



ESTUDO DE TRÁFEGO

Rodovias PA-150, PA-475, PA-252, PA-151, PA-483
e Alça Viária do Pará



Projeto nº: I-594

Fevereiro/2021

Cliente: ENCIBRA

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	17
2	INFORMAÇÕES GERAIS	21
2.1	AUTOR/CLIENTE.....	21
2.2	CLIENTE.....	21
3	APRESENTAÇÃO DAS RODOVIAS EM ESTUDO E ÁREA DE INFLUÊNCIA.....	22
3.1	SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CONTEXTUALIZAÇÃO	25
3.2	SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CENÁRIO ATUAL/BASE.....	28
3.3	SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CENÁRIO TENDENCIAL.....	29
3.4	SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CENÁRIO PESSIMISTA	30
4	METODOLOGIA DOS TRABALHOS	31
4.1	LEVANTAMENTO DE CAMPO: PESQUISAS DE TRÁFEGO	31
4.1.1	<i>Contagens Classificadas de Veículos (CCV).....</i>	31
4.1.2	<i>Pesquisa de preferência declarada e Origem e Destino (OD).....</i>	40
4.1.3	<i>Pesquisa de preferência declarada.....</i>	45
4.2	PROCESSAMENTO DAS PESQUISAS	50
4.2.1	<i>Obtenção do VDM (Volume Médio Diário).....</i>	50
4.2.2	<i>Obtenção do VHP (volume horário de projeto)</i>	54
4.3	OBTENÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO	55
4.4	CALIBRAÇÕES DO MODELO LOGIT	56
4.5	CENÁRIOS DE ALTERAÇÃO DA DEMANDA.....	61
4.5.1	<i>Expansão do Tráfego Anual.....</i>	61
4.6	AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE SERVIÇO	63
4.6.1	<i>Rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários (pista simples)</i>	65

4.6.2	<i>Cálculo dos Níveis de Serviço por patamares</i>	69
4.7	DIMENSIONAMENTO DAS CABINES DAS PRAÇAS	70
4.7.1	<i>Método</i>	70
4.8	ESTIMATIVA DE NÚMERO N	71
4.8.1	<i>Introdução</i>	71
4.8.2	<i>Contagem Classificada de Veículos (CCV)</i>	71
4.8.3	<i>Metodologia empregada</i>	71
5	VOLUMES DE TRÁFEGO ATUAL	77
5.1	CONTAGENS REALIZADAS EM 2021	77
5.1.1	<i>Ponto 1 – Marabá/Jacundá</i>	77
5.1.2	<i>Ponto 2 – Tailândia/Goianésia Do Pará/BR-150/Tucuruí</i>	79
5.1.3	<i>Ponto 3 – Tomé Açu/Marabá/Moju</i>	83
5.1.4	<i>Ponto 4 – Moju/Acará/Tailândia</i>	87
5.1.5	<i>Ponto 5 – Igarapé-Miri/PA-252/Abaetetuba/Moju</i>	91
5.1.6	<i>Ponto 6 – Rotatória Barcarena/Arapari/Belém/Abaetetuba</i>	94
5.1.7	<i>Ponto 7 – Belém/Acará/Ponte</i>	99
5.2	CONTAGENS REALIZADAS EM 2019	102
5.2.1	<i>Posto de Castanhal</i>	102
5.2.2	<i>Posto de Ananindeua</i>	104
5.2.3	<i>Posto de Pramajá (Barcarena) – Prox. Ao Trevo do Peteca</i>	106
5.2.4	<i>Posto de Abaetetuba (PA-151)</i>	108
5.2.5	<i>Postos PA-150, PA-252 e PA-475</i>	110
6	MODELO DE CRESCIMENTO DE TRÁFEGO	112
6.1	Introdução	112
6.2	Obtenção da Elasticidade (η) de Crescimento	113

