classificadas como classe II pelo HCM, a prioridade é a acessibilidade. Essas rodovias fornecem acessibilidade ininterruptamente à regiões de baixo volume de tráfego. O principal parâmetro para se medir a qualidade do serviço ofertado por essas rodovias é o atraso caracterizado pela formação de pelotões, ainda que a elevada velocidade seja desejável, conforme exposto por Pellegrini (2006).

Segundo Pellegrini (2006), a classificação das rodovias de pistas simples está diretamente relacionada com a função – a maior parte das vias arteriais classifica-se como classe I e a maioria das coletoras como classe II, mas o fator determinante para a classificação da rodovia, tendo em vista a análise operacional, é a expectativa do motorista com relação à velocidade de viagem, que, eventualmente, pode não coincidir com a função da rodovia.

### 2.3 Volume de tráfego nas rodovias rurais

O DNIT (2006) define volume de tráfego como o número de veículos que passam por uma seção da via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo. Geralmente, o volume de veículos é dado em número de veículos por segundos (veíc./s) em análise de interseções urbanas e em segmentos urbanos com alto volume, e em número de veículos por hora (veíc./h) ou por dia (veíc./dia) em vias rurais. Esse volume de tráfego pode ser medido tanto em apenas um sentido como em sentido duplo de vias com sentido duplo, dependendo do objetivo de cada estudo.

O volume de tráfego nas rodovias é o principal parâmetro para os projetos de engenharia, pois ele define fatores do projeto geométrico das vias, como raios das curvas, rampas máximas, número e largura das faixas. Em rodovias já implantadas, o volume de tráfego define características operacionais, tais como capacidade e nível de serviço, auxiliando na orientação de melhorias a serem implantadas para que se atinja uma melhor eficiência da mesma.

Os volumes de tráfego mais utilizados são os volumes médios diários ou volumes anuais. Segundo o DNIT (2006):

à média dos volumes de veículos que circulam durante 24 horas em um trecho de via é dada a designação de “*Volume Médio Diário*” (VMD). Ele é computado para um período de tempo representativo, o qual, salvo indicação em contrário, é de um ano.

É comum, também, os seguintes conceitos de volume médio diário, segundo o DNIT (2006).

- Volume Médio Diário Anual (VMDa): número total de veículos trafegando em um ano dividido por 365.
- Volume Médio Diário Mensal (VMDm): número total de veículos trafegando em um mês dividido pelo número de dias do mês. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere.
- Volume Médio Diário Semanal (VMDs): número total de veículos trafegando em uma semana dividido por 7. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere. É utilizado como uma amostra do VMDm.
- Volume Médio Diário em um dia da semana (VMDd): número total de veículos trafegando em um dia da semana. Deve ser sempre acompanhado pela indicação do dia de semana e do mês correspondente.

O volume médio diário (VMD) é o volume que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via, e é utilizado para indicar a necessidade de novas vias ou melhorias das existentes, estimar benefícios esperados de uma obra viária, determinar as prioridades de investimentos, calcular taxas de acidentes, prever as receitas dos postos de pedágio, conforme o DNIT (2006).

O volume anual é a quantidade total de veículos que passam numa via durante o período de um ano. Este volume é utilizado quando deseja-se estimar a receita para a implantação de pedágios, quando se quer determinar índices de acidentes ou quando se quer estudar as tendências de crescimento do volume para fins de determinação do volume de tráfego da estrada no ano-horizonte de projeto.

Apesar de sempre se pretender construir rodovias para os padrões ideais (tráfego composto apenas por carros de passeio), sabe-se que é praticamente impossível que isto ocorra na prática.

Por isso, o DNIT refere-se a VMD para tráfego misto, ou seja, a rodovia será percorrida não só por carros de passeio, mas também por ônibus e caminhões. Estudos feitos com base no Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT, 1996) permitiram determinar as composições médias dos fluxos de tráfego, conforme a Tabela 2, na qual pode ser considerada uma estimativa satisfatória para as estradas brasileiras, segundo o DNER.

Tabela 2: Composição percentual do tráfego em rodovias rurais

<b>VMD (Traf. misto)</b>	<b>Automóvel (%)</b>	<b>Ônibus (%)</b>	<b>Caminhão (%)</b>
700	46	8	46
1.000	46	8	46
2.000	47	8	45
3.000	48	8	44
4.000	49	8	43
5.000	50	8	42
6.000	51	8	41
7.000	52	8	40
8.000	53	8	39
9.000	54	8	38
10.000	55	8	37
12.000	56	8	36
14.000	58	8	34
≥15.000	59	8	33

Fonte: DNER (1999).

Não apenas a composição do tráfego é variante, mas também o seu volume, que varia com o tempo e espaço. Essas variações podem ser horárias, diárias e semanais, mensais, anuais, por sentido de tráfego, por faixa de tráfego e variações especiais (em ocasião de eventos, partidas de futebol, Semana Santa, Natal).

As variações do volume de tráfego horárias apresentam pontos máximos acentuados, definidos por *picos*. É de extrema importância o conhecimento dessas variações, visto que são nesses horários que ocorrem os eventos mais relevantes. Logo, o conhecimento de como é o comportamento do volume de tráfego é essencial para qualquer atividade. Assim, são necessárias pesquisas de tráfego para tal conhecimento.

## **2.4 Contagem de tráfego nas rodovias rurais**

Os procedimentos normalmente utilizados na engenharia de tráfego para levantamentos de dados de campo são as pesquisas, que podem ser feitas mediante entrevistas ou por observação direta (DNIT, 2006). Para uma caracterização adequada do volume de tráfego, o método mais confiável é a contagem volumétrica.

As contagens de tráfego são feitas com o objetivo de se conhecer o número de veículos que percorrem um determinado ponto da estrada, durante certo período, podendo-se determinar o VMD, a composição do tráfego. Tais dados servem para a avaliação do número de acidentes, classificação das estradas e fornecem subsídios para o planejamento rodoviário, projeto geométrico de estradas, estudos de viabilidade e projetos de construção e conservação. Permitem, ainda, acumular dados essenciais para a obtenção de séries temporais para análise de diversos elementos, tais como a tendência de crescimento do tráfego e variações de volume.

Segundo o DNIT (2006) as contagens volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido, e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou mais de um ponto durante determinada unidade de tempo. Estas contagens podem ser feitas basicamente em dois locais: nas interseções e nos trechos entre interseções. Enquanto as contagens entre interseções visam determinar os fluxos de determinada via, as contagens em interseções visam levantar os fluxos das vias que a interceptam e dos seus ramos de ligação.

Além da localização, as contagens volumétricas podem, ainda, ser classificadas em globais, direcionais e/ou classificatória. As contagens globais são aquelas em que o número de veículos trafegando em determinada via é o foco, independentemente do sentido. Já nas contagens direcionais, o número de veículos é contabilizado com base em cada sentido de tráfego. Nas contagens classificatórias, as classes de veículos também são contabilizadas.

As contagens podem ser feitas manualmente ou eletronicamente.

As contagens manuais são contagens feitas por pesquisadores, com auxílio de fichas e contadores manuais. São ideais para a classificação de veículos, análise de movimentos em interseções e contagens em rodovias com muitas faixas (DNIT, 2006). Este método tem a vantagem de ser de fácil operação, de baixo custo, alta flexibilidade quanto à mudança de locais para a cobertura de uma área num período de tempo curto.

As contagens automáticas, segundo o DNIT (2006),

São contagens feitas através de contadores automáticos de diversos tipos, em que os veículos são detectados através de tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos, sonoros, radar, células fotoelétricas, etc. Atualmente são usados contadores registradores acoplados a computadores, que fornecem um registro permanente dos volumes e podem ser programados para outros objetivos específicos.

As contagens automáticas apresentam a vantagem de contagem ininterrupta por longos períodos, além da contagem automatizada acarretar na minimização de erros de contagem com relação à contagem manual. Apresentam como desvantagem o alto custo e a exposição a roubos e vandalismo. Porém, o aperfeiçoamento tecnológico que tem reduzido os custos e as dimensões dos equipamentos, tem conduzido para que tais pesquisas sejam mais rotineiramente utilizadas.

Quando se planeja uma contagem volumétrica de tráfego, a qualidade dos dados é uma característica fundamental que deve ser levado em consideração. O mais recomendado é que as contagens sejam feitas com base estatística. Para medir a utilização média de uma via, o índice adequado é o VMD. Há conveniência, entretanto, em determinar o Volume Horário de Projeto (VHP), que guarda relação com a capacidade da via e é de especial importância no seu dimensionamento. No caso do VMD, sua estimativa a partir de contagens rápidas sempre incorrerá em erro. A questão é saber qual o erro “tolerável” (DNIT, 2006).

O DNIT (2006) orienta que a Tabela 3, adaptada de estudos feitos pelo *Road Research Laboratory* (Research on Road Traffic, Her Majesty Stationery Office, London, 1965), fornece uma orientação para o planejamento das pesquisas, relacionando os períodos de contagem a utilizar para os casos de contagens manual e automática.

Tabela 3: Qualidade de estimativa de contagens de tráfego

<b>Nível de Precisão</b>	<b>90% de probabilidade do erro não ultrapassar</b>	<b>Interpretação da estimativa</b>
A	5%	Excelente
B	5% a 10%	Satisfatória para todas as necessidades normais
C	10% a 25%	Suficiente com estimativa grosseira
D	25% a 50%	Insatisfatória
E	mais de 50%	Inútil

Fonte: Adaptado de Research on Road Traffic (1965), citado por DNIT (2006).

Para qualquer contagem é necessário decidir preliminarmente o nível de precisão requerido e então selecionar o método mais adequado. O DNIT (2006) orienta diferentes métodos com relação a contagem manual e contagem automática. Na Tabela 4 estão especificados os métodos manuais de contagem do tráfego.

Tabela 4: Métodos manuais de contagem do tráfego em rodovias rurais

<b>Método</b>	<b>Nível de precisão</b>	<b>Variações aceitáveis</b>	<b>Observações</b>
(1) – Contagem durante 1 hora, em um dia de semana, entre 09:00 e 18:00	D	A contagem pode ser estendida	
(2) – Contagem em um dia da semana, entre 06:00 e 22:00	C ou D		
(3) – Contagem entre 06:00 e 22:00, de 5ª feira até domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo 2ª feiras	Para a semana use 5 x 5ª + sábado + domingo
(4) – Contagem entre 06:00 e 22:00 durante 7 dias consecutivos	C		
(5) – Método (1) a (4) em 4 vezes	C	O número de vezes	Calcule os
(6) – em intervalos de 3 meses	C	pode ser 2, 3 ou 6	totais em cada
(7) – Usando para (1) e (2) diferentes horas	B	vezes em vez de 4,	semana e então
(8) – e diferentes dias	B	alterando de forma semelhante o espaçamento	a média das 4 semanas

Fonte: Adaptado de DNIT (2006) (continua).

Tabela 4: Métodos manuais de contagem do tráfego em rodovias rurais (Continuação)

<b>Método</b>	<b>Nível de precisão</b>	<b>Variações aceitáveis</b>	<b>Observações</b>
(9) – Contagem entre 06:00 e 22:00 de 52 em 52 dias durante um ano (7 contagens)	B		Estes métodos são de grande utilidade quando se tem que contar em vários pontos de uma mesma área. Podem ser feitas variações para atender a condições especiais
(10) – Contagem entre 06:00 e 22:00 de 26 em 26 dias durante um ano (14 contagens)	A ou B		
(11) – Contagem entre 06:00 e 22:00 de 13 em 13 dias durante um ano (28 contagens)	A		
(12) – Como em (9) mas divida o dia de interesse em 7 partes iguais (p. ex. 2 horas). Em cada uma das 7 contagens, conte uma parte na ordem 1, 4, 7, 3, 6, 2, 5	C	Pode variar a parte que inicia a contagem, mantendo a ordem 4, 7, 3, 6, 2, 5, 1 ou 3, 6, 2, 5, 1, 4	
(13) – Como em (10) mas divida o dia de interesse em 14 partes iguais (por exe. 14 partes de uma hora) e conte sucessivamente as partes 1, 4, 7, 10, 13, 2, 5, 8, 11, 14, 3, 6, 9, 12	C		
(14) – Como em (11) divida o dia de interesse em 14 partes iguais e conte sucessivamente as partes 1, 6, 11, 2, 7, 12, 3, 8, 13, 4, 9, 14 e então repita este ciclo	B		

Fonte: Adaptado de DNIT (2006).

Na Tabela 5 estão especificados os métodos automáticos de contagem do tráfego.

Tabela 5: Métodos automáticos de contagem do tráfego em rodovias rurais

<b>Método</b>	<b>Nível de Precisão</b>	<b>Variações aceitáveis</b>
(1) - Contagem contínua durante uma semana	C	
(2) - 4 contagens contínuas de uma semana em intervalos de 3 meses	B	Substitua 4 contagens por 2, 3, ou 6, em intervalos adequados
(3) - Contagem contínua durante 1 ano	A	

Fonte: DNIT (2006).



## 2.5 Nível de serviço

A qualidade dos serviços ofertados pelas rodovias são definidos por níveis de serviço. Os níveis de serviços ofertados são representados por letras, que vão de “A” até “F”, em que o nível de serviço “A” corresponde ao serviço de melhor qualidade e o nível de serviço “F”, ao nível de serviço de pior qualidade.

De acordo com o HCM (2000), os níveis de serviço são assim definidos:

- Nível A: condição de escoamento livre, acompanhada por baixos volumes e altas velocidades. A densidade de tráfego é baixa, com velocidade controlada pelo motorista dentro dos limites de velocidade e condições físicas da via. Não há restrições devido à presença de outros veículos.
- Nível B: fluxo estável, com velocidades de operação a serem restringidas pelas condições de tráfego. Os motoristas possuem razoável liberdade de escolha da velocidade e ainda têm condições de ultrapassagem.
- Nível C: fluxo ainda estável, porém as velocidades e as ultrapassagens já são controladas pelo alto volume de tráfego. Portanto, muitos dos motoristas não têm liberdade de escolher faixa e velocidade.
- Nível D: próximo a zona de fluxo instável, com velocidades de operação toleráveis, mas consideravelmente afetadas pelas condições de operação, cujas flutuações no volume e as restrições temporárias podem causar quedas substanciais na velocidade de operação.
- Nível E: é também denominado de nível de capacidade. A via trabalha a plena carga e o fluxo é instável, sem condições de ultrapassagem.
- Nível F: descreve o escoamento forçado, com velocidades baixas e volumes abaixo da capacidade da via. Formam-se extensas filas que impossibilitam manobras. Em situações extremas, velocidade e fluxo podem reduzir-se a zero.

Para rodovias rurais, o DNER (1999) orienta que as rodovias sejam projetadas para atender determinados níveis de serviço em função do tipo de rodovia e da inclinação do terreno. O nível de serviço poderá ser “B” para terrenos planos e ondulados e nível de serviço “C” para terrenos montanhosos, para vias expressas e vias arteriais; “C” para terrenos planos e ondulados e “D” para terrenos montanhosos, para vias coletoras; e nível de serviço “D” para todos os tipos de terrenos para vias locais, segundo o DNER (1999). Embora não haja definições precisas para o

enquadramento de uma região em terreno plano, ondulado ou montanhoso, existe um consenso para o enquadramento das regiões em cada categoria. Segundo o DER-PR (2017), citado por Fernandes (2017), região plana é aquela com inclinação menor que 10%, região ondulado é aquela com inclinação entre 10 e 25% e região montanhosa é aquela com inclinação maior que 25%.

O nível de serviço ofertado é em função da velocidade média de viagem e da proporção de tempo gasto seguindo em pelotão para rodovias classificadas como classe I, de acordo com o HCM. Na Tabela 6 são apresentados os níveis de serviço de rodovias classe I.

Tabela 6: Níveis de serviço para rodovias de pista simples - classe I (HCM)

Nível de serviço	Tempo seguindo (d) (%)	Velocidade média de viagem (v) (km/h)
A	$d \leq 35$	$v > 90$
B	$35 < d \leq 50$	$80 < v \leq 90$
C	$50 < d \leq 65$	$70 < v \leq 80$
D	$65 < d \leq 80$	$60 < v \leq 70$
E	$d > 80$	$v \leq 60$

Obs.: Deve ser adotado nível de serviço F sempre que a taxa de fluxo ultrapasse a capacidade do segmento.

Fonte: Mon-Ma (2008).

Em rodovias classificadas como classe II pelo HCM, o nível de serviço é função apenas do tempo gasto seguindo em pelotão, como é mostrado na Tabela 7.

Tabela 7: Níveis de serviço para rodovias de pista simples - classe II (HCM)

Nível de serviço	Tempo seguindo (d) (%)
A	$d \leq 40$
B	$40 < d \leq 55$
C	$55 < d \leq 70$
D	$70 < d \leq 85$
E	$d > 85$

Fonte: Mon-Ma (2008).

Em edições anteriores do HCM, o nível de serviço poderia ser avaliado em um único sentido ou em mais sentidos ao mesmo tempo, em alguns locais. Entretanto, a partir da versão do HCM (2010) é recomendado que todos os seguimentos sejam avaliados individualmente.

### 2.5.1 Volume de serviço

Segundo o DNIT (2010), os fluxos de tráfego que podem ser acomodados nos diversos níveis de serviço são chamados de volume de serviço. Quando um nível de serviço é selecionado para um projeto, o volume de tráfego desse nível é o volume de serviço de projeto. Ou seja, se o fluxo de tráfego na rodovia exceder aquele valor, as condições operacionais ficam situadas abaixo das previstas para a rodovia.

Na Tabela 8 pode-se perceber uma estimativa do volume horário de acordo com o nível de serviço da rodovia de pista simples para os tipos de terreno e em condições usuais, ou seja, em condições de fluxo misto.

Tabela 8: Volumes de serviço em rodovias de pista simples

Velocidade (km/h)	Tipo de terreno	Volume de serviço (veíc/h) por nível de serviço				
		A	B	C	D	E
<b>110</b>	Plano	260	490	900	1.570	2.680
	Ondulado	130	260	710	1.490	2.500
	Montanhoso	40	160	310	610	1.410
<b>100</b>	Plano	260	490	900	1.570	2.680
	Ondulado	130	260	710	1.490	2.500
	Montanhoso	40	160	310	510	1.410
<b>90</b>	Plano	N/A <sup>1</sup>	490	900	1.570	2.680
	Ondulado	N/A	260	710	1.490	2.500
	Montanhoso	N/A	160	310	510	1.410
<b>80</b>	Plano	N/A	N/A	490	1.420	2.680
	Ondulado	N/A	N/A	280	1.100	2.500
	Montanhoso	N/A	N/A	180	870 <sup>2</sup>	1.410
<b>70</b>	Plano	N/A	N/A	N/A	490	2.680
	Ondulado	N/A	N/A	N/A	280	2.500
	Montanhoso	N/A	N/A	N/A	180	1.410

(1) N/A – não se aplica.