6.3	Projeção de Taxas de Crescimento Para o Horizonte de Concessão.....	120
6.3.1	<i>Conversão de PIB corrente para PIB constante segundo base de dados do Banco Mundial</i> 120	
6.3.2	<i>Cálculo do PIB per capita em US\$ 2010 com dados de 2019.....</i>	121
6.3.3	<i>Cenários de Projeção de Taxa de Crescimento do Tráfego.....</i>	122
7	MATRIZ ORIGEM DESTINO.....	126
7.1	Matriz Origem-Destino Base (2019) e expandida para 2021	126
8	CALIBRAÇÃO DO MODELO LOGIT – TIPO A.....	130
8.1	RESULTADOS DO MODELO VEÍCULOS DE PASSEIO	130
8.2	RESULTADOS DO MODELO VEÍCULOS COMERCIAIS.....	135
9	CALIBRAÇÃO DO MODELO LOGIT – TIPO B.....	140
9.1	RESULTADOS DO MODELO veículos de passeio	140
9.2	RESULTADOS DO MODELO VEÍCULOS COMERCIAIS.....	141
10	MODELAGEM DE REDE GEORREFERENCIADA	143
10.1	BASE VIÁRIA.....	144
10.2	SISTEMA DE TRANSPORTES	145
10.3	ZONEAMENTO	149
10.4	SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO.....	150
10.5	PROCESSO DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO.....	153
11	INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO	154
11.1	IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS ROTAS ALTERNATIVAS E/OU DE DESVIO	157
12	VOLUME DE TRÁFEGO – ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO.....	162
12.1	CENÁRIO DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO	162
12.1.1	<i>Cenário base – Pedagiamento.....</i>	163
13	PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO	170

13.1	MICROSSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO	170
13.1.1	<i>Dimensionamento Das Cabines</i>	172
14	PROJEÇÃO DE TRÁFEGO DURANTE A CONCESSÃO	174
14.1	PROJEÇÃO DE TRÁFEGO – CENÁRIO BASE.....	175
14.2	ESTIMATIVA DE RECEITA	183
14.2.1	<i>Metodologia para Projeção de Receita</i>	183
15	CÁLCULO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO	185
15.1	NÍVEIS DE SERVIÇO DURANTE A CONCESSÃO	185
15.1.1	<i>Patamares de Nível de Serviço</i>	187
15.1.2	<i>Nível de Serviço para o horizonte de concessão da rodovia</i>	188
15.1.3	<i>Gatilhos de Ampliação de Capacidade</i>	190
16	NÚMERO N	194
16.1	DADOS DE PESAGEM	194
16.2	CÁLCULO DO NÚMERO N	197
17	CONSIDERAÇÕES FINAIS	199
18	EQUIPE TÉCNICA	202

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Macro localização das Rodovias em estudo.....	18
Figura 2: Fluxograma com macro tarefas.....	20
Figura 3: Trecho em estudo (PA-150 e PA-475)	23
Figura 4: Trecho em estudo (PA-475, PA-252 e PA-151).....	24
Figura 5: Trecho em estudo (PA-151, PA-483 e Alça Viária)	24
Figura 6: Fluxos de transporte atuais na região de estudo.....	28
Figura 7: Fluxos de transporte no cenário tendencial na região de estudo.....	29
Figura 8: Fluxos de transporte no cenário pessimista na região de estudo.....	30
Figura 9: Pesquisa de Contagem Veicular sendo realizada	32
Figura 10: Ilustração da instalação do contador pneumático em campo	33
Figura 11: Registros fotográficos realizados durante o levantamento de campo	33
Figura 12: Classificação de veículos utilizada na pesquisa	34
Figura 13: Exemplo de parte do formulário utilizado na pesquisa	34
Figura 14: Postos de Pesquisa 2019 CCV e/ou OD	36
Figura 15: Postos de Pesquisa 2019 CCV e/ou OD	37
Figura 16: Localização pesquisas 2021 - P1 e P2	38
Figura 17: Localização pesquisas 2021 - P3 a P7	39
Figura 18: Formulário de entrevistas	41
Figura 19: Pontos de Entrevistas da Pesquisa Origem e Destino	42
Figura 20: Pesquisa OD / PD em andamento	44
Figura 21: Exemplo de pergunta Tipo A	46

Figura 22: Exemplo de Pesquisa Tipo B.....	47
Figura 23: Ilustração do Fator de Sazonalidade Mensal.....	50
Figura 24: Comportamento mensal do tráfego - BR-010.....	52
Figura 25: Comportamento mensal do tráfego - BR-155.....	52
Figura 26: Fator K 50ª hora.....	54
Figura 27: Função logística e a relação logística.....	58
Figura 28: Projeção PIB-Brasil.....	62
Figura 29: Situações em uma rodovia respectivas aos diferentes níveis de serviço do HCM.....	64
Figura 30: Exemplos de rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários.....	66
Figura 31: Classificação dos veículos de carga.....	72
Figura 32: Detalhe para o índice pluviométrico do estado do Pará.....	76
Figura 33: Localização e VMDa - Ponto 1.....	77
Figura 34: VMD Horário - Ponto 1 - Sentido Marabá.....	78
Figura 35: VMD Horário - Ponto 1 - Sentido Jacundá.....	78
Figura 36: Localização e VMDa - Ponto 2.....	79
Figura 37: VMD Horário - Ponto 2 - Tucuruí sentido BR-150/PA.....	80
Figura 38: VMD Horário - Ponto 2 - BR-150/PA sentido Tucuruí.....	80
Figura 39: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Rural (Norte) sentido Goianésia do Pará.....	81
Figura 40: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Rural (Norte) sentido Tailândia.....	81
Figura 41: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Urbana (Sul) sentido Goianésia do Pará.....	82
Figura 42: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Urbana (Sul) sentido Tailândia.....	82
Figura 43: Localização e VMDa - Ponto 3.....	83

Figura 44: VMD Horário - Tomé-Açu sentido Marabá.....	84
Figura 45: VMD Horário - Moju sentido Marabá.....	84
Figura 46: VMD Horário - Moju sentido Tomé-Açu.....	85
Figura 47: VMD Horário - Marabá sentido Tomé-Açu.....	85
Figura 48: VMD Horário - Marabá sentido Moju.....	86
Figura 49: VMD Horário - Tomé-Açu sentido Moju.....	86
Figura 50: Localização e VMDa - Ponto 4	87
Figura 51: VMD Horário - Acará sentido Moju	88
Figura 52: VMD Horário - Moju sentido Acará	88
Figura 53: VMD Horário - Tailândia sentido Moju.....	89
Figura 54: VMD Horário - Moju sentido Tailândia.....	89
Figura 55: VMD Horário - Acará sentido Tailândia	90
Figura 56: VMD Horário - Tailândia sentido Acará	90
Figura 57: Localização e VMDa - Ponto 5	91
Figura 58: VMD Horário - PA-252 > Igarapé-Miri	91
Figura 59: VMD Horário - Igarapé-Miri > PA-252	92
Figura 60: VMD Horário - (Sul) Abaetetuba > Moju	92
Figura 61: VMD Horário - (Sul) Moju > Abaetetuba	93
Figura 62: VMD Horário - (Norte) Abaetetuba > Moju.....	93
Figura 63: VMD Horário - (Norte) Moju > Abaetetuba.....	94
Figura 64: Localização e VMDa - Ponto 6	94
Figura 65: VMD Horário - Abaetetuba > Rotatória.....	95

Figura 66: VMD Horário - Rotatória > Abaetetuba.....	95
Figura 67: VMD Horário - Arapari > Rotatória.....	96
Figura 68: VMD Horário - Rotatória > Arapari.....	96
Figura 69: VMD Horário - Barcarena > Rotatória	97
Figura 70: VMD Horário - Rotatória > Barcarena	97
Figura 71: VMD Horário - Belém > Rotatória	98
Figura 72: VMD Horário - Rotatória > Belém	98
Figura 73: Localização e VMDa - Ponto 7	99
Figura 74: VMD Horário - Belém > Ponte	100
Figura 75: VMD Horário - Ponte > Belém	100
Figura 76: VMD Horário - Acará > Ponte	101
Figura 77: VMD Horário - Ponte > Acará	101
Figura 78: Localização e VDM – P01.....	102
Figura 79: Comportamento horário – P01	103
Figura 80: Composição do Tráfego - P01.....	103
Figura 81: Localização e VDM – P03.....	104
Figura 82: Comportamento horário – P03	105
Figura 83: Composição do Tráfego - P03.....	105
Figura 84: Localização e VDM – P09.....	106
Figura 85: Comportamento horário – P09	107
Figura 86: Composição do Tráfego - P09.....	107
Figura 87: Localização e VDM – P05.....	108