(2) sic.

Fonte: DNIT (2010).

## 2.6 Simulação de tráfego

A simulação, segundo Portugal (2005), é definida como a imitação de uma situação real por meio do uso de modelos. Já Dias (2005) diz que a simulação:

é uma técnica utilizada na análise de sistemas dinâmicos, sujeitos a fenômenos de interação entre as entidades que o compõem. A simulação é realizada sobre modelos de sistemas. A modelação em simulação consiste na construção de um modelo equivalente ao sistema em análise. Os modelos construídos devem reproduzir (imitar) o comportamento dos sistemas para que o estudo, através da realização de ensaios nesses modelos, nos permita aprender mais sobre os sistemas que representam.

Logo, pode-se definir a simulação como a imitação de algum fenômeno real, com características semelhantes. A simulação tem inúmeras aplicações, inclusive na engenharia de transportes, mais especificamente na análise de tráfego.

A simulação permite modelar um cenário e também situações específicas, e verificar o que eventuais alterações trariam de benefícios ou malefícios. Com a simulação na engenharia de tráfego podem-se tomar decisões mais adequadas a partir da verificação da melhor solução possível, sem a necessidade de real interferência na via.

Os modelos de simulação de tráfego com relação ao nível de detalhamento podem ser macroscópicos, mesoscópicos, microscópicos e os modelos de microssimulação. Nos modelos macroscópicos, a individualidade dos veículos é desprezada. Tal enfoque apresenta vantagem computacional sob o ponto de vista de espaço para memória e velocidade de execução, porém, os modelos são menos flexíveis e pouco detalhados (PORTUGAL, 2005). Os modelos macroscópicos tratam o tráfego como se fosse um fluido contínuo, que escoar através das derivações de uma rede viária e busca representar as grandezas características desta abordagem, que são: fluxo, concentração e velocidade média das correntes de tráfego (MOREIRA, 2005). Segundo Boxill e Yu (2000), entre os modelos macroscópicos destacam-se o AUTOS, PASSER-II, PASSER-IV, TRANSYT-7F, TRANSYT/10 e TEXAS.

Os modelos mesoscópicos são utilizados em áreas estritamente urbanas em vias interrompidas, em que considera-se o deslocamento do tráfego em pelotões, típicos em zonas sujeitas a um forte controle de tráfego. O estudo dos pelotões é feito no espaço e no tempo, e a principal aplicação destes modelos é no estudo e na elaboração de políticas de controle de tráfego, conforme Moreira (2005). De acordo com Boxill e Yu (2000) entre estes modelos pode-se citar o DYNAMIT, DYNEMO e DYNASMART.

Nos modelos microscópicos, os veículos são tratados de forma individualizada, seguindo leis de perseguição e sequência, segundo Portugal (2005). Estes modelos permitem as interações entre veículos, tratando as variáveis de tráfego de forma individualizada. Estes modelos buscam um nível de representação real das viagens realizadas representadas na rede e os veículos são admitidos através de nós de entrada de forma aleatória, circulando pelos arcos até saírem do sistema por um nó de destino (saída do sistema) (MOREIRA, 2005). Segundo Jones Junior *et. al* (2004), os movimentos dos veículos na rede é controlado com base em três algoritmos: *car following*, *lane changing* e *gap acceptance*.

Conforme Boxill e Yu (2000), dentre os modelos microscópicos, podem ser citados o AIMSUN, CORSIM, DRACULA, INTEGRATION, PARAMICS, SATURN, VISSIM e WATSIM entre outros. Os modelos PARAMICS, AIMSUN, CORSIM e VISSIM são tratados como programas de microsimulação, segundo Archer (2005).

A seleção da técnica mais apropriada se dá em função da adequada compreensão do problema que se pretende estudar, de sua natureza e magnitude. O conhecimento das ferramentas existentes de suas potencialidades e restrições indicarão a melhor solução e técnica a se adotar (PORTUGAL, 2005). Muitos estudos já foram realizados comparando os modelos de simulação objetivando-se obter o que melhor se assemelha com a realidade. Na Tabela 9 são mostrados alguns destes estudos.

Tabela 9: Resumo de comparações de simuladores

Referência	Pacotes comparados	Principais conclusões
Middelton e Cooner (1999), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	CORSIM, FREQ e INTEGRATION	Os modelos foram utilizados para simular autoestradas congestionadas. Todos os modelos apresentaram bom desempenho, entretanto apresentou inconsistências em suas capacidades de modelar com precisão as condições de congestionamentos.
Boxill e Yu (2000), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	CORSIM, INTEGRATION, AIMSUN E PARAMICS	Os modelos foram avaliados na capacidade de simular ITS (sistemas inteligentes de transportes). CORSIM e INTEGRATION foram considerados mais propensos a simular ITS, devido à familiaridade e calibração/validação.

Fonte: Jones Jr. *et. al* (2004), Bessa Jr, Cunha e Setti (2011), Sun, Zhang e Chen (2013), Tianzi, Shaochen e Hongxu (2013) (Continua).

Tabela 9: Resumo de comparação de simuladores (continuação)

<b>Referência</b>	<b>Pacotes comparados</b>	<b>Principais conclusões</b>
Barrios <i>et. al</i> (2001), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	CORSIM, VISSIM, PARAMICS e SimTraffic	Os pacotes foram avaliados com base na apresentação gráfica (animação), mais especificamente a simulação de operação de ônibus. O VISSIM foi considerado o melhor entre estes pacotes.
Trueblood (2001), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	CORSIM e SimTraffic	Resultados mostraram pouca diferença entre os modelos para vias arteriais com tráfego moderado. É importante a familiaridade do usuário com os pacotes e é necessária validação correta.
Choa <i>et. al</i> (2002), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	CORSIM, PARAMICS e VISSIM	Estes pacotes foram comparados com base em simulação de interseção de autoestradas. Capacidade do CORSIM para calcular atraso em cada aproximação da interseção foi citada como uma vantagem. PARAMICS e VISSIM refletem mais realisticamente as condições das vias.
Kaskeo (2002), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	VISSIM, CORSIM e SimTraffic	Foram comparados três ferramentas: autoestradas, interseções e vias arteriais sinalizadas. CORSIM se mostrou mais poderoso e mais amplamente utilizado. VISSIM se mostrou mais versátil e SimTraffic mais fácil de se usar.
Tian <i>et. al</i> (2002), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	CORSIM, SimTraffic e VISSIM	Foram estudadas vias arteriais. Os resultados mostraram que as saídas variam com o comprimento da via e faixa de velocidade.
Bloomberg <i>et. al</i> (2003), citado por Jones Jr. <i>et al.</i> (2004)	CORSIM, INTEGRATION, MITSIMLab, PARAMICS, VISSIM e WATSIM	Todos os seis pacotes foram avaliados em interseções sinalizadas e autoestradas. Concluiu-se que todos os modelos apresentaram desempenho razoável e resultados consistentes. A conclusão ressaltou a necessidade de calibração na modelagem das simulações.
Jones Jr. <i>et. al</i> (2004)	CORSIM, SimTraffic e AIMSUN	Cada pacote foi avaliado em três ferramentas: autoestradas, vias arteriais sinalizadas e vias urbanas coletoras. Os resultados indicaram que os três modelos podem fornecer simulações razoáveis da operação do tráfego, embora cada um deles ofereçam diferentes capacidades, e exijam diferentes níveis de esforço para codificar, simular e calibrar.

Fonte: Jones Jr. *et. al* (2004), Bessa Jr, Cunha e Setti (2011), Sun, Zhang e Chen (2013), Tianzi, Shaochen e Hongxu (2013) (Continua).

Tabela 9: Resumo de comparação de simuladores (continuação)

Referência	Pacotes comparados	Principais conclusões
Bessa Jr, Cunha e Setti (2011)	CORSIM e TWOPAS	Estes pacotes foram avaliados para rodovias de pistas simples no Brasil. Concluiu-se que o CORSIM é mais adequado que o TWOPAS para avaliação do nível de serviço em rodovias brasileiras em função da documentação, suporte técnico, possibilidade de modelagem de situações efetivamente ocorridas em campo, atualização a cada 0,1 s e maior quantidade de dados de saída.
Sun, Zhang e Chen (2013)	CORSIM e VISSIM	Estes pacotes foram avaliados para rede urbana de transportes. Com base em análises de diferentes indicadores, sob diferentes níveis de congestionamentos, concluiu-se que cada simulador tem sua vantagem em replicar o tráfego real.
Tianzi, Shaochen e Hongxu (2013)	VISSIM e SIDRA	Foram analisados nestes pacotes a parte de interseções sinalizadas. Resultados mostraram que SIDRA é de mais fácil utilização enquanto que o VISSIM é mais preciso.

Fonte: Jones Jr. *et. al* (2004), Bessa Jr, Cunha e Setti (2011), Sun, Zhang e Chen (2013), Tianzi, Shaochen e Hongxu (2013).

Todo simulador tem suas vantagens e desvantagens, assim como aplicação mais adequada em determinada situação. Uma escolha adequada do simulador é o primeiro passo para uma adequada análise. Assim, em função de ser o melhor pacote avaliado com relação a simulação de vias arteriais congestionadas, simulação de interseção de rodovias, simulações de vias arteriais sinalizadas, vias urbanas coletoras e, principalmente, por ser mais adequado para simulação de pistas simples no Brasil, segundo Bessa Jr., Cunha e Setti (2011), além da disponibilidade do simulador, o pacote CORSIM foi o escolhido para ser utilizado neste trabalho.

## 2.7 Simulador CORSIM

O CORSIM (CORridor SIMulation) é um dos modelos microscópicos mais utilizados nos Estados Unidos e no restante do mundo. Este modelo foi desenvolvido pela *Federal Highway*

*Administration* (FWHA) e consiste na integração de dois modelos de simulação microscópica de tráfego: NETSIM para a representação do tráfego em áreas urbanas (redes – *network*) e FRESIM para a representação do tráfego em áreas rurais (*freeways* – vias expressas).

O CORSIM começou a ser desenvolvido na década de 1970 pelo FHWA e sob sua responsabilidade foram feitos os principais desenvolvimentos de *software* e lógica de simulação. Nos anos 2000, os engenheiros de *software* introduziram o TSIS (*Traffic Software Integrated System*), que é um pacote de programas para ambiente Windows que integra os vários componentes do modelo, quais sejam, módulo para editoração gráfica das redes viárias e todas as suas características físicas e operacionais – TRAFED, codificador dos arquivos gráficos em arquivos de entrada do CORSIM – TRANSLATOR, simulação dos dados fornecidos – CORSIM, visualização do relatório com os resultados das simulações – TextEditor, e animação da simulação para permitir a análise detalhada – TRAFVU (MOREIRA, 2005).

O CORSIM é um modelo de simulação microscópico de tráfego sofisticado e potente, projetado para simular fluxos de tráfegos em redes integradas de rodovias e áreas urbanas. Também é capaz de simular diferentes tipos de controle de interseção, diferentes geometrias de vias, incluindo variação no número de faixas e uma grande variedade de condições de tráfego. Nele, cada veículo é modelado individualmente, e pode ser identificado pela sua frota (automóvel, caminhão, ônibus, *carpool*) (ARAÚJO, 2007).

O CORSIM é baseado em um modelo de rede com nós e tramos. Os nós podem representar interseções entre duas vias ou quaisquer outros pontos onde ocorra mudança nas características das vias, tais como redução ou aumento do número de faixas. Os tramos promovem a ligação entre os nós e representam as vias por onde os veículos trafegam (ARAÚJO, 2007).

No CORSIM existem nove tipos de veículos modelados a serem utilizados na simulação, como é mostrado na Tabela 10:



Tabela 10: Frota de veículos disponível no CORSIM

<b>Tipo de veículo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Componente da frota</b>
FRESIM 1	Carro de passageiro de baixo desempenho	Auto
FRESIM 2	Carro de passageiro de alto desempenho	Auto
FRESIM 3	Caminhão leve	Caminhão
FRESIM 4	Caminhão médio	Caminhão
FRESIM 5	Caminhão pesado	Caminhão
FRESIM 6	Caminhão extra-pesado	Caminhão
FRESIM 7	Ônibus convencional	Transporte coletivo
FRESIM 8	Carro de passageiro de baixo desempenho	<i>Carpool</i>
FRESIM 9	Carro de passageiro de alto desempenho	<i>Carpool</i>

Fonte: Adaptado de FHWA (2006)

Nas rodovias, o CORSIM possui os valores *default* mostrado na Tabela 11 da composição da frota.

Tabela 11: Composição *default* da frota nas rodovias no CORSIM

<b>Tipo de veículo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Componente da frota</b>	<b>% da frota</b>
FRESIM 1	Carro de passageiro de baixo desempenho	Auto	25
FRESIM 2	Carro de passageiro de alto desempenho	Auto	75
FRESIM 3	Caminhão leve	Caminhão	31
FRESIM 4	Caminhão médio	Caminhão	36
FRESIM 5	Caminhão pesado	Caminhão	24
FRESIM 6	Caminhão extra-pesado	Caminhão	9
FRESIM 7	Ônibus convencional	Transporte coletivo	100
FRESIM 8	Carro de passageiro de baixo desempenho	<i>Carpool</i>	25
FRESIM 9	Carro de passageiro de alto desempenho	<i>Carpool</i>	75

Fonte: Adaptado de FHWA (2006)

Apesar destes valores *default* estarem preestabelecidos, eles podem ser alterados pelos usuários. Esta é uma grande vantagem apontada por pesquisadores pela utilização do CORSIM, que é a sua flexibilidade com relação ao manuseio do programa e configuração de certos valores.

Outro aspecto importante levado em consideração no CORSIM é o comportamento dos motoristas. No modelo FRESIM, existem dez tipos de motoristas modelados. Nas Tabelas 12 e 13 são mostradas as características dos tipos de condutores nas rodovias (modelo FRESIM intrínseco no CORSIM).

Tabela 12: Fator de sensibilidade dos motoristas no FRESIM

<b>Tipo de motorista</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Fator de sensibilidade	1,25	1,15	1,05	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35

Fonte: Adaptado de FHWA (2006).

Nota-se que o motorista “10” é aquele que trafega mais próximo do veículo à sua frente enquanto que o motorista “1” segue o veículo à sua frente de uma distância maior. Em termos coloquiais, o motorista “10” é aquele que trafega com menor cuidado com relação à segurança, visto que está bem mais próximo do motorista à sua frente do que os demais motoristas.

Tabela 13: Porcentagem da velocidade livre (FFS) que os motoristas desenvolvem no FRESIM

<b>Tipo de motorista</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Porcentagem da FFS	88	91	94	97	99	101	103	106	109	112

Fonte: Adaptado de FHWA (2006).

Observa-se, aqui, que o motorista “1” é aquele que anda com a menor velocidade da via (88% da velocidade livre), enquanto que o motorista “10” trafega com a maior velocidade na via (112% da velocidade livre).

Nota-se que o motorista “1” é mais calmo, seguindo o veículo à sua frente mais distante e trafega em menor velocidade, enquanto que o motorista “10” representa o motorista mais “agressivo”, trafegando a velocidades elevadas e seguindo mais próximo o veículo à sua frente. A quantidade de cada tipo de motorista na rodovia simulada é estocástica, ou seja, totalmente aleatório. A natureza estocástica e dinâmica do modelo permite uma representação mais precisa da rede simulada (ARAÚJO, 2007).

O CORSIM é um modelo de simulação microscópico, composto por submodelos que reproduzem situações específicas do tráfego. O CORSIM possui abordagem *time-based*, em que as condições dos veículos são atualizadas em um intervalo que varia de 0,1 s até 1,0 s, de acordo com a necessidade e vontade do usuário. Segundo Bessa Jr, Cunha e Setti (2011), as seguintes etapas devem ser estabelecidas a cada atualização:

- Adicionar veículos ao trecho modelado (se existir espaço suficiente na rodovia), sendo que cada tipo de veículo adicionado possui uma velocidade desejada proveniente de uma distribuição de frequência estabelecida (distribuição de Erlang);
- Atualizar a velocidade, a aceleração e a posição de cada veículo na rodovia;
- Remover os veículos que chegaram ao destino;
- Atualizar o estado veicular, livre ou em *car following*; ultrapassando ou sendo ultrapassado; e
- Salvar os dados.

Tanto os pesquisadores quanto os planejadores de tráfego utilizam o CORSIM em função de sua sólida fundamentação da modelagem do tráfego e capacidade de análise das situações propostas. Suas características capacitam os usuários à simulação de um largo espectro de aplicações práticas e de pesquisas (MOREIRA, 2005).

## 2.8 HCS+

HCS+ é um modelo macroscópico que implementa os conceitos e as metodologias descritos no manual “*Highway Capacity Manual*” e é mantido pelo *McTrans Center* da Universidade da Flórida em Gainesville (ABABIO, 2011). É utilizado para se medir o nível de serviço em interseções sinalizadas, interseções não sinalizadas, rotatórias ou rótulas urbanas, vias urbanas, rodovias, junção de rampas, rodovias de múltiplas faixas e rodovias de pista simples e sentido duplo. Com volumes de tráfego conhecidos e outros valores de entrada, o HCS+ pode determinar o nível de serviço para todas as situações citadas.

O HCS+ é bastante utilizado em ensino visto a sua facilidade de determinação de níveis de serviço e a sua facilidade de manuseio. Khasawneh e Obadat (2013) dizem que o programa citado é uma ótima e fácil ferramenta para utilização em engenharia de transportes em virtude de não apresentar muitas dificuldades ou tutorial extenso. Assim, o HCS+ é uma valorosa ferramenta de auxílio para determinação de níveis de serviço em engenharia de transportes e seu uso facilitado e seu fácil manuseio são outros itens que favorecem ainda mais a sua utilização.

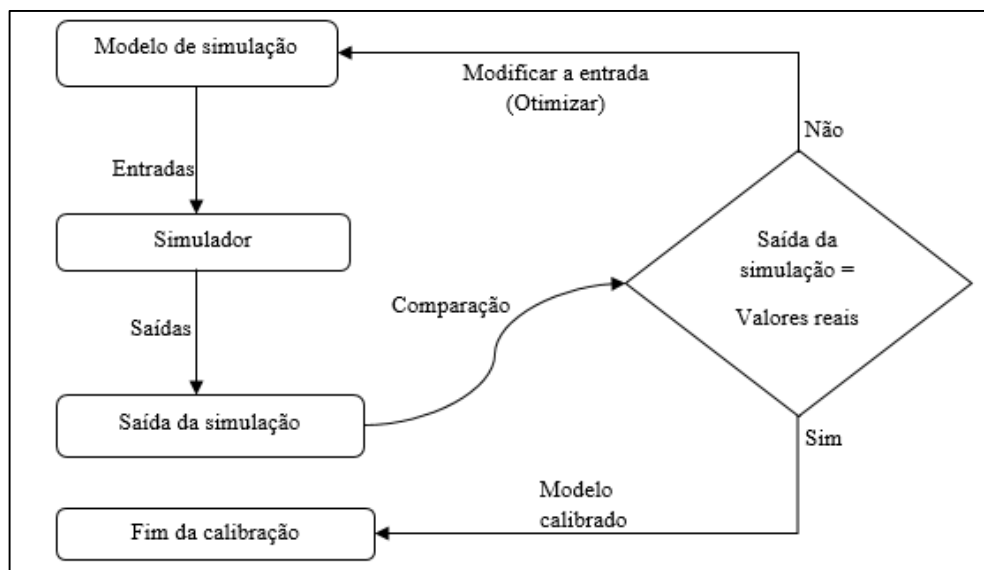
## 2.9 Calibração do simulador

Os programas computacionais foram criados com base na realidade local e levaram em considerações parâmetros e características regionais. Assim, a utilização dos programas em locais distantes donde foram concebidos requer alguns cuidados especiais, entre eles, a calibração de parâmetros de entrada de dados.