Figura 88: Comportamento horário – P05	109
Figura 89: Composição do Tráfego - P05.....	109
Figura 90: Localização e VDM.....	110
Figura 91: Comportamento horário – P08	111
Figura 92: Composição do Tráfego - P05.....	111
Figura 93: Dispersão dos pontos da regressão linear da elasticidade para veículos leves	116
Figura 94: Dispersão dos pontos da regressão linear da elasticidade para pesados	117
Figura 95: Dispersão dos pontos da regressão linear da elasticidade para pesados	118
Figura 96: Motivo para a realização das viagens.....	127
Figura 97: Frequência das viagens	128
Figura 98: Carregamento da Frota de veículos comerciais	128
Figura 99: Composição dos caminhões por quantidade de eixos.....	129
Figura 100: Variação da adesão em função da tarifa.....	132
Figura 101: Estimativa de tarifa ótima	134
Figura 102: Variação da adesão em função da tarifa.....	138
Figura 103: Estimativa de tarifa ótima	139
Figura 104: Zoneamento adotado.....	143
Figura 105: Base viária do estado do Pará utilizada no modelo	144
Figura 106: Mapa da Rede Rodoviária do Pará (Fonte: PELT PA).....	145
Figura 107: Detalhe da Ferrovia Norte-Sul entre Açailândia (MA) e Barcarena (PA) (fonte: PELT Pará)	146
Figura 108: Detalhe da seção transversal do Rio Tocantins na região dos pedrais (fonte: Anteprojeto de derrocamento do Pedral do Lourenço. Adaptado.)	147

Figura 109: Detalhe da Hidrovia do Tocantins-Araguaia entre Tucuruí (PA) e Conceição do Araguaia (PA) (fonte: PELT Pará)	148
Figura 110: Detalhe para o zoneamento adotado	149
Figura 111: Localização das Praças de Pedágio – Cenário Base	155
Figura 112: Ilustração de rota alternativa e roda de desvio	157
Figura 113: Detalhe para rota alternativa via BR—010.....	158
Figura 114: Detalhe para rota alternativa via PA-151	159
Figura 115: Detalhe para a possibilidade de fuga via PA-252	160
Figura 116: Detalhe para a possibilidade de fuga via PA-151/PA-263	161
Figura 117: Carregamento do cenário base 2020	164
Figura 118: Variação do VDMA por segmento homogêneo e sentido.....	167
Figura 119: Fugas de Tráfego devido a abertura do tráfego na hidrovia e Porto em Marabá em 2026	169
Figura 120: Cenário PNL – 2	200
Figura 121: Cenário PNL – 6	200

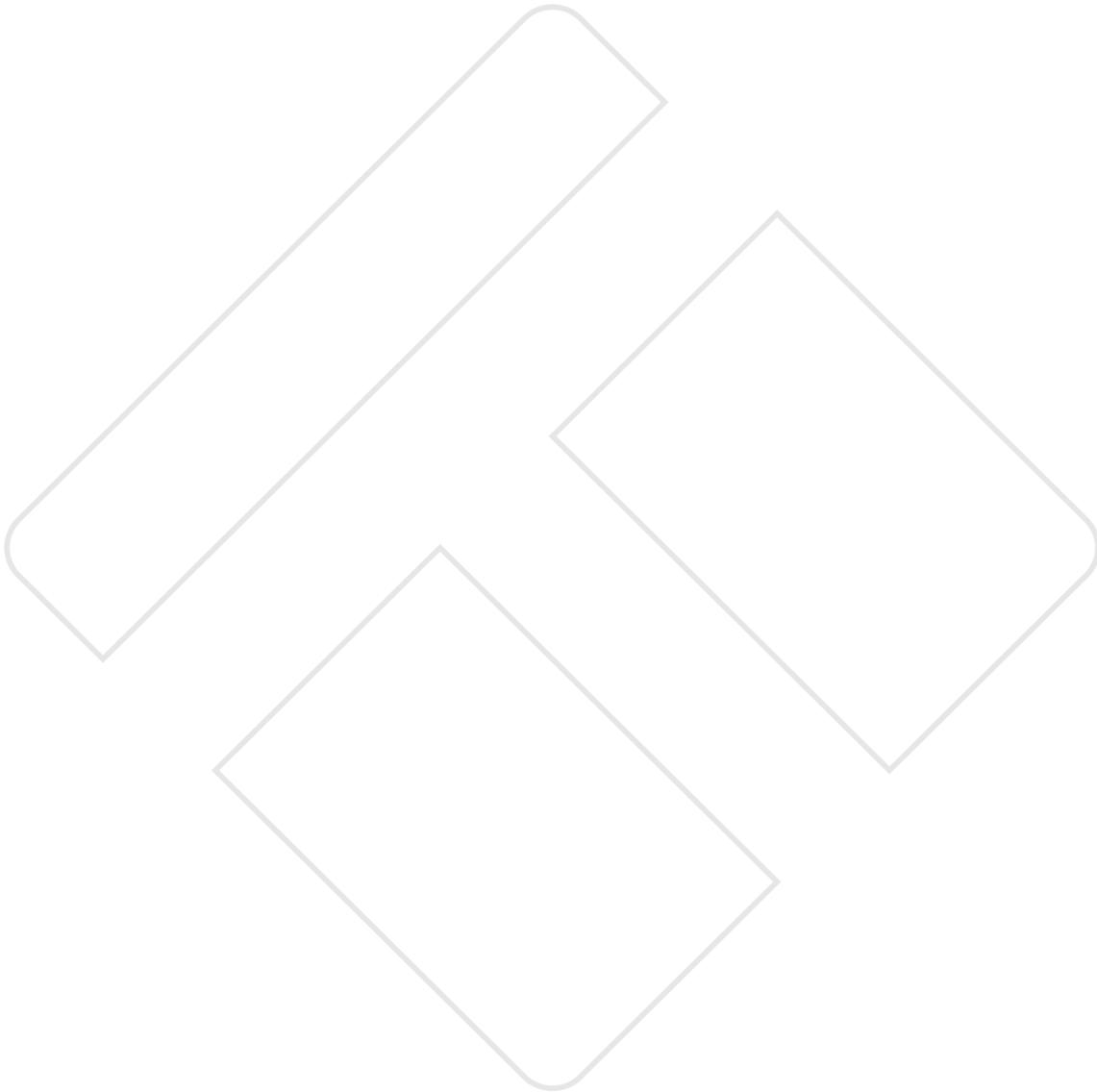
LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Segmentos Homogêneos 1 a 10 - PA-150.....	26
Tabela 2: Segmentos Homogêneos 11 a 17 - PA-475, PA-252, PA-151 e PA-483	26
Tabela 3: Segmentos Homogêneos 18 e 19 – Alça Viária de Belém	27
Tabela 4: Numeração, Tipo e Localização dos pontos de contagem (CCV e OD).....	35
Tabela 5: Numeração, Tipo e Localização dos pontos de contagem (CCV e OD).....	38
Tabela 6: Níveis e Atributos Pesquisa Tipo A	47
Tabela 7: Níveis e atributos pesquisa Tipo B.....	47
Tabela 8: Montagem dos cadernos pesquisa Tipo A.....	48
Tabela 9: Montagem dos cadernos pesquisa Tipo B.....	48
Tabela 10: Fatores de Correção Sazonal (Fc).....	51
Tabela 11: Peso da frequência das viagens.....	56
Tabela 12: Descrições de qualidade do fluxo do tráfego nos diferentes níveis de serviço para as 3 classes de rodovias de pista simples	68
Tabela 13: Parâmetros para avaliação do Nível de Serviço	68
Tabela 14: Parâmetros utilizados para a determinação do nível de serviço para as diferentes classes de rodovias de pista simples	69
Tabela 15: Limites para determinação do Nível de Serviço em rodovias de pista simples.....	69
Tabela 16: Escala proposta de nível de serviço de Faria (2008).....	71
Tabela 17: Fatores de equivalência de carga da AASHTO	73
Tabela 18: Fatores de equivalência de carga da USACE.....	73
Tabela 19: Percentuais de veículos comerciais na faixa de projeto.....	75
Tabela 20: Fator climático regional.....	75

Tabela 21: Dados para cálculo de elasticidade.....	115
Tabela 22: Análise estatística da elasticidade para veículos leves.....	117
Tabela 23: Análise estatística da elasticidade para pesados.....	118
Tabela 24: Análise estatística da elasticidade para pesados.....	119
Tabela 25: Resumo das Elasticidades.....	119
Tabela 26: Valores calculados do PIB per capita em US\$ 2010 e a variação na elasticidade entre 2021 e 2055.....	121
Tabela 27: Resumo das Taxas de Crescimento.....	123
Tabela 28: Principais origens e destinos verificados para as viagens de veículos leves	126
Tabela 29: Principais origens e destinos verificados para as viagens de veículos comerciais leves	126
Tabela 30: Principais origens e destinos verificados para as viagens de veículos comerciais pesados ..	127
Tabela 31: Análise de regressão com todas as variáveis.....	130
Tabela 32 - Ajuste do modelo (passeio)	130
Tabela 33: Ajuste das variáveis do modelo (passeio).....	131
Tabela 34: Valores de pseudo R ² (passeio)	131
Tabela 35: Classificação do modelo (passeio)	131
Tabela 36: Análise de regressão com todas as variáveis.....	135
Tabela 37 - Ajuste do modelo (comercial).....	135
Tabela 38: Ajuste das variáveis do modelo (comercial).....	136
Tabela 39: Valores de pseudo R ² (comercial).....	136
Tabela 40: Classificação do modelo (comercial)	137
Tabela 41: Análise de regressão com todas as variáveis.....	140
Tabela 42: Ajuste do modelo (passeio Tipo B)	140