Spiliopoulou *et. al* (2015) dizem que o procedimento de calibração do simulador visa permitir que o modelo de simulação que representa o tráfego na rede seja o mais preciso possível. Logo, a calibração é um método para tornar a simulação mais próxima da realidade possível.

A calibração é um processo iterativo que compara dados modelados com dados reais, que é finalizado assim que obtém-se valores de saída do programa semelhantes a valores reais, como é mostrado no fluxograma da Figura 8.

Figura 8: Processo de calibração



Fonte: Paz *et. al*, 2015.

A calibração também é feita com base nos dados de entrada dos volumes de tráfego, como a composição do tráfego, por exemplo.

Assim, enquanto este capítulo apresentou o embasamento para a metodologia a ser utilizada neste trabalho, o próximo capítulo retrata o tráfego na rodovia em estudo.

# CAPÍTULO 3

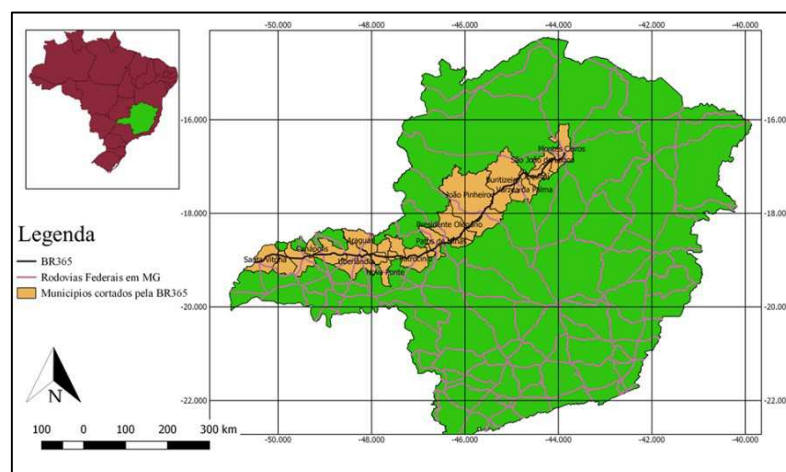
## TRÁFEGO NA BR-365

Este capítulo demonstra como realizou-se o planejamento para as pesquisas de tráfego e o detalhamento das pesquisas e seus resultados.

### 3.1 BR-365 no trecho entre Patos de Minas e Uberlândia

A BR-365 é uma rodovia federal, diagonal, que interliga as cidades de Montes Claros, Patos de Minas, Uberlândia e Ituiutaba, todas no estado de Minas Gerais, ao canal de São Simão, que fica na divisa entre Minas Gerais e Goiás. Esta BR possui uma extensão total de 878,8 km (BRASIL, 1973), e seu trajeto é mostrado na Figura 9.

Figura 9: Rodovias federais em Minas Gerais e a BR-365

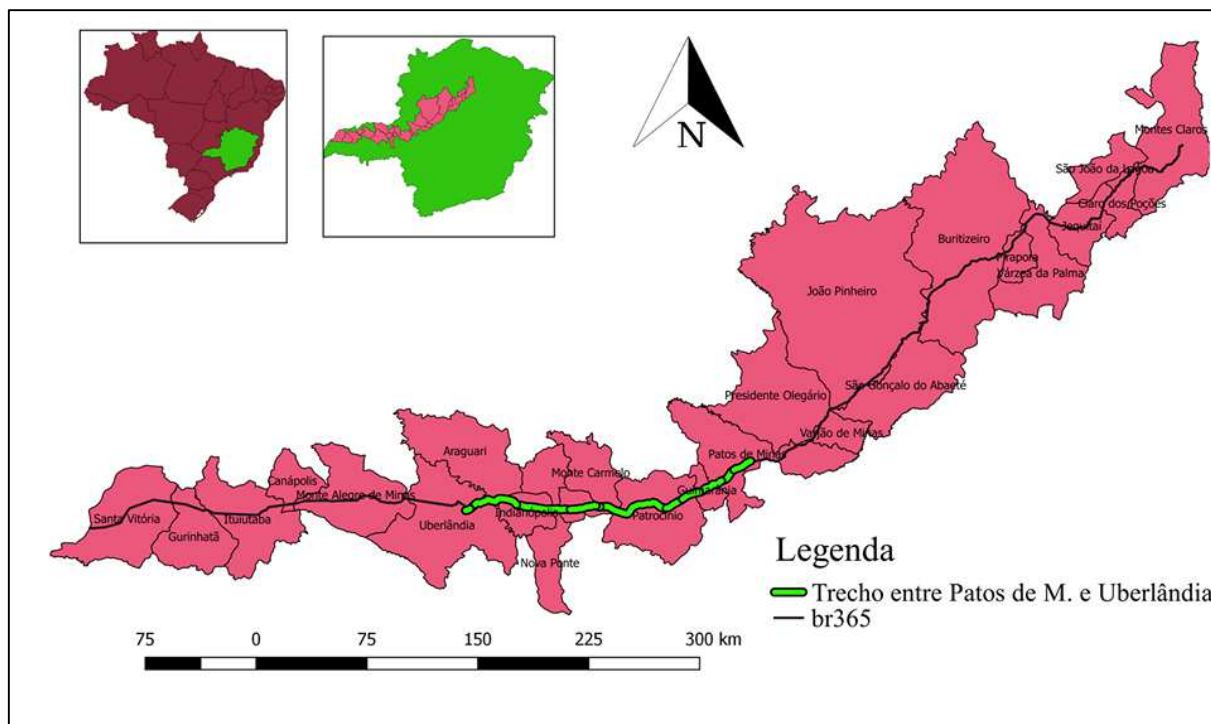


Fonte: Autor<sup>1</sup> (2017).

<sup>1</sup> Elaborado pelo autor com base em *Shapefiles* do IBGE e utilizando o programa computacional QGIS.

No trecho entre Patos de Minas e Uberlândia, a BR-365 possui uma extensão de 210 quilômetros, via pavimentada, de pista simples e sentido duplo de circulação e, em alguns poucos locais, terceira faixa em aclives. O trecho citado é mostrado na Figura 10.

Figura 10: Rodovia BR-365



Fonte: Autor (2017).

A BR-365 encontra-se sob administração do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e sua importância se dá principalmente pelo escoamento de produtos agrícolas para todo Brasil.

Por se tratar de um grande centro de distribuição logístico, Uberlândia pode ser considerada uma das mais importantes cidades dessa rodovia, devido à sua localização e ao grande número de empresas que se localizam na cidade. Além disso, o escoamento de produtos é facilitado, já que Uberlândia possui uma ligação estratégica com o restante de todo o país por meio das diversas saídas de transportes, estando interligada, principalmente, com São Paulo, Belo Horizonte, Goiânia e Brasília. De acordo com o IBGE (2015), a estimativa da população de Uberlândia para o ano de 2014 era de 654.681 habitantes.

A cidade de Patos de Minas, também conhecida como a Cidade Nacional do Milho, possuía, de acordo com o Censo 2010, uma estimativa para o ano de 2014 de 147.614 habitantes (IBGE, 2015). A importância da cidade se dá principalmente ao milho, porém, outros produtos como o

arroz, soja, feijão, café, maracujá, tomate, horticultura e os produtos leiteiros, também fazem parte da economia da cidade. Tais produtos são escoados para todo o Brasil, tendo seu tráfego, em grande escala, para a cidade de Uberlândia (Prefeitura Municipal de Patos de Minas, 2015).

A cidade de Patrocínio é um grande exportador de suinocultura, café, milho, soja, feijão, algodão, arroz, batata inglesa, banana, mandioca, cana de açúcar, frutas e hortifrutigranjeiros que abastecem a CEASA de Uberlândia, além de cidades como São Paulo e Rio de Janeiro. A cidade é considerada, também, a segunda bacia leiteira do estado de Minas Gerais. O escoamento desses produtos é feito principalmente pela BR-365, no qual a fluidez do tráfego precisa ser boa, além de sua eficiência, dependendo basicamente da boa condição da rodovia (Prefeitura Municipal de Patrocínio, 2015). A estimativa da população de Patrocínio para o ano de 2014 era de 87.928 habitantes (IBGE, 2015).

### **3.2 Contagem do Tráfego**

A pesquisa do volume de tráfego iniciou-se pelo planejamento da obtenção dos dados do tráfego da rodovia BR 365, no trecho de Patos de Minas até Uberlândia, MG. Como toda pesquisa de contagem implica em algum erro, o planejamento da pesquisa foi com base na minimização deste erro. Tendo como base os dados apresentados na Tabela 3 (página 28), o ideal seria que a pesquisa fosse feita com nível de precisão A (excelente), entretanto, em virtude da escassez dos recursos humanos e da quantidade de tempo disponível para a pesquisa, o melhor nível de precisão que se conseguiria chegar seria no nível C (suficiente com estimativa grosseira).

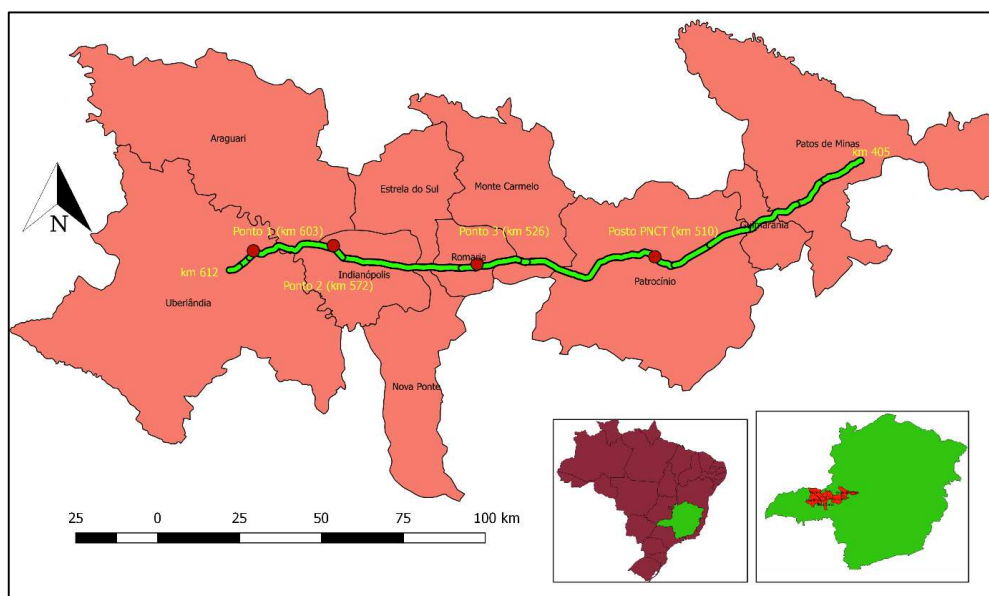
Feita tal consideração decidiu-se, com base nos dados da Tabela 4 (página 28), que as contagens seriam realizadas de quinta-feira a domingo, das 06:00 às 22:00 horas (método 4), e em dias típicos (não feriados e não chuvosos). Assim, a estimativa da contagem do volume do tráfego estaria suficiente com estimativa grosseira segundo dados da Tabela 3. Este método foi o escolhido pois com o número de pesquisadores disponíveis seria o método possível de ser realizado. Sabe-se que o manual do DNIT para contagem do tráfego serve apenas como orientação, devendo o pesquisador fazer e análise crítica e escolher a melhor maneira da pesquisa. Logo, apesar de saber que ocorrem variações nos volumes diários do tráfego no ano em função principalmente das safras de produtos agrícolas, foi decidido que este método seria utilizado, pois daria uma noção dos volumes de veículos usuário da rodovia, visto que existem

contagem em dias da semana e em finais de semana. Além disso, como a pesquisa foi feita em locais diferentes da rodovia e em épocas diferentes do ano, pode-se conhecer melhor a variação do tráfego de veículos. Assim, apesar do método de contagem escolhido não representar fielmente o tráfego da rodovia, ele fornece volumes adequados de caracterização para se ter uma noção do volume de veículos.

Além disso, as contagens não poderiam ser realizadas apenas em um local da rodovia, visto que não seria correto admitir que o tráfego seria o mesmo em todo o trecho da rodovia em estudo. Assim, definiu-se que as contagens seriam feitas entre os trechos entre interseções, por existirem pontos de acessos entre as cidades de Patos de Minas e Uberlândia, do qual já se sabia de observações locais que havia uma variação de volume de manobras de entrada/saída. Assim, ter-se-ia o volume de veículos em cada subtrecho, com tal volume mais próximo ao real. O volume será mais próximo ao real, pois nem todos os veículos que trafegam em um subtrecho da rodovia percorrem todo o trecho da BR-365 em estudo, visto que muitos percorrem apenas algumas partes.

Os pontos de coletas de dados dos volumes de tráfego são mostrados na Figura 11.

Figura 11: Locais de coleta dos volumes de tráfego



Fonte: Autor (2017).

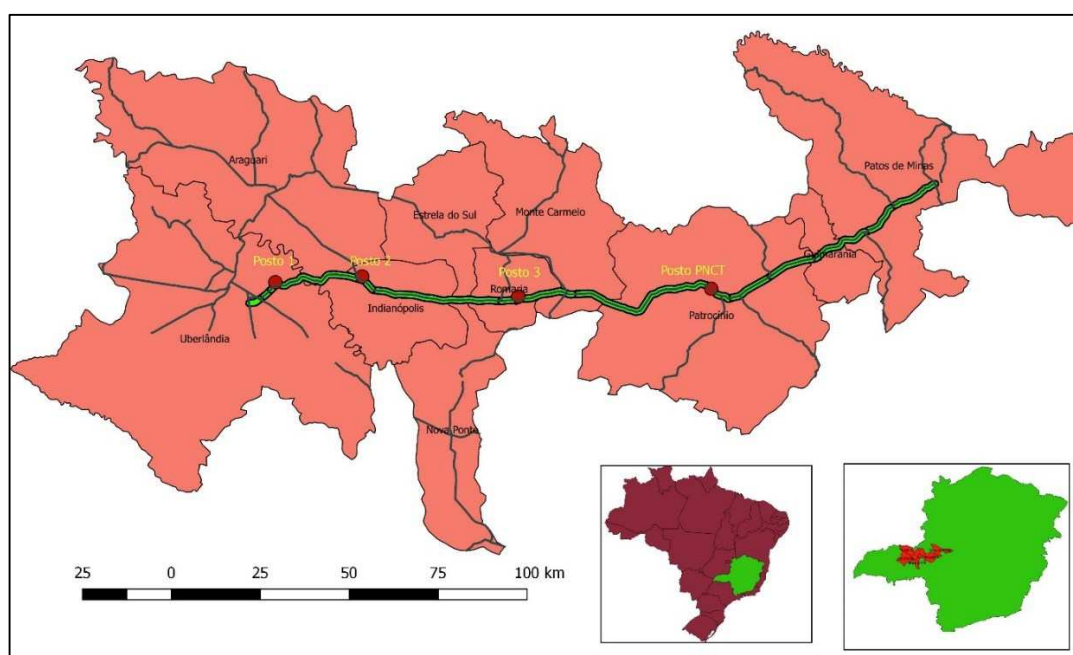
Pelas informações apresentadas na Figura 11 verifica que realizou-se contagens manuais em 3 locais de coletas. Além disso, utilizou-se dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT). A escolha por estes subtrechos se deu em virtude de cruzamento com outras rodovias pavimentadas.



Entre o ponto 1 (localizado no quilômetro 603) e o ponto 2 (localizado no quilômetro 572) existe a LMG-748 que liga a cidade de Araguari (MG) à rodovia BR-365. Entre o ponto 2 e o ponto 3 (localizado no quilômetro 526), existe a MG-190, que liga a cidade de Romaria (MG) à cidade de Nova Ponte (MG) e cruza com a BR-365 neste trecho, e entre o ponto 3 e o posto de contagem do PNCT (localizado no quilômetro 510) existe a MG-223 que liga a MG-190 até a BR-365. Pelo fato de existir estes entroncamentos é que decidiu-se pelos locais de coleta apresentados na Figura 11. Além disso, a implantação de um *câmpus* da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em 2011 na cidade de Monte Carmelo contribui para um aumento no tráfego de veículos no trecho entre a cidade de Uberlândia e o entroncamento até a cidade de Monte Carmelo.

No trecho entre Patrocínio e Patos de Minas existe a MG 230, que liga a cidade de Serra do Salitre, MG, até a BR-365, ainda existe a MG-188 que liga a cidade de Coromandel, MG, até a BR-365 e a BR-146, que liga Cruzeiro da Fortaleza, MG, a BR-365 e a BR-352, que liga Coromandel, MG, até a BR-365. Apesar de ser ideal a contagem em cada subtrecho mencionado, no trecho citado entre Patrocínio e Patos de Minas não foi possível obter contagem, em virtude da indisponibilidade de recursos humanos para a pesquisa, da indisponibilidade de se utilizarem contadores automáticos em virtude de recursos financeiros. Na Figura 12 são mostrados todos os entroncamentos da BR-365 no trecho em estudo e os locais de coleta de dados do volume de tráfego.

Figura 12: Entroncamentos existentes na BR-365 entre Patos de Minas e Uberlândia



Fonte: Autor (2017).

Assim, a coleta de dados foi feita nos trechos entre interseções da rodovia BR-365 excetuando-se o trecho entre Patos de Minas e Patrocínio.

As contagens feitas manualmente foram realizadas de quinta-feira a domingo, conforme orientado pelos dados apresentados na Tabela 4, nos locais mostrados nas Figuras 11 e 12. As contagens foram feitas todas em dias úteis e sábados e domingos, ou seja, não eram feriados e também não antecedia nem sucedia feriados, e em dias não chuvosos, para evitar que estes elementos interferissem nos resultados.

As pesquisas no ponto 1, apresentado na Figura 11, foram realizadas nos dias 6, 7, 8 e 9 de outubro de 2016 (quinta-feira a domingo), enquanto que as pesquisas no ponto 2 foram realizadas nos dias 15, 16, 17 e 18 de setembro de 2016 (quinta-feira a domingo), e as pesquisas no ponto 3 foram realizadas nos dias 18, 19, 20 e 21 de agosto de 2016 (quinta-feira a domingo). As pesquisas foram realizadas em finais de semanas diferentes em virtude da pouca quantidade de pesquisadores disponíveis. Nos locais de coleta do PNCT foram coletados dados contínuos dos volumes de tráfego. Nestes pontos do PNCT dispõem-se de dados do ano de 2014, do ano de 2015 e de janeiro de 2016.

A tabela utilizada na contagem do tráfego é mostrado na Figura 13. A tabela foi elaborada com base nas tabelas recomendadas pelo DNIT no Manual de Estudos de Tráfego (1999) e adaptada para a contagem de veículos que são modelados no programa computacional utilizado neste estudo. Cada caminhão foi contabilizado como sendo leve se possuir 2 eixos, médio se possuir 3 eixos, pesado se possuir 4 ou 5 eixos e extra-pesado se possuir 6, 7 ou mais eixos.

Figura 13: Modelo de tabela utilizado na contagem manual

FORMULARIO PARA CONTAGEM DO TRAFEGO						
Tempo: ( ) Sol ( ) Chuva ( ) Nublado						
Dia da semana:			Data:			
Pesquisador:						
Local e sentido da contagem:						
						
OBSERVAÇÃO: A figura representa os tipos de caminhões, e a abreviação C. na linha de identificação de veículos quer dizer Caminhão.						
Hora	Carro	Onibus	C. leve	C. Médio	C. pesado	C. extra-pesado
14:00 a 14:15						
14:15 a 14:30						
14:30 a 14:45						
14:45 a 15:00						
15:00 a 15:15						
15:15 a 15:30						
15:30 a 15:45						
15:45 a 16:00						
16:00 a 16:15						

Fonte: Autor (2017).

A contagem é detalhada nas Tabelas 14 a 25. Nas Tabelas 14 a 17 são mostrados os volumes de tráfego no ponto 1 (km 603, saída de Uberlândia). Os volumes na cor verde são no sentido Patos de Minas até Uberlândia, e os volumes na cor preta representam os volumes no sentido Uberlândia até Patos de Minas.

Tabela 14: Volume de tráfego na saída de Uberlândia (km 603) (quinta-feira, 06/10/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	91	84	14	15	22	21	16	21	37	25	1	1
07:00	08:00	90	95	17	22	25	17	42	21	31	19	2	3
08:00	09:00	93	85	18	25	21	21	28	21	35	19	3	2
09:00	10:00	122	132	17	102	23	12	34	14	31	19	1	3
10:00	11:00	109	105	16	16	20	16	34	17	26	22	1	1
11:00	12:00	122	95	20	14	19	16	37	17	26	16	4	3
12:00	13:00	100	122	11	14	23	12	30	19	27	24	1	1
13:00	14:00	96	99	14	14	19	14	32	13	32	18	2	4
14:00	15:00	125	103	20	13	18	28	20	26	20	24	1	2
15:00	16:00	100	108	17	18	28	18	24	34	18	14	2	3
16:00	17:00	116	138	19	17	23	19	21	23	17	22	1	3
17:00	18:00	113	134	14	7	24	15	28	23	16	22	2	4
18:00	19:00	107	129	20	14	29	10	21	23	15	21	2	1
19:00	20:00	103	117	15	19	25	10	24	22	17	16	3	2
20:00	21:00	89	96	13	13	20	13	22	17	15	17	1	3
21:00	22:00	78	97	15	14	16	13	22	10	12	18	1	1
Total		1654	1739	260	337	355	255	435	321	375	316	28	37

Fonte: Autor (2017).

Tabela 15: Volume de tráfego na saída de Uberlândia (km 603) (sexta-feira, 07/10/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	89	105	15	11	19	19	28	28	41	30	1	1
07:00	08:00	92	112	20	10	20	23	31	35	32	21	2	2
08:00	09:00	91	73	14	14	27	19	22	34	32	22	5	1
09:00	10:00	110	88	10	11	25	23	30	25	37	29	2	1
10:00	11:00	116	84	14	22	31	24	23	24	30	42	1	1
11:00	12:00	114	94	15	16	30	20	23	25	28	32	1	2
12:00	13:00	92	101	18	16	22	16	28	19	42	27	3	2
13:00	14:00	76	92	14	28	23	13	26	28	25	23	2	3
14:00	15:00	110	112	14	15	31	26	26	33	25	20	2	3
15:00	16:00	110	92	19	13	33	23	35	23	21	26	1	3
16:00	17:00	102	92	17	18	33	21	21	22	24	22	3	5
17:00	18:00	130	103	23	20	27	26	25	23	25	25	6	3
18:00	19:00	113	107	25	15	24	17	25	22	26	23	2	2
19:00	20:00	114	102	18	14	23	18	17	22	24	14	1	2
20:00	21:00	87	98	15	11	31	22	17	14	24	18	2	1
21:00	22:00	82	85	19	17	28	22	16	21	18	20	2	1
Total		1628	1540	270	251	427	332	393	398	454	394	36	33

Fonte: Autor (2017).

Tabela 16: Volume de tráfego na saída de Uberlândia (km 603) (sábado, 08/10/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	111	84	14	21	17	18	39	23	36	43	0	2
07:00	08:00	112	121	20	18	26	25	25	31	34	25	3	1
08:00	09:00	117	117	18	20	25	20	29	25	43	25	1	7
09:00	10:00	96	110	7	12	31	15	28	19	27	29	2	0
10:00	11:00	90	104	11	15	31	21	14	26	31	18	3	3
11:00	12:00	114	100	12	10	40	21	27	18	28	26	1	5
12:00	13:00	104	112	15	14	27	17	25	19	20	32	2	1
13:00	14:00	115	112	22	15	41	26	26	20	16	31	4	2
14:00	15:00	105	113	16	19	15	20	18	17	23	14	1	2
15:00	16:00	99	94	10	21	18	18	16	22	20	16	1	2
16:00	17:00	80	83	16	17	18	21	16	22	16	18	2	4
17:00	18:00	85	91	19	17	15	23	16	21	15	17	4	2
18:00	19:00	82	90	16	16	15	23	14	18	19	27	0	3
19:00	20:00	72	81	15	18	8	21	14	14	17	14	1	2
20:00	21:00	67	88	16	11	12	17	16	14	15	24	2	3
21:00	22:00	67	70	12	15	17	16	11	13	18	22	1	2
Total		1516	1570	239	259	356	322	334	322	378	381	28	41

Fonte: Autor (2017).

Tabela 17: Volume de tráfego na saída de Uberlândia (km 603) (domingo, 09/10/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	86	65	14	9	18	10	19	20	16	19	1	1
07:00	08:00	68	80	13	13	12	14	18	19	19	22	4	1
08:00	09:00	78	73	11	2	15	14	7	17	12	25	1	0
09:00	10:00	50	74	15	9	20	12	16	22	18	7	2	1
10:00	11:00	66	83	15	11	18	14	14	24	15	16	2	1
11:00	12:00	63	80	16	9	17	15	16	16	17	15	2	5
12:00	13:00	70	80	14	8	16	2	13	10	18	8	1	0
13:00	14:00	74	84	13	8	15	11	17	10	15	14	2	1
14:00	15:00	107	97	11	16	19	17	22	20	13	17	5	2
15:00	16:00	114	112	18	16	18	22	20	19	13	19	3	2
16:00	17:00	101	89	64	13	6	17	12	14	16	16	4	7
17:00	18:00	120	117	15	10	18	18	22	14	11	19	2	5
18:00	19:00	91	101	13	14	16	19	19	13	10	18	1	4
19:00	20:00	102	114	12	12	15	17	51	31	12	20	2	1
20:00	21:00	81	103	19	8	6	18	8	31	10	18	0	1
21:00	22:00	68	99	17	8	13	17	16	17	17	16	1	0
Total		1339	1451	280	166	242	237	290	297	232	269	33	32

Fonte: Autor (2017).

Nas Tabelas 18 a 21 são mostradas as contagens de volume de tráfego no ponto 2 (km 572, após o trevo de Indianópolis).

Tabela 18: Volume após o trevo de Indianópolis (km 572) (quinta-feira, 15/09/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	62	79	18	12	18	11	11	17	10	14	1	1
07:00	08:00	87	87	16	15	21	12	23	16	17	26	3	4
08:00	09:00	108	103	17	10	20	18	23	15	15	15	1	2
09:00	10:00	103	114	23	16	15	15	23	18	23	13	1	4
10:00	11:00	99	113	18	18	21	17	20	17	19	32	2	1
11:00	12:00	114	90	23	13	14	12	15	15	17	16	1	2
12:00	13:00	106	106	16	13	11	14	22	12	16	15	1	0
13:00	14:00	112	113	17	15	20	15	21	9	19	17	2	3
14:00	15:00	113	118	17	11	27	26	22	26	12	16	1	1
15:00	16:00	126	109	8	17	28	17	35	32	17	7	1	2
16:00	17:00	111	155	5	8	21	17	33	29	24	12	1	1
17:00	18:00	108	148	10	9	15	11	25	23	9	14	5	8
18:00	19:00	120	121	2	8	15	12	29	53	21	22	3	0
19:00	20:00	96	105	7	4	15	7	39	24	25	15	4	1
20:00	21:00	95	89	8	6	12	7	24	24	18	12	1	3
21:00	22:00	87	81	8	8	20	6	21	8	16	13	2	0
Total		1647	1731	213	183	293	217	386	338	278	259	30	33

Fonte: Autor (2017).

Tabela 19: Volume de tráfego após o trevo de Indianópolis (km 572) (sexta-feira, 16/09/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	58	41	13	14	18	12	18	9	15	11	2	1
07:00	08:00	76	61	15	15	18	12	20	7	18	23	1	3
08:00	09:00	90	70	21	15	23	18	22	13	20	15	3	2
09:00	10:00	121	105	14	23	18	20	16	17	17	13	2	2
10:00	11:00	115	124	18	22	20	19	18	19	18	13	2	1
11:00	12:00	123	85	20	18	21	13	19	16	20	14	3	1
12:00	13:00	117	87	19	11	20	14	19	17	19	14	1	1
13:00	14:00	120	88	19	13	22	16	23	14	21	11	1	3
14:00	15:00	114	94	18	11	29	27	19	32	36	18	1	3
15:00	16:00	94	91	17	7	21	22	20	36	27	21	3	1
16:00	17:00	127	97	18	11	35	28	24	30	21	19	3	4
17:00	18:00	103	111	17	12	35	24	14	22	24	17	0	1
18:00	19:00	123	95	14	13	26	18	25	22	48	22	2	3
19:00	20:00	111	97	14	14	39	22	21	25	34	61	2	2
20:00	21:00	101	101	14	13	21	28	21	21	22	21	3	2
21:00	22:00	104	80	13	16	21	24	21	23	30	18	1	1
Total		1697	1427	264	228	387	317	320	323	390	311	30	31

Fonte: Autor (2017).

Tabela 20: Volume de tráfego após o trevo de Indianópolis (km 572) (sábado, 17/09/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	124	106	10	18	14	21	19	22	11	23	2	2
07:00	08:00	140	106	8	12	15	13	19	19	18	20	4	2
08:00	09:00	174	159	6	5	15	9	23	21	15	28	3	3
09:00	10:00	147	131	4	3	13	7	23	7	11	11	1	1
10:00	11:00	147	139	3	6	25	4	20	25	14	13	1	2
11:00	12:00	150	120	3	6	18	11	26	12	13	10	2	1
12:00	13:00	115	105	6	3	7	5	27	21	5	17	6	1
13:00	14:00	100	103	6	9	12	14	31	21	7	23	2	1
14:00	15:00	90	90	14	11	14	12	18	13	15	9	1	1
15:00	16:00	89	77	23	14	22	19	28	19	19	16	1	3
16:00	17:00	90	79	22	18	21	18	18	19	16	14	2	5
17:00	18:00	73	68	16	17	18	17	27	22	17	11	2	0
18:00	19:00	96	84	12	12	17	18	14	19	14	11	1	1
19:00	20:00	97	74	18	15	14	18	12	10	13	10	2	1
20:00	21:00	66	69	14	12	17	12	14	16	14	8	2	2
21:00	22:00	76	69	9	7	10	6	10	9	6	3	1	0
Total		1774	1579	174	168	252	204	329	275	208	227	33	26

Fonte: Autor (2017).

Tabela 21: Volume de tráfego após o trevo de Indianópolis (km 572) (domingo, 18/09/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	78	60	7	15	12	9	14	5	14	9	1	0
07:00	08:00	69	66	12	14	8	11	16	9	19	15	1	1
08:00	09:00	78	81	5	11	11	9	7	12	20	15	3	1
09:00	10:00	66	53	12	19	19	8	12	10	19	10	1	1
10:00	11:00	79	75	17	10	8	15	18	11	20	15	3	2
11:00	12:00	61	71	14	11	7	15	11	8	17	12	1	1
12:00	13:00	68	69	3	8	10	9	21	9	18	9	2	3
13:00	14:00	81	88	8	11	15	9	15	15	17	16	1	3
14:00	15:00	93	94	15	10	20	15	13	16	8	8	2	2
15:00	16:00	96	105	14	16	18	17	17	17	16	12	2	1
16:00	17:00	78	77	14	16	12	14	13	20	16	16	2	1
17:00	18:00	102	118	15	16	18	18	15	15	13	17	3	3
18:00	19:00	84	97	11	16	17	15	17	16	12	5	2	1
19:00	20:00	92	105	15	16	22	13	20	13	16	11	1	1
20:00	21:00	81	99	11	17	16	16	14	16	11	14	3	2
21:00	22:00	73	91	16	15	11	6	9	8	8	5	1	3
Total		1279	1349	189	221	224	199	232	200	244	189	29	26

Fonte: Autor (2017).

Nas Tabelas 22 a 25 são mostradas as contagens de volume de tráfego no ponto 3 (km 526).

Tabela 22: Volume após o trevo de Monte Carmelo (km 526) (quinta-feira, 18/08/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	71	79	14	11	14	10	12	16	8	14	1	1
07:00	08:00	90	91	11	17	24	25	25	20	24	29	1	3
08:00	09:00	108	104	11	12	24	26	25	17	27	19	1	3
09:00	10:00	95	110	13	17	25	22	28	25	28	16	1	1
10:00	11:00	97	129	16	15	22	23	28	23	25	31	0	5
11:00	12:00	92	89	16	8	15	12	28	26	30	24	0	2
12:00	13:00	114	96	14	18	30	21	23	13	29	25	6	3
13:00	14:00	95	114	8	16	20	23	26	22	29	28	3	3
14:00	15:00	110	107	17	16	24	18	18	22	21	24	0	1
15:00	16:00	101	98	17	19	26	19	32	26	18	9	0	1
16:00	17:00	111	112	14	8	22	20	35	27	20	21	3	2
17:00	18:00	126	125	25	18	29	12	24	27	20	23	5	6
18:00	19:00	87	92	10	17	19	15	19	13	17	21	2	0
19:00	20:00	94	89	10	15	23	15	11	17	10	15	3	2
20:00	21:00	102	86	11	18	22	14	18	16	18	22	3	3
21:00	22:00	78	84	11	14	18	18	12	8	19	20	1	3
Total		1571	1605	218	239	357	293	364	318	343	341	30	39

Fonte: Autor (2017).

Tabela 23: Volume de tráfego após o trevo de Monte Carmelo (km 526) (sexta-feira, 19/08/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	66	71	13	11	15	12	25	18	14	25	4	5
07:00	08:00	69	98	18	10	24	17	40	16	23	21	0	1
08:00	09:00	97	100	12	16	17	20	28	24	30	7	2	3
09:00	10:00	94	113	14	6	24	16	20	23	16	29	1	2
10:00	11:00	103	123	20	18	19	23	27	16	17	23	1	1
11:00	12:00	102	116	21	14	29	23	31	22	35	15	2	4
12:00	13:00	84	113	18	10	17	20	24	18	31	14	2	3
13:00	14:00	99	107	20	15	25	25	24	21	21	15	3	1
14:00	15:00	116	118	23	17	26	18	22	16	27	14	1	1
15:00	16:00	119	111	17	17	30	20	19	12	22	16	1	3
16:00	17:00	110	113	22	15	26	20	15	16	23	16	5	1
17:00	18:00	124	117	21	13	26	18	19	16	23	9	1	2
18:00	19:00	118	116	17	16	24	23	18	16	16	12	1	2
19:00	20:00	105	100	14	16	22	20	18	16	21	14	2	2
20:00	21:00	102	103	19	15	19	23	19	16	19	16	2	2
21:00	22:00	79	99	21	16	16	20	19	16	16	16	1	1
Total		1587	1718	290	225	359	318	368	282	354	262	29	34

Fonte: Autor (2017).

Tabela 24: Volume de tráfego após o trevo de Monte Carmelo (km 526) (sábado, 20/08/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	99	101	17	14	10	15	13	12	19	23	3	2
07:00	08:00	97	82	10	9	15	10	16	16	14	17	1	2
08:00	09:00	167	132	10	5	17	2	19	6	13	20	4	1
09:00	10:00	135	97	7	6	4	5	23	14	18	8	1	1
10:00	11:00	131	115	5	9	16	10	27	8	10	18	2	1
11:00	12:00	110	117	7	8	17	10	22	7	13	12	0	1
12:00	13:00	99	68	7	6	7	15	24	8	4	12	5	0
13:00	14:00	96	102	13	11	11	9	15	20	16	15	2	2
14:00	15:00	88	86	18	17	19	18	21	11	12	13	2	2
15:00	16:00	87	82	16	15	19	17	17	15	14	18	0	3
16:00	17:00	84	101	18	15	17	14	18	18	8	15	2	3
17:00	18:00	88	89	20	18	20	14	18	14	12	13	2	1
18:00	19:00	90	93	20	10	14	14	19	18	13	12	1	2
19:00	20:00	91	87	18	13	25	15	19	13	17	16	2	2
20:00	21:00	68	80	17	15	20	10	20	14	9	7	1	2
21:00	22:00	78	74	12	13	16	10	19	7	8	10	1	1
Total		1608	1506	215	184	247	188	310	201	200	229	29	26

Fonte: Autor (2017).



Tabela 25: Volume de tráfego após o trevo de Monte Carmelo (km 526) (domingo, 21/08/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
06:00	07:00	65	51	9	14	16	13	10	17	12	16	1	1
07:00	08:00	67	80	13	12	21	14	12	18	7	14	1	2
08:00	09:00	71	67	5	10	13	13	12	23	9	9	2	1
09:00	10:00	90	65	12	14	19	7	16	8	24	15	3	2
10:00	11:00	69	50	9	14	20	6	12	18	22	11	4	1
11:00	12:00	56	53	8	7	17	13	13	19	9	14	2	4
12:00	13:00	77	63	5	4	9	13	12	10	14	14	1	2
13:00	14:00	86	66	11	6	16	8	12	12	15	12	4	3
14:00	15:00	101	85	12	15	18	18	14	16	16	16	2	1
15:00	16:00	94	99	17	10	13	16	16	16	7	14	1	1
16:00	17:00	105	85	12	16	14	14	19	15	10	12	2	3
17:00	18:00	103	93	15	17	13	23	16	16	10	8	2	1
18:00	19:00	104	90	14	19	15	10	14	8	11	11	2	2
19:00	20:00	99	104	22	19	18	8	7	16	15	14	0	1
20:00	21:00	90	93	15	10	21	15	15	5	15	17	2	2
21:00	22:00	74	96	15	11	17	9	16	15	16	16	1	1
Total		1351	1240	194	198	260	200	216	232	212	213	30	28

Fonte: Autor (2017).

Além dos dados de contagem em campo, também foram utilizados dados do PNCT. O dispositivo de contagem deste PNCT fica localizado na saída de Patrocínio sentido Uberlândia, no km 510, e sua localização é mostrada na Figura 11 (página 45). Os dados mais recentes desta contagem automática, são do mês de Janeiro de 2016. Por ser uma contagem automática os dados do volume estão em um período de 24 horas por dia, diferentemente das contagens manuais, que estão em um período de 16 horas por dia. Na Tabela 26 são mostrados os volumes diários de todos os dias do mês de janeiro de 2016.

Tabela 26: Volume total diário no mês de janeiro de 2016

		Sentido Patos de Minas/Uberlândia	Sentido Uberlândia/Patos de Minas
01/jan	Sexta-feira	2.580	3.132
02/jan	Sábado	3.545	3.100
03/jan	Domingo	5.149	3.982
04/jan	Segunda-feira	4.319	3.609
05/jan	Terça-feira	3.893	3.625
06/jan	Quarta-feira	3.836	3.729
07/jan	Quinta-feira	3.898	3.815
08/jan	Sexta-feira	4.080	4.274
09/jan	Sábado	3.219	3.376
10/jan	Domingo	3.576	3.605
11/jan	Segunda-feira	3.913	3.718
12/jan	Terça-feira	3.530	3.547
13/jan	Quarta-feira	3.578	3.504
14/jan	Quinta-feira	3.619	3.534
15/jan	Sexta-feira	3.658	3.721
16/jan	Sábado	2.774	3.116
17/jan	Domingo	2.976	3.091
18/jan	Segunda-feira	3.353	3.354
19/jan	Terça-feira	3.323	3.418
20/jan	Quarta-feira	3.610	3.608
21/jan	Quinta-feira	3.487	3.652
22/jan	Sexta-feira	4.104	4.024
23/jan	Sábado	3.193	3.404
24/jan	Domingo	2.974	3.493
25/jan	Segunda-feira	3.666	3.657
26/jan	Terça-feira	3.545	3.664
27/jan	Quarta-feira	3.551	3.680
28/jan	Quinta-feira	3.677	3.721
29/jan	Sexta-feira	3.934	3.984
30/jan	Sábado	3.100	3.410
31/jan	Domingo	3.100	3.522

Fonte: PNCT(2016).

Como decidiu-se que as contagens utilizadas neste trabalho seriam de Quinta-feira a Domingo, será utilizado apenas dados destes dias. Para a entrada de dados no programa utilizou-se o volume de veículos do segundo final de semana do ano de 2016 (07 a 10 de janeiro), em virtude deste final de semana ser aquele em que houve o maior número de veículos trafegando no mês. O volume de veículos deste posto de contagem é mostrado nas Tabelas 27 a 30. É importante

ressaltar que a contagem automática é feita considerando-se onze categorias de veículos e a contagem manual foi feita considerando 6 categorias de veículos (categorias de veículos que são modeladas no programa computacional utilizado sendo 4 tipos de caminhões, 1 de automóveis e 1 de ônibus). Cada caminhão foi contado como sendo um veículo de número de eixos mais próximo a este quando um semelhante não era contabilizado na figura. Os caminhões com 2 eixos foram contabilizados como sendo caminhões leves, os de 3 eixos foram contabilizados como sendo médios, os de 4 e 5 eixos foram contabilizados como sendo pesados e os de 6, 7 ou mais eixos foram contabilizados como caminhões extra-pesados. Os volumes na cor verde representam o tráfego no sentido Patos de Minas até Uberlândia e os volumes na cor preta no sentido Uberlândia Patos de Minas.

Tabela 27: Volume de veículos no posto do PNCT (km 510) (quinta-feira, 07/01/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
00:00	01:00	17	14	4	3	4	7	2	5	1	5	3	1
01:00	02:00	12	2	2	5	6	3	4	1	5	4	2	0
02:00	03:00	10	4	2	2	3	6	1	2	0	3	2	2
03:00	04:00	12	9	3	3	2	6	3	2	2	1	0	1
04:00	05:00	20	5	7	5	10	11	3	2	3	8	1	0
05:00	06:00	56	30	11	4	10	6	3	11	5	15	2	2
06:00	07:00	120	61	29	14	15	9	12	11	11	26	4	1
07:00	08:00	192	107	21	16	12	14	13	12	17	28	5	5
08:00	09:00	189	129	23	15	23	20	16	6	25	18	3	0
09:00	10:00	203	149	26	16	25	25	12	11	25	29	7	4
10:00	11:00	143	144	13	14	18	30	22	17	13	29	2	2
11:00	12:00	145	157	20	15	26	18	22	11	17	36	5	5
12:00	13:00	153	146	22	14	28	18	12	10	8	26	2	3
13:00	14:00	171	146	19	20	12	22	15	12	14	21	2	6
14:00	15:00	147	124	16	22	22	40	21	14	14	19	1	3
15:00	16:00	147	137	21	8	18	30	15	17	19	31	2	2
16:00	17:00	149	141	19	27	11	25	22	26	25	32	0	5
17:00	18:00	140	176	12	27	30	25	19	10	18	28	0	2
18:00	19:00	134	163	18	11	26	18	16	17	17	37	3	5
19:00	20:00	92	128	11	18	18	28	21	10	12	21	1	1
20:00	21:00	62	91	9	8	12	12	14	8	15	17	2	2
21:00	22:00	47	49	7	9	8	18	12	11	13	9	1	4
22:00	23:00	34	51	3	5	9	12	7	8	5	12	3	3
23:00	00:00	25	24	3	8	6	2	5	5	2	3	1	0
Total		2420	2187	321	289	354	405	292	239	286	458	54	59

Fonte: Adaptado de PNCT (2016).

Tabela 28: Volume de veículos no posto do PNCT (km 510) (sexta-feira, 08/01/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
00:00	01:00	14	15	4	1	6	4	4	4	3	2	1	0
01:00	02:00	13	25	7	4	5	1	3	3	2	4	0	0
02:00	03:00	10	5	5	1	3	4	1	3	1	3	0	0
03:00	04:00	12	9	2	3	2	5	4	1	1	4	0	0
04:00	05:00	26	14	5	2	10	10	4	6	4	4	1	0
05:00	06:00	40	23	9	4	16	4	9	13	8	13	2	1
06:00	07:00	154	49	21	10	10	15	5	13	5	21	3	2
07:00	08:00	156	110	21	24	17	27	10	18	4	31	1	2
08:00	09:00	168	154	18	18	20	21	17	14	9	32	3	2
09:00	10:00	210	159	24	12	16	15	15	17	9	34	4	4
10:00	11:00	148	187	17	19	25	22	18	9	11	31	2	3
11:00	12:00	143	157	15	15	25	17	12	16	10	23	3	2
12:00	13:00	146	160	14	14	18	19	17	15	14	27	2	2
13:00	14:00	154	159	13	16	19	26	18	13	6	21	3	3
14:00	15:00	152	171	22	21	26	27	14	10	13	29	4	2
15:00	16:00	182	165	19	17	19	21	23	18	11	36	1	3
16:00	17:00	213	197	29	32	18	36	18	21	22	21	2	1
17:00	18:00	206	225	16	18	20	27	20	17	23	30	3	4
18:00	19:00	166	185	15	16	17	17	18	17	22	29	5	4
19:00	20:00	142	153	11	11	21	25	20	14	12	26	1	4
20:00	21:00	88	109	9	11	12	11	4	6	9	23	2	2
21:00	22:00	49	99	7	6	15	17	8	6	9	16	1	0
22:00	23:00	32	63	3	12	4	15	5	9	7	12	0	0
23:00	00:00	24	27	5	1	5	7	5	3	3	4	0	1
Total		2648	2620	311	288	349	393	272	266	218	476	44	42

Fonte: Adaptado de PNCT (2016).

Tabela 29: Volume de veículos no posto do PNCT (km 510) (sábado, 09/01/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
00:00	01:00	20	14	2	4	2	4	0	3	1	1	0	1
01:00	02:00	15	19	2	1	4	5	3	3	1	4	2	1
02:00	03:00	20	7	2	1	3	9	4	5	4	2	1	0
03:00	04:00	8	12	7	2	2	4	2	1	1	3	1	0
04:00	05:00	32	18	4	3	2	3	2	4	3	4	1	1
05:00	06:00	46	25	4	2	5	5	2	6	5	14	2	0
06:00	07:00	118	53	19	1	6	6	4	8	3	16	2	1
07:00	08:00	120	78	14	5	15	14	7	16	8	24	3	2
08:00	09:00	109	117	5	10	7	13	7	4	11	25	0	1
09:00	10:00	157	175	10	6	12	17	5	13	7	31	3	2
10:00	11:00	192	149	13	10	12	14	6	10	7	26	2	2
11:00	12:00	157	161	3	9	9	14	9	16	8	23	5	4
12:00	13:00	135	131	12	14	12	15	13	4	6	18	4	2
13:00	14:00	185	137	14	10	12	13	11	11	5	18	1	2
14:00	15:00	176	133	7	9	11	21	6	13	10	33	2	0
15:00	16:00	167	154	6	6	15	11	5	13	15	21	1	1
16:00	17:00	134	134	7	11	7	16	10	16	18	26	3	4
17:00	18:00	132	137	10	8	10	15	18	18	20	21	3	4
18:00	19:00	99	146	5	8	14	13	16	7	18	29	2	2
19:00	20:00	105	117	3	4	4	7	9	19	8	21	1	3
20:00	21:00	75	87	6	4	6	9	5	8	10	15	0	1
21:00	22:00	50	52	6	2	5	5	7	12	6	14	1	0
22:00	23:00	32	40	4	3	3	5	2	7	4	9	0	1
23:00	00:00	37	50	4	4	7	5	2	3	3	3	1	1
Total		2321	2146	169	137	185	243	155	220	182	401	41	36

Fonte: Adaptado de PNCT (2016).

Tabela 30: Volume de veículos no posto do PNCT (km 510) (domingo, 10/01/2016)

Horário		Automóveis		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-pesados		Ônibus	
00:00	01:00	30	22	2	2	2	2	2	3	1	4	1	0
01:00	02:00	25	24	1	1	1	2	3	1	1	2	0	0
02:00	03:00	9	10	3	1	1	2	0	2	1	0	1	0
03:00	04:00	13	9	1	0	3	1	1	2	0	0	1	0
04:00	05:00	18	5	1	2	1	1	1	1	0	4	0	1
05:00	06:00	40	23	6	2	1	2	1	7	0	9	0	0
06:00	07:00	81	31	5	2	2	5	4	8	5	15	1	2
07:00	08:00	94	66	12	6	12	10	7	10	11	20	1	2
08:00	09:00	172	87	9	5	16	6	4	11	4	26	1	1
09:00	10:00	175	103	4	3	11	2	8	10	11	25	0	1
10:00	11:00	189	128	3	4	11	9	6	10	18	37	2	1
11:00	12:00	191	153	9	4	14	5	12	8	23	34	1	1
12:00	13:00	182	135	5	8	17	9	16	7	21	13	3	2
13:00	14:00	172	179	2	4	5	13	7	8	8	34	4	1
14:00	15:00	198	165	8	10	10	12	12	12	18	17	1	2
15:00	16:00	225	237	8	9	14	10	13	9	26	32	3	3
16:00	17:00	208	261	17	9	17	10	18	13	13	18	1	1
17:00	18:00	183	254	5	9	10	19	15	13	16	19	2	3
18:00	19:00	150	198	10	8	15	10	15	12	23	23	2	2
19:00	20:00	119	189	9	8	9	16	15	9	9	25	1	1
20:00	21:00	63	114	2	2	11	6	9	15	9	12	1	1
21:00	22:00	66	92	1	3	6	12	1	6	6	6	3	1
22:00	23:00	37	46	5	4	4	5	7	6	6	2	0	0
23:00	00:00	20	44	4	3	3	6	4	1	5	10	1	0
Total		2660	2575	132	109	196	175	181	184	235	387	31	26

Fonte: Adaptado de PNCT (2016).

### 3.3 Características do Tráfego

Todas as contagens serviram para embasar a entrada de dados no microsimulador utilizado neste trabalho. Além disso, obtém-se dados como volumes médios diários (VMDd). Os VMDd em cada ponto são mostrados na Tabela 31. Neste caso, o volume médio diário não se refere às 24 horas do dia, e sim às 16 horas do dia (das 06:00 até 22:00).

Tabela 31: VMDd em cada ponto

	Ponto 1				Ponto 2				Ponto 3			
	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom
VMDd (sentido Patos de Minas - Uberlândia)	3107	3208	2851	2416	2847	3088	2770	2197	2883	2987	2609	2263
VMDd (sentido Uberlândia - Patos de Minas)	3005	2948	2895	2452	2761	2637	2479	2184	2835	2839	2334	2111

Fonte: Autor (2017).

Além dos volumes coletados *in loco*, existem os volumes do PNCT, que foram coletados na saída de Patrocínio sentido Uberlândia. Estes dados são dados diários, o que permite obter o Volume Médio Diário mensal (VMDm), pois a contagem do tráfego é feita durante um mês inteiro. O VMDm é mostrado na Tabela 32, refere-se ao mês de janeiro de 2016 (último mês com dados disponíveis).

Tabela 32: VMDm na saída de Patrocínio sentido Uberlândia

	Saída de Patrocínio para Uberlândia
	Janeiro/2016
VMDm (sentido Patos de Minas - Uberlândia)	3.370
VMDm (sentido Uberlândia - Patos de Minas)	3.412

Fonte: Autor (2017).

O valor do VMDm foi maior que o VMDd nos pontos coletados, por causa do VMDd ser coletado para 16 horas do dia, enquanto que o VMDm foi coletado para 24 horas do dia. Além disso, o VMDm resulta de uma média mensal enquanto o VMDd é para os dias especificados. E ainda existe a variação mensal do volume de veículos.

Outro dado importante que se obtém da contagem volumétrica é a composição percentual do tráfego. Segundo dados da Tabela 2 (página 25), um VMD de 3.000 veículos apresenta composição de 48% de automóveis, 44% de caminhões e de 8% de ônibus. As composições percentuais nos pontos de coletas são mostradas nas Tabelas 33 e 34.

Tabela 33: Composição percentual do tráfego sentido Patos de Minas a Uberlândia

Composição do tráfego	Ponto 1				Ponto 2				Ponto 3			
	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom
Automóveis	58	55	64	58	54	53	62	60	53	51	53	55
Ônibus	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2
Caminhões	41	44	35	40	44	46	37	39	46	48	46	43

Fonte: Autor (2017).

E no ponto de coleta do PNCT, a composição percentual do tráfego sentido Patos de Minas a Uberlândia é mostrada na Tabela 34.

Tabela 34: Composição percentual do tráfego sentido Patos de Minas a Uberlândia

Composição do tráfego	Ponto PNCT			
	Qui	Sex	Sab	Dom
Automóveis	65	69	76	77
Ônibus	1	1	1	1
Caminhões	34	30	23	22

Fonte: Autor (2017).

No sentido Uberlândia a Patos de Minas a composição percentual é mostrada na Tabela 35.

Tabela 35: Composição percentual do tráfego sentido Uberlândia a Patos de Minas

Composição do tráfego	Ponto 1				Ponto 2				Ponto 3			
	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom
Automóveis	63	55	64	58	54	53	62	60	53	51	53	55
Ônibus	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2
Caminhões	36	44	35	40	44	46	37	39	45	48	46	43

Fonte: Autor (2017).

E no ponto de coleta do PNCT, a composição percentual do tráfego sentido Uberlândia a Patos de Minas é mostrada na Tabela 36.



Tabela 36: Composição percentual do tráfego sentido Uberlândia a Patos de Minas

Composição do tráfego	Ponto PNCT			
	Qui	Sex	Sab	Dom
Automóveis	60	64	67	74
Ônibus	2	1	1	1
Caminhões	38	35	32	25

Fonte: Autor (2017).

A composição percentual coletada *in loco* não condiz fielmente com a estimativa satisfatória recomendada pelo DNER (1999). O DNIT diz que a composição percentual será de 48% de automóveis, 8% de ônibus e 44% de caminhões, entretanto, na prática, notou-se uma presença percentual inferior de ônibus e uma presença percentual superior de automóveis. A presença percentual de caminhões variou muito, mas sempre entre 35 e 48%.

Além da composição percentual do tráfego para efeitos de comparação e para o cálculo do VMD, os dados coletados permitem também calibrar a composição de cada tipo de caminhão no trecho em estudo para a entrada no microsimulador.

Os valores *default* da composição do tráfego de caminhões são: 31% do tráfego é composto por caminhões leves; 36% do tráfego é composto por caminhões médios; 24% do tráfego é composto por caminhões pesados e 9% do tráfego é composto por caminhões extra-pesados. Estes valores foram calibrados para uma realidade diferente da Brasileira, assim, pode-se calibrar tais valores com base nos dados coletados em campo. A composição percentual de caminhões é mostrada nas Tabelas 37 a 40.

Tabela 37: Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Patos de Minas a Uberlândia

Composição do tráfego	Ponto 1				Ponto 2				Ponto 3			
	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom
C. leves	18	19	18	21	17	21	22	22	18	17	18	27
C. médios	25	28	26	25	28	26	25	29	25	28	27	23
C. pesados	33	24	34	26	28	27	32	24	31	25	26	28
C. extra-pesados	24	29	22	28	27	26	21	25	26	30	29	22

Fonte: Autor (2017).

Tabela 38: Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Patos de Minas a Uberlândia

Composição do tráfego	Ponto PNCT			
	Qui	Sex	Sab	Dom
C. leves	26	27	24	18
C. médios	28	30	27	26
C. pesados	23	24	22	25
C. extra- pesados	23	19	27	31

Fonte: Autor (2017).

Tabela 39: Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Uberlândia a Patos de Minas

Composição da frota de C.	Ponto 1				Ponto 2				Ponto 3			
	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom	Qui	Sex	Sab	Dom
C. leves	18	19	19	27	20	21	23	23	27	18	20	17
C. médios	22	27	23	25	25	29	23	24	21	24	25	24
C. pesados	34	28	31	25	27	26	25	27	26	29	25	31
C. extra- pesados	26	26	27	23	28	24	29	26	26	29	30	28

Fonte: Autor (2017).

Tabela 40: Composição percentual do tráfego de caminhões sentido Uberlândia a Patos de Minas

Composição do tráfego	Ponto PNCT			
	Qui	Sex	Sab	Dom
C. leves	21	20	14	13
C. médios	29	28	24	21
C. pesados	17	12	22	22
C. extra- pesados	33	40	40	44

Fonte: Autor (2017).

Nota-se nos dados apresentados nas Tabelas 37 a 40, que o tráfego de caminhões leves é menor percentualmente do que os valores padrões presentes no simulador que será utilizado neste

estudo, assim como os percentuais de caminhões médios. O percentual de caminhões pesados resultou-se muito semelhante ao percentual *default* do programa computacional utilizado (24% é o valor *default* do simulador e 27% foi o valor encontrado em campo), enquanto que os caminhões extra-pesados resultaram uma maior participação na composição percentual na rodovia (enquanto que no valor *default* do simulador a porcentagem de caminhões extra-pesados na frota de caminhões é de 9%, em campo o valor encontrado foi 25%) do que nos valores intrínsecos do microsimulador. Isso significa que os valores da composição da frota de caminhões do CORSIM precisam ser modificados para uma simulação mais próxima à realidade brasileira.

Neste capítulo foi abordado a metodologia de contagem de tráfego e os resultados das contagens e no próximo capítulo é mostrado como foi realizada a simulação do tráfego.

# CAPÍTULO 4

## SIMULAÇÃO DO TRÁFEGO

Depois da coleta e do tratamento dos dados de tráfego obtidos nas pesquisas realizadas, prosseguiu-se para a simulação do tráfego. O simulador utilizado foi o modelo CORSIM, que está inserido na interface TSIS. Este microsimulador foi escolhido em função de apresentar melhores resultados com relação a outros microsimuladores e pelos motivos elencados no capítulo 2 deste trabalho. Além disso, também avaliou-se o nível de serviço da rodovia com a utilização do HCS+ (*Highway Capacity Software*) para efeitos de comparação com o resultado da simulação no CORSIM.

### 4.1 Entradas no Simulador CORSIM

Para que a simulação seja mais próxima à realidade é necessário que o programa computacional utilizado esteja calibrado com os dados do local da simulação. A partir dos dados coletados em campo foi possível adequar alguns parâmetros *default* do programa.

Primeiramente, calibrou-se a porcentagem de cada tipo de caminhão. Nos valores *default* do CORSIM, a frota de caminhões é composta por 31% de caminhões leves, 36% de caminhões médios, 24% de caminhões pesados e 9% de caminhões extra-pesados. Para a calibração realizou-se a média aritmética das três contagens manuais e da contagem do PNCT, nos dois sentidos. Na Tabela 41 são mostrados os valores calibrados para a BR-365 no trecho em estudo.

Tabela 41: Valores calibrados da composição da frota de caminhões

Tipo de caminhão	Composição percentual (%)	Comprimento dos caminhões (m)
Caminhões leves	21	10,70
Caminhões médios	27	16,15
Caminhões pesados	27	16,15
Caminhões extra-pesados	25	19,50

Fonte: Autor (2017).

Na Figura 14 é ilustrada a composição percentual calibrada na entrada de dados no TSIS.

Figura 14: Valores calibrados da composição da frota de caminhões

The figure displays four screenshots of the TSIS software interface, each showing the calibration of vehicle type composition for a specific FRESIM model. The windows are titled 'Select a Vehicle Type to edit' and show the 'Vehicle Properties' for different vehicle types (Car, Truck, Transit, Carpool).

**FRESIM 3 - NETSIM 2:** Performance Index 3, Length 35 ft, Avg. Occupancy 1.20, Headway Factor 120 %, Jerk Value 7.0 ft/s<sup>3</sup>, Max. Decel. (Emergency) 15.0 ft/s<sup>2</sup>, Max. Decel. (non-Emergency) 8.0 ft/s<sup>2</sup>. Surface %: Car 0, Truck 100, Transit 0, Carpool 0. Freeway %: Car 0, Truck 21, Transit 0, Carpool 0.

**FRESIM 4 - NETSIM 6:** Performance Index 4, Length 53 ft, Avg. Occupancy 1.20, Headway Factor 120 %, Jerk Value 7.0 ft/s<sup>3</sup>, Max. Decel. (Emergency) 15.0 ft/s<sup>2</sup>, Max. Decel. (non-Emergency) 8.0 ft/s<sup>2</sup>. Surface %: Car 0, Truck 0, Transit 0, Carpool 0. Freeway %: Car 0, Truck 27, Transit 0, Carpool 0.

**FRESIM 5 - NETSIM 7:** Performance Index 5, Length 53 ft, Avg. Occupancy 1.20, Headway Factor 120 %, Jerk Value 7.0 ft/s<sup>3</sup>, Max. Decel. (Emergency) 15.0 ft/s<sup>2</sup>, Max. Decel. (non-Emergency) 8.0 ft/s<sup>2</sup>. Surface %: Car 0, Truck 0, Transit 0, Carpool 0. Freeway %: Car 0, Truck 27, Transit 0, Carpool 0.

**FRESIM 6 - NETSIM 8:** Performance Index 6, Length 64 ft, Avg. Occupancy 1.20, Headway Factor 120 %, Jerk Value 7.0 ft/s<sup>3</sup>, Max. Decel. (Emergency) 15.0 ft/s<sup>2</sup>, Max. Decel. (non-Emergency) 8.0 ft/s<sup>2</sup>. Surface %: Car 0, Truck 0, Transit 0, Carpool 0. Freeway %: Car 0, Truck 25, Transit 0, Carpool 0.

Fonte: Adaptado de TSIS (2017).

Outros valores de entrada, como velocidade de fluxo livre, não foram calibrados visto que este é um processo que necessita de bastantes recursos e requer bastante tempo. Assim, serão utilizados valores padrões do microsimulador.

Para a entrada dos dados no simulador algumas considerações foram realizadas de forma a compatibilizar os dados obtidos nas contagens volumétricas e os dados do PNCT, assim como foram simulados diferentes cenários utilizando-se diferentes volumes de tráfego. Foi simulado o volume médio diário da quinta-feira, da sexta-feira, do sábado e do domingo, e também o volume horário máximo diário de cada um desses dias. No volume médio diário do posto de coleta de dados do PNCT utilizou-se o volume de veículos das 06:00 às 22:00 horas, em virtude dos outros pontos de contagem terem somente dados deste período.

As simulações foram feitas na rodovia em cada trecho que se tem o volume de veículos. Assim, foram realizados simulações em 4 subtrechos. Como nomenclatura, o trecho 1 é o trecho entre Uberlândia e o entroncamento da LMG-748; o trecho 2 é o trecho entre o entroncamento da LMG-748 e a MG-190; trecho 3 é o trecho entre a MG-190 e a cidade de Patrocínio e o trecho 4 é o trecho entre Patrocínio e Patos de Minas. Novamente, os volumes na cor verde representam os volumes no sentido Patos de Minas a Uberlândia e os volumes na cor preta representam os veículos no sentido Uberlândia a Patos de Minas.

Os dados de volume de veículos utilizados em cada simulação são mostrados nas Tabelas 42 a 45. De forma análoga, os volumes na cor verde representam os valores no sentido Patos de Minas a Uberlândia e os volumes na cor preta representam os valores no sentido Uberlândia a Patos de Minas.

Tabela 42: Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 1

	Autom.		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-P.		Ôni.	
Quinta-feira (média)	109	103	21	16	16	22	20	27	20	23	2	2
Sexta-feira (média)	96	102	16	17	21	27	25	25	25	28	2	2
Sábado (média)	98	95	16	15	20	22	24	21	24	24	3	2
Domingo (média)	91	84	10	18	15	15	19	18	17	15	2	2
Quinta-feira (máximo)	138	116	17	19	19	23	23	21	22	17	3	1
Sexta-feira (máximo)	103	130	20	23	26	27	23	25	25	25	3	6
Sábado (máximo)	121	112	18	20	25	26	31	25	25	34	1	3
Domingo (máximo)	117	120	10	15	18	18	14	22	19	11	5	2

Fonte: Autor (2017).

Tabela 43: Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 2

	Autom.		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-P.		Ôni.	
Quinta-feira (média)	103	108	13	11	18	14	24	21	17	16	2	2
Sexta-feira (média)	106	89	16	14	24	20	20	20	24	20	2	2
Sábado (média)	111	99	11	11	16	13	21	17	13	14	2	2
Domingo (média)	80	84	12	14	14	12	15	13	15	12	2	2
Quinta-feira (máximo)	155	111	8	5	17	21	29	33	12	24	1	1
Sexta-feira (máximo)	97	127	11	18	28	35	30	24	19	21	4	3
Sábado (máximo)	159	174	5	6	9	15	21	23	28	15	3	3
Domingo (máximo)	118	102	16	15	18	18	15	15	17	13	3	3

Fonte: Autor (2017).

Tabela 44: Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 3

	Autom.		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-P.		Ôni.	
Quinta-feira (média)	98	100	14	15	22	18	23	20	21	21	2	2
Sexta-feira (média)	99	107	18	14	22	20	23	18	22	16	2	2
Sábado (média)	101	94	13	12	15	12	19	13	12	14	2	2
Domingo (média)	84	78	12	12	16	13	14	15	13	13	2	2
Quinta-feira (máximo)	129	97	15	16	23	22	23	28	31	25	5	0
Sexta-feira (máximo)	123	103	18	20	23	19	16	27	23	17	1	1
Sábado (máximo)	132	167	5	10	2	17	6	19	20	13	1	4
Domingo (máximo)	85	105	16	12	14	14	15	19	12	10	3	2

Fonte: Autor (2017).

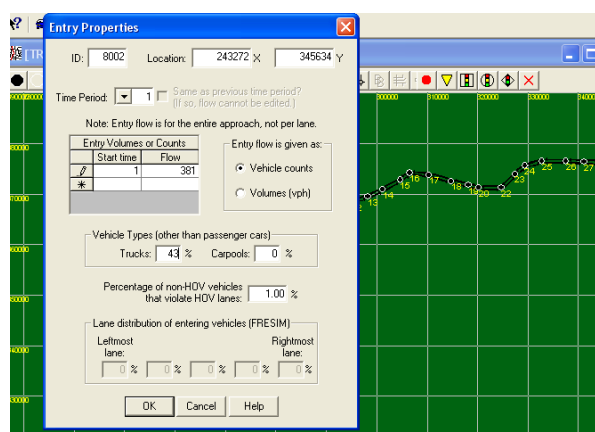
Tabela 45: Volumes de tráfego utilizados em cada simulação no trecho 4

	Autom.		C. leves		C. médios		C. pesados		C. extra-P.		Ôni.	
Quinta-feira (média)	140	128	18	16	19	22	17	13	16	25	3	3
Sexta-feira (média)	155	152	17	16	19	21	15	14	12	27	3	3
Sábado (média)	132	123	9	7	10	13	9	12	10	23	2	2
Domingo (média)	154	150	7	6	11	10	10	10	14	22	2	2
Quinta-feira (máximo)	203	149	26	16	25	25	12	11	25	29	7	4
Sexta-feira (máximo)	206	225	16	18	20	27	20	17	26	30	3	4
Sábado (máximo)	192	149	13	10	12	14	6	10	7	26	2	2
Domingo (máximo)	183	254	5	9	10	19	15	13	16	19	2	3

Fonte: Autor (2017).

No TRAFED (módulo para editoração gráfica das redes viárias e as características físicas e operacionais das vias), a inserção do tráfego é feita com base em número total de veículos e especifica-se a porcentagem de caminhões e *carpool*, como é mostrado na Figura 15. Além disso, os volumes de caminhões e ônibus são introduzidos juntos no TRAFED.

Figura 15: Entrada de dados dos volumes de veículos no TRAFED



Fonte: Adaptado de TSIS (2017).

Na entrada de dados do TRAFED, pode-se entrar com a contagem de veículos ou o volume por hora, e também os dados de porcentagem de caminhões e de *carpools*. Assim, somou-se a quantidade de veículos, mostradas nas tabelas anteriores, em cada volume de entrada de dados e realizou-se o cálculo de porcentagem de caminhões.

Os dados utilizados na entrada de dados são mostrados nas Tabelas 46 a 49. Novamente, os volumes em verde representam os valores no sentido Patos de Minas a Uberlândia e os volumes em preto representam os valores no sentido Uberlândia a Patos de Minas.

Tabela 46: Entrada de dados no simulador no trecho 1

	Volume (vph)		Porcentagem de caminhões mais ônibus	
Quinta-feira (média)	188	193	42	47
Sexta-feira (média)	192	201	46	49
Sábado (média)	185	179	47	49
Domingo (média)	155	152	42	45
Quinta-feira (máximo)	222	197	38	41
Sexta-feira (máximo)	200	236	49	45
Sábado (máximo)	221	220	45	49
Domingo (máximo)	183	188	36	36

Fonte: Autor (2017).



Tabela 47: Entrada de dados no simulador no trecho 2

	Volume (vph)		Porcentagem de caminhões mais ônibus	
Quinta-feira (média)	177	172	42	37
Sexta-feira (média)	192	165	45	46
Sábado (média)	174	156	36	36
Domingo (média)	138	137	42	39
Quinta-feira (máximo)	212	195	32	43
Sexta-feira (máximo)	189	228	49	44
Sábado (máximo)	225	236	29	26
Domingo (máximo)	187	166	37	38

Fonte: Autor (2017).

Tabela 48: Entrada de dados no simulador no trecho 3

	Volume (vph)		Porcentagem de caminhões mais ônibus	
Quinta-feira (média)	180	176	46	43
Sexta-feira (média)	192	177	45	40
Sábado (média)	162	147	38	36
Domingo (média)	141	133	40	41
Quinta-feira (máximo)	226	188	43	48
Sexta-feira (máximo)	204	187	40	45
Sábado (máximo)	166	230	20	28
Domingo (máximo)	145	162	41	30

Fonte: Autor (2017).

Tabela 49: Entrada de dados no simulador no trecho 4

	Volume (vph)		Porcentagem de caminhões mais ônibus	
Quinta-feira (média)	213	207	34	38
Sexta-feira (média)	221	233	30	35
Sábado (média)	172	180	23	32
Domingo (média)	192	200	23	25
Quinta-feira (máximo)	298	234	32	36
Sexta-feira (máximo)	291	321	29	30
Sábado (máximo)	232	211	22	29
Domingo (máximo)	231	317	48	20

Fonte: Autor (2017).

Portanto, realizaram-se 16 simulações em cada trecho, cada uma com um volume de tráfego (tráfego médio da quinta-feira, sexta-feira, sábado e domingo e o tráfego máximo horário da quinta-feira, sexta-feira, sábado e domingo), sendo oito com a rodovia estando em condições atuais e outras oito simulações considerando a via duplicada no trecho em estudo.

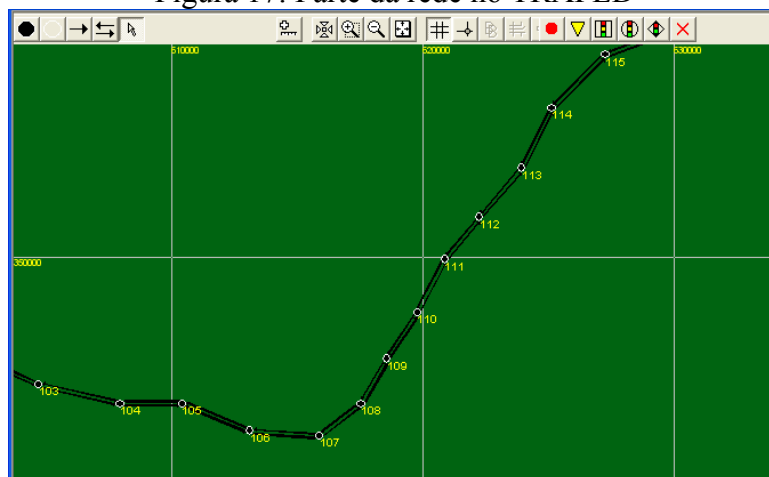
Os dados geométricos da rodovia BR-365 no trecho de Patos de Minas a Uberlândia foram obtidos à partir de dados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Tais dados foram adquiridos no *site* do IBGE e estão em formato *shapefile* (.shp), e as inclinações de cada trecho da rodovia foram adquiridos com base no programa computacional *Google Earth*®. A velocidade utilizada em todos os trechos foi a velocidade regulamentada, que é de 110 km/h. Na Figura 16 é mostrada um exemplo de entrada dos dados de cada *link* e suas características físicas e operacionais.

Figura 16: Características físicas e operacionais de cada *link*

Fonte: Adaptado de TSIS (2017).

O trecho em estudo foi inserido no programa computacional TSIS e, sobre ele, construiu-se a rede de simulação, com todos os nós e tramos. Os nós foram colocados em cada mudança de declividade, direção e do número de faixas, assim como em locais de interseções com outras vias. Os tramos, assim como suas características (que representam as vias), foram colocados conectando cada nó. Na Figura 17 é mostrada uma parte da rede no TRAFED (componente do TSIS).

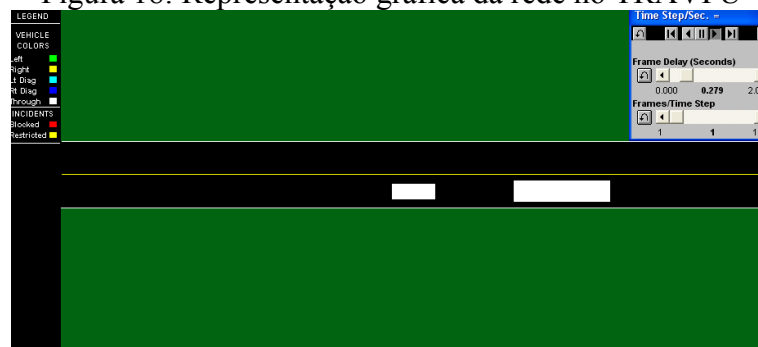
Figura 17: Parte da rede no TRAFED



Fonte: Adaptado de TSIS (2017).

Com a entrada dos dados físicos e operacionais do trecho em estudo e com os volumes de tráfego no TRAFED, a simulação é realizada no CORSIM após a codificação dos dados pelo Translator. O resultado da simulação é mostrado em dois diferentes módulos, TRAVFU e TextEditor. No TextEditor o resultado é mostrado em formato de relatório e no TRAVFU o resultado é representado graficamente, como mostrado na Figura 18.

Figura 18: Representação gráfica da rede no TRAVFU



Fonte: Adaptado de TSIS (2017).

É importante salientar que apenas a partir da versão 6 o CORSIM passou a modelar rodovias de pista simples, sendo que, para isso, foram: (i) adicionadas rotinas para modelar o tráfego em rodovias de pista simples; (ii) desenvolvidos mecanismos para integrar interseções; e (iii) modificados os dados de entrada e saída, quando necessário, segundo Washburn e Li (2010). A versão anterior modela rodovias de pista dupla, mas não rodovias de pista simples e sentido duplo.

Como a versão disponível no laboratório de transportes da UFU (local onde realizaram-se as simulações relatadas neste trabalho) é anterior à versão 6 foi necessário fazer algumas ponderações. A rodovia com a pista duplicada foi simulada normalmente, mas a rodovia com a pista simples foi modelada como se a rodovia fosse em meio urbano. Para isso, os dados como geometria das vias, porcentagem de caminhões e velocidade da via foram modificados para melhor se adequar à realidade da rodovia. A simulação em via urbana ocorreu semelhante a simulação em via rural, adequando os dados de entradas para que a via urbana passasse a se comportar de maneira semelhante a uma via rural, visto que não foi possível simular pista dupla em rodovia rural.

#### 4.2 Entradas no Simulador HCS+

Além dos dados de volume de veículos e composição do tráfego mostrados na seção 4.1, para a simulação do tráfego no programa computacional HCS+ é necessário conhecer o Fator de Hora Pico (FHP). O FHP foi calculado dividindo o volume horário pelo maior volume durante o pico de 15 minutos. Na Tabela 50 é mostrado o FHP de cada trecho e em cada volume de veículos utilizado. O FHP do trecho 4 foi utilizado como a média dos outros três trechos, pois

a contagem neste trecho foi feito pelo PNCT e o volume de veículos é dado em uma hora e não 15 minutos como na contagem realizada manualmente. Novamente, os valores em verde representam o sentido Patos de Minas a Uberlândia e os valores em preto representam o sentido Uberlândia a Patos de Minas.

Tabela 50: FHP utilizado em cada trecho

	Trecho 1		Trecho 2		Trecho 3		Trecho 4	
Quinta-feira (média)	0,88	0,89	0,85	0,85	0,84	0,84	0,86	0,86
Sexta-feira (média)	0,88	0,89	0,89	0,91	0,87	0,89	0,89	0,90
Sábado (média)	0,90	0,90	0,85	0,86	0,88	0,86	0,88	0,87
Domingo (média)	0,90	0,85	0,87	0,86	0,87	0,90	0,88	0,87
Quinta-feira (máximo)	0,91	0,83	0,82	0,80	0,78	0,80	0,84	0,81
Sexta-feira (máximo)	0,98	0,88	0,88	0,92	0,94	0,88	0,93	0,89
Sábado (máximo)	0,92	0,95	0,86	0,86	0,83	0,90	0,87	0,90
Domingo (máximo)	0,90	0,89	0,90	0,88	0,84	0,94	0,88	0,90

Fonte: Autor (2017).

Os valores de comprimento das faixas foram utilizados os dados padrões do simulador.

No simulador HCS+ não existe a possibilidade de simulação de tráfego onde existe uma porcentagem de caminhões e ônibus maior que 25%. Assim, para se calcular as condições de trafegabilidade para efeitos de comparação com o resultado encontrado no CORSIM, os caminhões e ônibus foram “transformados” em carros de passeios utilizando-se a metodologia de veículos equivalentes. Sendo assim, utilizaram-se valores recomendados pelo Manual de Estudos de Tráfego DNIT (2006) para a transformação de tráfego misto em Unidades de Carro de Passeio (UCP). Os fatores de equivalência preconizados pelo DNIT são mostrados na Tabela 51.

Tabela 51: Fator de equivalência em carros de passeio

Tipo de veículos	Veículos de passeio (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Semirreboques e reboques (SR/RE)
Fator de equivalência	1	1,5	2

Fonte: DNIT (2006).

Assim, utilizou-se uma composição do tráfego de 0% de caminhões e ônibus (uma vez que foram “transformados” em veículos de passeio) e entrou-se com os dados de veículos equivalentes. Logo, os valores de entrada de dados são os mostrados na Tabela 52. Novamente,

os valores em verde representam o sentido Patos de Minas a Uberlândia e os valores em preto representam o sentido Uberlândia a Patos de Minas.

Tabela 52: Volumes de tráfego utilizados no HCS+ (veic/h)

	Trecho 1		Trecho 2		Trecho 3		Trecho 4	
Quinta-feira (média)	248	263	235	223	243	235	266	266
Sexta-feira (média)	255	277	257	223	252	229	268	294
Sábado (média)	253	244	223	200	208	187	202	226
Domingo (média)	204	203	182	176	183	175	232	241
Quinta-feira (máximo)	287	257	276	266	302	260	364	297
Sexta-feira (máximo)	230	314	260	301	264	251	357	393
Sábado (máximo)	299	304	283	286	196	293	259	260
Domingo (máximo)	233	239	238	212	189	205	267	365

Fonte: Autor (2017).

Para a simulação no HCS+ das condições operacionais com a rodovia em condições atuais utilizou-se o módulo *Twolane* e para as condições operacionais da rodovia duplicada utilizou-se o módulo *Freeways*. A simulação no HCS+ é feita com base na metodologia para análise de rodovias do *Highway Capacity Manual* (2010).

Neste capítulo foi mostrado o processo de simulação de tráfego enquanto que no próximo capítulo são mostrados os resultados encontrados na simulação.

# CAPÍTULO 5

## RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados encontrados com a simulação, assim como as condições de trafegabilidade da rodovia, tanto para operações em condições atuais quanto operando duplicada.

### 5.1 Considerações sobre o Tráfego na BR-365

O volume de tráfego teve pouca variação nas contagens feitas em agosto e setembro de 2016, entretanto, o volume de tráfego realizado pelo PNCT em janeiro de 2016 mostrou-se bem maior. Nas contagens dos meses de agosto e setembro, o VMD foi de 2.700 veículos por sentido, e o VMD de janeiro foi de 3.400 veículos por sentido. Já com relação ao número de caminhões, o volume mostrou-se semelhante (aproximadamente um volume de 200 a 300 caminhões diário por tipo por sentido) em todas as contagens e em todos os trechos.

No trecho em estudo entre Patos de Minas e Uberlândia, o tráfego sempre apresentou altos volumes para rodovias. É importante ressaltar que em todas as contagens, o volume médio diário foi sempre maior que 2.000 veículos. Logo, com base nos dados da Tabela 1 (página 22), a classe de projeto deste trecho da rodovia seria de, no mínimo, IB, e caso o nível de serviço seja C ou D, a classe mínima seria a IA. Ainda com relação a classificação, as normas para o projeto de estradas de rodagem e usadas originalmente pelo DNER orientam que rodovias com VMD acima de 2.000 veículos é de classe especial. Assim, fica evidente que o tráfego da rodovia é alto visto as condições em que se encontra.

Além do elevado número de veículos na rodovia, a composição do tráfego também tem um comportamento diferente do que o recomendado pelo DNER (1999). Segundo o DNER, um volume médio diário variado de 2.000 a 4.000 veículos por dia, o tráfego é composto normalmente de 47% a 49% de automóveis, 8% de ônibus e de 43% a 45% de caminhões, como é mostrado nos dados apresentados na Tabela 2 (página 25). No trecho em estudo, a composição de ônibus não chegou a 8% em nenhum momento, ficando sempre entre 1% e 2 % da composição do tráfego. O número de automóveis na composição do tráfego que mostrou-se muito grande, variando de 53% a 77% nas contagens, enquanto que o número de caminhões foi menor que o previsto pelo DNER, visto que tal composição variou entre 22% e 48% nas contagens feitas no trecho em estudo.

## **5.2 Resultados das simulações de tráfego**

De acordo com a classificação da rodovia segundo o HCM, o trecho da BR-365 entre Patos de Minas e Uberlândia é classe I. Tal informação é necessária para a avaliação do nível de serviço à partir dos indicadores operacionais encontrados no simulador CORSIM e no HCS+. O nível de serviço de rodovias classe I é calculado com base na velocidade de fluxo livre e na porcentagem de tempo seguindo em pelotão. Ao final da simulação do programa HCS+ tem-se o nível de serviço indicado no relatório gerado pelo programa.

A velocidade média já é um dado de saída do microsimulador CORSIM utilizado neste trabalho, mas o tempo trafegando em pelotões não. Entretanto o relatório gerado no final da simulação no microsimulador fornece o tempo de atraso e o tempo gasto necessário para percorrer toda a rede. Assim, calculou-se o atraso médio dividindo-se o tempo de atraso pelo tempo total gasto na rede multiplicado por 100.

É importante ressaltar que o nível de serviço em rodovias de pista simples é função do atraso dos veículos e da velocidade média, enquanto que em pista dupla é função da densidade de veículos. Assim o nível de serviço foi calculado em função do atraso e da velocidade em rodovia de pista dupla para se ter o parâmetro de comparação com a rodovia em condições atuais, ainda assim que isto não usual.



### 5.2.1 Resultados das simulações de tráfego na BR-365 nas condições atuais (pista simples)

Com as simulações concluídas têm-se os dados de medidas de eficiência da BR-365, no trecho entre Patos de Minas e Uberlândia com as condições atuais, no programa TSIS, conforme apresentado nas Tabelas seguintes. A velocidade de fluxo livre foi considerada como sendo de 65 mph (105 km/h) próximo ao limite permitido para a via, de 100 km/h.

As medidas de eficiência do trecho 1 são mostradas na Tabela 53, onde verificam-se os indicadores de eficiência da média do volume de veículos de quinta-feira a domingo e do volume máximo horário registrado nesses dias.

Tabela 53: Indicadores operacionais do Trecho 1, pista simples

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	25,9	78,2
Sexta-feira(média)	25,9	78,0
Sábado(média)	16,1	85,9
Domingo(média)	19,9	79,9
Quinta-feira(máxima)	24,9	77,4
Sexta-feira(máxima)	23,4	78,5
Sábado(máxima)	20,8	82,0
Domingo(máxima)	23,4	78,2

Fonte: Autor (2017).

Neste trecho o tempo seguindo foi razoavelmente alto, visto que uma média de tempo seguindo de 20% não é agradável para o motorista, e uma velocidade média alta (aproximadamente 80 km/h) para uma rodovia de pista simples e sentido duplo. Uma grande quantidade de tempo seguindo em pelotões aliada com uma baixa velocidade média de viagem faz com as condições de trafegabilidade não seja a ideal principalmente para aquele motorista que tem a expectativa de desenvolver elevadas velocidades.

Para o trecho 2 as condições de trafegabilidade da rodovia são mostradas na Tabela 54.

Tabela 54: Indicadores operacionais do Trecho 2, pista simples

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	22,8	77,5
Sexta-feira(média)	19,9	78,0
Sábado(média)	21,1	84,2
Domingo(média)	22,1	78,1
Quinta-feira(máxima)	24,4	79,6
Sexta-feira(máxima)	23,8	82,7
Sábado(máxima)	24,3	77,9
Domingo(máxima)	23,2	77,6

Fonte: Autor (2017).

O tempo seguindo foi novamente alto, próximo a 20%, e a velocidade média alta satisfatória para motoristas que utilizam este trecho (aproximadamente 80 km/h).

Para o trecho 3 têm-se os indicadores mostrados na Tabela 55.

Tabela 55: Indicadores operacionais do Trecho 3, pista simples

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	23,2	80,3
Sexta-feira(média)	24,5	80,3
Sábado(média)	23,3	77,4
Domingo(média)	22,2	76,7
Quinta-feira(máxima)	22,1	79,3
Sexta-feira(máxima)	25,9	78,1
Sábado(máxima)	25,7	77,7
Domingo(máxima)	23,3	79,9

Fonte: Autor (2017).

Neste trecho o tempo seguindo foi sempre próximo a 20%, mas sempre maior que este valor, e a velocidade média próxima a 80 km/h.

Para o trecho 4 as condições de operacionalidade da via são as mostradas na Tabela 56.

Tabela 56: Indicadores operacionais do Trecho 4, pista simples

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	24,4	72,3
Sexta-feira(média)	48,1	63,6
Sábado(média)	23,6	80,5
Domingo(média)	22,6	78,7
Quinta-feira(máxima)	25,8	68,9
Sexta-feira(máxima)	25,8	79,6
Sábado(máxima)	25,7	77,9
Domingo(máxima)	25,7	77,1

Fonte: Autor (2017).

Neste trecho as condições de trafegabilidade são mais ineficazes para os usuários, visto que o tempo seguindo é maior que nos outros trechos (aproximadamente 25%, mas chegando a 48% com o fluxo médio da sexta-feira) e a velocidade média é menor (variando de 60 km/h a 80 km/h) quando comparada aos outros trechos.

### 5.2.2 Resultados das simulações considerando a BR-365 duplicada

Têm-se os seguintes indicadores de eficiência com a rodovia duplicada quando utilizou-se o microsimulador CORSIM. Novamente o tempo seguindo foi calculado com base no tempo médio de atraso e no tempo total para percorrer a rede. Tal cálculo foi feito dividindo o tempo de atraso pelo tempo total. A velocidade média já é um parâmetro de saída fornecido pelo relatório de saída de dados do programa.

As medidas de eficiência do trecho 1 são mostradas na Tabela 57, onde têm-se os indicadores de eficiência da média do volume de veículos de quinta-feira a domingo e do máximo volume horário registrado nesses dias.

Tabela 57: Indicadores operacionais do Trecho 1, rodovia duplicada

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	2,0	96,3
Sexta-feira(média)	2,3	108,4
Sábado(média)	2,4	106,5
Domingo(média)	3,0	107,7
Quinta-feira(máxima)	2,3	103,7
Sexta-feira(máxima)	2,5	106,9
Sábado(máxima)	2,5	107,5
Domingo(máxima)	2,4	103,7

Fonte: Autor (2017).

Neste trecho o tempo seguindo e a velocidade média mostrou-se bastante eficaz para os usuários da rodovia, com um tempo seguindo máximo de 3% e uma velocidade média mínima de 96,3 km/h.

No Trecho 2, as condições de trafegabilidade da rodovia são mostradas na Tabela 58.

Tabela 58: Indicadores operacionais do Trecho 2, rodovia duplicada

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	2,5	102,3
Sexta-feira(média)	2,3	98,7
Sábado(média)	2,5	102,3
Domingo(média)	3,4	102,9
Quinta-feira(máxima)	1,2	103,5
Sexta-feira(máxima)	1,1	101,5
Sábado(máxima)	0,9	103,0
Domingo(máxima)	2,5	102,3

Fonte: Autor (2017).

A velocidade média mostrou-se bastante alto para este trecho (aproximadamente 100 km/h) e o tempo seguindo bastante baixo (máximo de 3,4% do tempo seguindo) o que mostrou uma grande eficácia operacional deste trecho.

No Trecho 3, têm-se os indicadores mostrados na Tabela 59.

Tabela 59: Indicadores operacionais do Trecho 3, rodovia duplicada

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	2,0	104,0
Sexta-feira(média)	2,4	98,7
Sábado(média)	2,9	100,2
Domingo(média)	3,3	103,0
Quinta-feira(máxima)	1,8	102,2
Sexta-feira(máxima)	1,8	99,1
Sábado(máxima)	1,5	99,0
Domingo(máxima)	2,8	100,2

Fonte: Autor (2017).

A eficácia operacional é também alta neste trecho, visto o baixo tempo seguindo (média de 2,0% do tempo) e a alta velocidade média (mínima de 98,7 km/h).

Para o trecho 4 mas condições de operacionalidade da via são as mostradas na Tabela 60.

Tabela 60: Indicadores operacionais do Trecho 4

	<b>Tempo seguindo (%)</b>	<b>Velocidade média (km/h)</b>
Quinta-feira(média)	1,7	102,2
Sexta-feira(média)	0,8	101,8
Sábado(média)	2,5	101,3
Domingo(média)	2,3	101,2
Quinta-feira(máxima)	1,3	100,8
Sexta-feira(máxima)	1,8	100,9
Sábado(máxima)	1,6	101,8
Domingo(máxima)	1,3	99,5

Fonte: Autor (2017).

Neste trecho as condições de trafegabilidade são novamente bastantes satisfatórias, visto o baixo tempo seguindo (máximo de 2,5% do tempo) e alta velocidade média (aproximadamente 100 km/h).

É notória a variação das condições de trafegabilidade com a rodovia em condições atuais e com a rodovia toda duplicada. Enquanto que na rodovia em condições atuais a maior velocidade encontrada foi de 85,9 km/h, a menor velocidade encontrada na rodovia duplicada foi de 96,3 km/h. No trecho ,1 a velocidade média considerando todos os volumes de tráfego foi de 79,8 km/h com a rodovia em condições atuais (pista simples) e de 105,1 km/h considerando a rodovia duplicada e o tempo médio seguindo, considerando todos os volumes foi de 22,5% do tempo com a rodovia em condições atuais (pista simples) e 2,4% considerando a rodovia duplicada. Assim uma duplicação da rodovia representa um aumento de 25,3 km/h na velocidade média e uma diminuição de 20,1% no tempo seguindo outros veículos.

No trecho 2 a velocidade média passou de 79,4 km/h com a rodovia em condições atuais (pista simples) para 102,1 km/h com a rodovia duplicada de um tempo médio seguindo de 22,7% com a rodovia em condições atuais (pista simples) para 2,0% com a rodovia duplicada, considerando a média de todos os volumes de tráfego. A duplicação melhoraria a velocidade média em 22,7 km/h e o tempo seguindo outros veículos em 20,7%.

No trecho 3 a velocidade média foi de 78,7 km/h considerando todos os volumes de veículos para a rodovia em condições atuais (pista simples) e de 100,8 km/h para a rodovia duplicada. Neste trecho o tempo seguindo médio foi de 23,8% para a rodovia em condições atuais (pista simples) e de 2,3% para rodovia duplicada. Assim a duplicação representa uma melhora de 22,1 km/h na velocidade média e 21,5% no tempo seguindo outros veículos.

Para o trecho 4, considerando a média de todos os volumes de tráfego, a velocidade média foi de 74,8 km/h para a rodovia em condições atuais (pista simples) e de 101,2 km/h para a rodovia duplicada e o tempo seguindo médio foi de 27,7% para a rodovia em condições atuais (pista simples) e 1,7% para a rodovia duplicada. Logo a duplicação melhorou em 26,4 km/h a velocidade média e 26% do tempo seguindo.

Essa grande variação das velocidades médias e dos tempos seguindo outros veículos mostra o quão melhoraria a operacionalidade da rodovia com a duplicação.

### 5.3 Níveis de serviço da rodovia

Com as velocidades médias e os atrasos médios dos veículos que trafegam na BR-365 no trecho entre Patos de Minas e Uberlândia encontrados no CORSIM é possível estimar o nível de serviço da rodovia para cada volume de tráfego.

Como na rodovia em estudo os principais parâmetros para medir a qualidade do serviço ofertado são a velocidade e o tempo trafegando em pelotões (tempo seguindo), ela é classificada como classe I pelo HCM. Assim, o nível de serviço de cada trecho da rodovia será feito com base nos dados apresentados na Tabela 6 (página 31) da com base na porcentagem de tempo trafegando em pelotões e na velocidade média.

Com a rodovia em condições atuais têm-se os seguintes níveis de serviço:

- No trecho 1, o nível de serviço foi “B” para o volume de veículos máximo horário e o número de veículos médio no sábado. Nos dias de quinta-feira, sexta-feira e domingo, o nível de serviço foi “C”, tanto no volume máximo horário quanto no volume médio horário.
- No trecho 2, o volume horário médio do sábado e o máximo volume horário da sexta-feira resultou em um nível de serviço “B”, enquanto que nos demais dias e valores de volume o nível de serviço resultante foi “C”.
- No trecho 3, na quinta-feira e na sexta-feira, com o volume médio horário, o nível de serviço foi “B”, enquanto que nos demais dias e volumes o nível de serviço foi “C”.
- No trecho 4, no sábado e com o volume médio horário, o nível de serviço da rodovia foi “B”. No volume horário médio da sexta-feira e no volume máximo horário da quinta-feira o nível de serviço foi “D”, enquanto que nos demais dias e horários o nível de serviço ofertado pela rodovia foi “C”.

Segundo o manual de projeto geométrico de rodovias rurais do DNER (1999) a seleção do nível de serviço de projeto deverá ser feito em função do tipo de rodovia (via expressa, via arterial, via coletora ou via local). Tal manual orienta que para vias expressas, como é a rodovia deste trabalho, o nível de serviço deverá ser “B” para terrenos planos e ondulados e nível de serviço “C” para terrenos montanhosos. O trecho 1 tem inclinação média de 4%, que o classifica como terreno plano. O trecho 2 tem inclinação média de 3%, o que o classifica como terreno plano, enquanto que o trecho 3 tem inclinação média de 7 % ficando classificado como terreno plano

e o trecho 4 inclinação de 6%, sendo classificado como terreno plano. Assim, com o terreno plano em toda a extensão da rodovia o nível de serviço deverá ser “B” segundo o DNER (1999). Assim a rodovia opera em nível indesejado, segundo o DNER (1999), no trecho 1 nos volumes médios horários e máximos horários da quinta-feira, sexta-feira e domingo e no trecho 2 nos volumes médios horários da quinta-feira, sexta-feira e domingo e nos volumes máximos horários da quinta-feira, sábado e domingo. Ainda segundo o manual os volumes médios horários do sábado e do domingo no trecho 3 foram insatisfatórios, assim como os volumes máximos horários de todos os dias em estudo. No trecho 4 a rodovia opera em nível de serviço indesejado segundo o DNER (1999) para os volumes médios horários da quinta-feira, sexta-feira e domingo e para os volumes máximos horários de todos os dias em estudo.

Após a simulação da duplicação da rodovia, os níveis de serviço em cada trecho passaram a ser “A”, independentemente do dia da semana e do volume horário com o simulador CORSIM.

Assim, fica evidente a melhoria das condições de trafegabilidade dos veículos na BR-365 no trecho entre Patos de Minas e Uberlândia. Inicialmente, eles trafegavam em nível de serviço “C” na maioria das vezes, e com a rodovia duplicada, eles trafegam sempre em nível de serviço “A”, utilizando-se os dados do simulador CORSIM.

No programa computacional HCS+ o resultado é o nível de serviço e não indicadores como no CORSIM. Assim, os níveis de serviço encontrados em cada trecho da rodovia são mostrados na Tabela 61, obtidos no HCS+.

Tabela 61: Níveis de serviço ofertados pela BR-365 de acordo com o HCS+

	Trecho 1		Trecho 2		Trecho 3		Trecho 4	
	CA <sup>(1)</sup>	DU <sup>(2)</sup>	CA	DU	CA	DU	CA	DU
Quinta-feira(média)	C	A	C	A	C	A	C	A
Sexta-feira(média)	C	A	C	A	C	A	C	A
Sábado(média)	C	A	C	A	C	A	C	A
Domingo(média)	C	A	C	A	C	A	C	A
Quinta-feira(máxima)	C	A	C	A	C	A	D	A
Sexta-feira(máxima)	C	A	C	A	C	A	D	A
Sábado(máxima)	C	A	C	A	C	A	C	A
Domingo(máxima)	C	A	C	A	C	A	C	A

(1) CA rodovia em condições atuais.

(2) DU rodovia duplicada.

Fonte: Autor (2017).



A diferença entre os níveis de serviço da rodovia em condições atuais e com a rodovia toda duplicada também mostrou-se bastante evidente na simulação realizada no programa HCS+. Enquanto que o nível de serviço predominante na rodovia em condições foi “C” em condições atuais, o nível de serviço passou a ser “A” na situação duplicada. Assim segundo o DNER (1999), utilizando o programa computacional HCS+, a rodovia opera em níveis de serviço indesejados em todos os volumes de tráfego de pesquisados.

Além disso, o nível de serviço foi o mesmo, tanto no CORSIM quanto no HCS+, para os volumes máximos horários no trecho 1 nos dias de quinta-feira, sexta-feira e domingo e para os volumes médios horários destes dias. Os volumes médios horários dos dias de quinta-feira, sexta-feira e domingo e os volumes máximos horários de quinta-feira, sábado e domingo do trecho 2 também foram exatamente os mesmos nos dois programas. No trecho 3 e utilizando os dois simuladores, o nível de serviço foi o mesmo para os volumes médios horários de sábado e domingo e o para todos os volumes máximos horários. No trecho 4 o nível de serviço foi o mesmo na quinta-feira e domingo para os volumes médios horários e na sexta-feira, sábado e domingo para os volumes máximos horários utilizando os resultados dos dois simuladores.

As igualdades nos resultados das simulações tanto, no CORSIM quanto no HCS+, permitiram concluir que os resultados dos dois programas são semelhantes, enfatizando uma simulação próxima do idela.

# CAPÍTULO 6

## CONCLUSÕES

Neste trabalho realizou-se uma análise da eficácia operacional da duplicação da BR-365 no trecho entre Patos de Minas e Uberlândia com base no microsimulador CORSIM e no programa computacional HCS+. A eficácia operacional foi avaliada comparando-se as condições de trafegabilidade, e conseqüentemente, níveis de serviço com a rodovia em condições atuais (pista simples) e considerando a rodovia duplicada em toda a extensão em estudo.

A caracterização da demanda de tráfego no trecho em estudo deu-se por meio de pesquisas em campo realizadas por pesquisadores e também utilizando-se dados do PNCT. O volume médio diário resultou em cerca de 2.700 veículos por dia por sentido nas contagens realizadas por pesquisadores nos trechos 1, 2 e 3 e em cerca de 3.400 veículos por dia por sentido nas pesquisas do PNCT no trecho 4. A participação dos caminhões e veículos pesados mostrou-se bastante alta na composição da frota de veículos quando comparada com os volumes médios de composição do tráfego em rodovias rurais do DNER (1999).

Simulou-se o trecho em estudo em condições atuais (rodovia pista simples e sentido duplo) com o microsimulador CORSIM e também realizou-se a análise do nível de serviço no programa computacional HCS+. As condições de trafegabilidade dos veículos com a utilização da simulação no CORSIM resultaram em velocidades médias e tempo médio andando em pelotões que coincidem com nível de serviço “C” na maioria dos casos. Utilizando-se a simulação no programa computacional HCS+ obteve-se o nível de serviço “C” em quase todos os casos, exceto utilizando-se o volume máximo horário da quinta-feira e sexta-feira no trecho 4 como parâmetro.

Os resultados com a via em condições atuais mostram que os veículos não têm, na maioria dos casos, liberdade de realizar ultrapassagens e a velocidade de percurso. Além disso, as ultrapassagens são controladas pelo volume de tráfego e pela localização de zonas de ultrapassagem permitidas. Tais conclusões foram obtidas com base nos níveis de serviços encontrados.

A simulação considerando a rodovia duplicada também foi realizada utilizando-se o microsimulador CORSIM e o programa computacional HCS+. Nas simulações utilizando-se o CORSIM, as condições de trafegabilidade sempre resultaram em nível de serviço “A” para todos os volumes horários de veículos e para todos os dias pesquisados, assim como no HCS+.

As simulações mostraram consistências entre os resultados obtidos no microsimulador CORSIM e no programa computacional HCS+, visto que os níveis de serviços foram bastantes semelhantes e coincidentes na maioria dos casos.

Notou-se que uma duplicação da rodovia seria eficaz do ponto vista operacional para os usuários da rodovia, pois a rodovia opera normalmente em nível de serviço “C” e com a duplicação ela passaria a operar em nível de serviço “A” com todos os volumes de tráfego, o que traria mais conforto e segurança aos usuários para realizarem ultrapassagens e menores tempos de viagem visto que conseguem desempenhar velocidades mais altas. Entretanto apenas o critério do nível de serviço não representa argumentos suficientes que justifiquem a duplicação da rodovia, visto que a rodovia opera normalmente em nível de serviço “C” e geralmente já se constrói rodovias para níveis de serviço “B”. Assim, a duplicação da rodovia, o que levaria a rodovia a operar em nível de serviço “A” na maioria do tempo, leva um excesso de qualidade desnecessário no serviço ofertado pela rodovia. Outros aspectos podem ser levados em consideração para justificar a duplicação da rodovia como quantidade de acidentes, custos, localização estratégica da rodovia para escoamento da produção agrícola, etc.

Assim, a duplicação da rodovia BR-365 no trecho em Patos de Minas e Uberlândia, levando em conta medidas de desempenho, se não justifica operacionalmente, pois traria benefícios operacionais para usuários da rodovia, mas seriam muitas das vezes benefícios excessivos e a qualidade da rodovia não está muito ruim.

A utilização dos programas computacionais TSIS e HCS+ foram úteis na determinação dos níveis de serviço com a rodovia em condições atuais e considerando a rodovia duplicada. Ressalta-se que o microsimulador CORSIM é um simulador criado e calibrado para as condições do tráfego nos Estados Unidos, o que quer dizer que alguns resultados de saída do

programa podem não ser exatamente iguais aos valores reais em virtude da não calibração do simulador. O mesmo acontece com o programa computacional HCS+, visto que este calcula os níveis de serviço considerando a realidade norte-americana (pois o programa foi desenvolvido tendo-se como base o *Highway Capacity Manual*).

Para os trabalhos futuros, recomenda-se a calibração dos dados do simulador para que a saída de dados fique o mais próximo do real possível (como velocidade de fluxo de livre, quantidade de motoristas que respeitam a velocidade máxima da via). Além disso, seria interessante estimar o tráfego futuro para a rodovia, pois a duplicação de uma rodovia geralmente acarreta em aumento do volume de veículos que nela trafegam.

## REFERÊNCIAS

- ABABIO, G. K. **Empirical Verfication of Modeled Queue Lenghts**. 2011. 106 f. Thesis - Master Of Science, Kwame Nkrumah University Of Science & Technology, Albuquerque, 2011.
- ALBUQUERQUE, S. M. **Ferrovias: Aspectos Técnicos de Projeto**. 49 p. Trabalho de graduação – Instituto Tecnológica da Aeronáutica. São José dos Campos, 2011.
- ALFREDINI, P. **Obras e gestão de portos e costas**. 1ªed. São Paulo: EDGARD BLÜCHER, 2005.
- ANDRADE, G. R. SETTI, J. R. **Speed-Flow Relationship and Capacity for Expressway in Brazil**. In: TRB 2014 Annual Metting. 2014.
- ARAÚJO, J. J. **Estudo do impacto de veículos pesados sobre a infraestrutura rodoviária através da simulação microscópica**. 2007. 176 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- ARCHER, J. **Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in microsimulation modelling: A study of urban and suburban intersections**. Tese de Doutorado. Royal Institute of Technology, Estocolmo, 2005.
- BESSA JUNIOR, J. E.; CUNHA, A. L. B. N.; SETTI, J. R. **Comparação Entre os Simuladores CORSIM e TWOPAS para Modelagem de Rodovias de Pista Simples**. p. 2140 – 2151. In: XXV ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Belo Horizonte, 2011.
- BOXIL, S. A.; YU, L. **An Evaluation of Traffic Simulation Models for Suporting ITS Development**. 114 p. Transportation Training and Research, Texas Southern University, USA. Disponível em:

<<http://static.tti.tamu.edu/swutc.tamu.edu/publications/technicalreports/167602-1.pdf>>.  
Acesso em: 25 set. 2016.

BRASIL. Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973. **Aprova O Plano Nacional de Viação e Dá Outras Providências**. Brasília, 1973.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Entraves Logísticos ao Escoamento da Soja e do Milho**. Brasília. 2015.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa CNT de Rodovias 2016: Relatório Gerencial**. 402 p. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2016. Disponível em: <[http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. **Boletim Estatístico**. Brasília. Fevereiro de 2017.

CUNHA, A. L. B. N.; SETTI, J. R. **Calibração do Modelo de Desempenho de Caminhões do CORSIM Através de um Algoritmo Genético**. p. 88 – 99. In: XX ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Brasília, 2006.

DER/SP (Departamento de Estradas de Rodagem/ São Paulo). **Projeto de Engenharia para Duplicação de Rodovias**. 22 p. São Paulo, 2005.

DIAS, L. S. **Automatic Interactive Modelling of Simulation**. Tese (Doutorado). Universidade do Minho. Portugal, 2005.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. 195 p. Rio de Janeiro, 1999.

DNIT –DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudos de Tráfego**. 384 p. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. 392 p. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **Custos médios gerenciais**. Brasília, 2013. 2p.

FERNANDES, R. O. **Elementos e classificação das rodovias brasileiras**. 2017. Disponível em: <[http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=elementos-classificacao\\_rodovia.pdf](http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=elementos-classificacao_rodovia.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2017.

FWHA – FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **TRAFED User's guide**. Version 6.0. 2006. Disponível em: <<http://www.et.byu.edu/~msaito/CE662MS/User%20manuals/TSIS/TRAFEDUsersGuide.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.

GUASCH, J. L.; KOGAN, J. Inventories and Logistic Costs in Developing Countries: Levels and Determinants – A Red Flag for Competitiveness and Growth. **Revista de la Competencia y de la Propiedad Intelectual**. Lima, Perú, 2006.

HCM - Highway Capacity Manual. Transportation Research Board (TRB). National Research Council. HCM 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=317020>>. Acesso em: 29 set. 2016.

JONES, JR, S. J.; SULLIVAN, A. J.; CHEEKOTI, N.; ANDERSON, M. D. **Traffic Simulation Software Comparison Study**. 58 p. University Transportation Centre for Alabama, The University of Alabama in Huntsville, USA, 2004.

KHASAWNEH, M. A.; ODABAT, M. **Incorporating highway capacity software in undergraduate teaching of transportation courses**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Mohammad\\_Khasawneh10/publication/301548649\\_Incorporating\\_Highway\\_Capacity\\_Software\\_in\\_Undergraduate\\_Teaching\\_of\\_Transportation\\_Courses/links/5718aa8d08ae30c3f9f186c7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mohammad_Khasawneh10/publication/301548649_Incorporating_Highway_Capacity_Software_in_Undergraduate_Teaching_of_Transportation_Courses/links/5718aa8d08ae30c3f9f186c7.pdf)>. Acesso em: 03 maio 2017.

MON-MA, M. L. **Adaptação do HCM-2000 para rodovias de pista simples com faixas adicionais típicas do estado de São Paulo**. 204 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

MOREIRA, R. B. **Uma contribuição para avaliação do modelo "CORSIM" em simulações de tráfego urbano no Rio de Janeiro**. 139 p. Dissertação (Mestrado), Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2005.

PAZ, A.; MOLANO, V.; MARTINEZ, E.; GAVIRIA, C.; ARTEAGA, C. Calibration of Traffic Flow Models Using a Memetic Algorithm. **Transportation Research Part C**. v. 55, p. 432 – 443, 2015.

- PELLEGRINI, P. T. **Contribuição para o estudo das distâncias de visibilidade de ultrapassagem para rodovias bidirecionais com duas faixas de tráfego**. 2006. 275 p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- PEREIRA, J. P.; TAVARES, P. **Modelos de simulação e de previsão do tráfego**. 2015. Disponível em: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/282093452016271/MST\\_MEST\\_Modelos de simulacao e Previsao\\_JPT\\_PP\\_FEUP.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/282093452016271/MST_MEST_Modelos_de_simulacao_e_Previsao_JPT_PP_FEUP.pdf). Acesso em: 21 abril. 2017.
- PNCT – PLANO NACIONAL DE CONTAGEM DE TRÁFEGO. 2016. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct>. Acesso em: 12 set. 2016.
- PNLT – PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES. **Plano Nacional de Logística & Transportes: Relatório Executivo**. 411 p. Brasília, 2007. Disponível em: [http://www.transportes.gov.br/images/Relatorio\\_Executivo\\_2007.pdf](http://www.transportes.gov.br/images/Relatorio_Executivo_2007.pdf). Acesso em: 25 set. 2016.
- PNLT – PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNL**. 260 p. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.
- PONTES FILHO, G. **Estrada de rodagem: projeto geométrico**. 432 p. São Carlos, 1998.
- PORTUGAL, L. S. **Simulação de Tráfego: conceitos e técnicas de modelagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS DE MINAS. A cidade. Disponível em: <http://www.patosdeminas.mg.gov.br/acidade/negocios.php>. Acesso em: 29 set. 2016.
- SPILIOPOULOU, A.; PAPAMICHAIL, I.; PAPAGOERGIU, M.; TYRINOPOULOS, I.; CHRYSOULAKIS, J. Macroscopic Traffic Flow Model Calibration Using Different Optimization Algorithms. **Transportation Research Procedia**. v. 6, p. 144-157. 2015.
- SUN, D.; ZHANG, L.; CHEN, F. Comparative Study on Simulation Performances of CORSIM and VISSIM for Urban Street Network. **Simulation Modelling Practice and Theory**. v.37, p. 18-29. 2013.



TIANZI, C.; SHAOCHEN, J.; HONGXU, Y. Comparative Study of VISSIM and SIDRA on Signalized Intersection. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**. v. 96, p. 2004-2013.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES. HCM 2010 – **Highway Capacity Manual**. 2010 Volume 1. USA, 2010.

WASHBURN, S.; LI, J. Development of a simulation program for two-lane highway analysis. **Center for Multimodal Solutions for Congestion Mitigation (CMS)**, CMS Proj. Nr: 2008-002, Gainesville, FL, EUA, 2010.