Tabela 43: Valores de pseudo R ² (passeio Tipo B)	141
Tabela 44: Análise de regressão com todas as variáveis.....	141
Tabela 45 - Ajuste do modelo (comercial Tipo B)	142
Tabela 46: Valores de pseudo R ² (comercial Tipo B).....	142
Tabela 47: Valores considerados por faixa salarial (veículos leves).....	150
Tabela 48: Valores calculados em R\$/h (veículos passeio)	151
Tabela 49: Custo final R\$/min + custo de manutenção (20%) - Veículos de passeio.....	151
Tabela 50: Valores calculados em R\$/h (veículos comerciais)	151
Tabela 51: Custo final R\$/min + Manutenção (50%) – Veículos Comerciais.....	152
Tabela 52: Valores em R\$/km por tipo de combustível (veículos de passeio).....	152
Tabela 53: Valores em R\$/km – Diesel (veículos comerciais)	152
Tabela 54: Localização das Praças de Pedágio – Cenário Base	154
Tabela 55: Localização das Praças de Pedágio	156
Tabela 56: VDMA encontrados após simulação de tráfego para o ano base para cada um dos segmentos	165
Tabela 57: Segmentos com maiores volumes de tráfego	167
Tabela 58: Tabela resumo de fugas.....	168
Tabela 59: Dados de entrada para dimensionamento das cabines das praças de pedágio	171
Tabela 60: Resumo do Tempo médio no sistema (segundos).....	172
Tabela 61: Resumo da Fila Média (veículos)	172
Tabela 62: Resumo dos Níveis de Serviço	173
Tabela 63: Indicação da quantidade de faixas de cobrança por sentido	173
Tabela 64: Categorias de Cobrança de Pedágio	175

Tabela 65: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 1	176
Tabela 66: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 2	177
Tabela 67: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 3	178
Tabela 68: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 4	179
Tabela 69: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 5	180
Tabela 70: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 6	181
Tabela 71: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 7	182
Tabela 72: Estimativa de Receita durante a concessão – Cenário Tendencial.....	184
Tabela 73: Resumo do VMD e Taxa de Pesados por cenário	186
Tabela 74: Parâmetros utilizados para o cálculo dos patamares de Nível de Serviço HCM	187
Tabela 75: Níveis de Serviço para Cenário Base - 2021 - 2051.....	189
Tabela 76: Locais de Implantação de 3ª Faixa na PA-150 - Norte.....	191
Tabela 77: Locais de Implantação de 3ª Faixa na PA-150 - Sul	192
Tabela 78: Locais de Implantação de 3ª Faixa na Alça Viária - Norte	193
Tabela 79: Locais de Implantação de 3ª Faixa na Alça Viária - Sul.....	193
Tabela 80: Pesos Médios e Carregamento	195
Tabela 81: Fatores de Veículo - USACE.....	196
Tabela 82: Número N	197
Tabela 83: Espessura Mínima de revestimento betuminoso	198
Tabela 84: Cenários de Infraestrutura.....	199
Tabela 85: Impacto na queda de veículos pesados.....	201
Tabela 86: Impacto em veículos leves.....	201



1 APRESENTAÇÃO

A **ImTraff Consultoria e Projetos de Engenharia** tem o prazer de apresentar o **Estudo de Tráfego para concessão** do conjunto de rodovias do Pará, as quais estão descritas em sequência:

- PA-150 - Entre Marabá/PA (Morada Nova) até PA-475/256 já no fim do município de Tailândia/PA;
- PA-475 – Entre PA-150 e PA-252;
- PA-252 – Entre PA-475 e PA-151 já próximo do Perímetro Urbano de Moju/PA;
- PA-151 – Entre PA-252 e PA-483/Alça Viária do Pará;
- PA-483 – Entre área portuária Vila do Conde e PA-151;
- Alça Viária do Pará – Entre PA-151/483 e BR-316, já próximo ao perímetro urbano de Ananindeua.

Este documento surge do interesse da Secretaria de Estado de Transportes – SETRAN – em fomentar a estruturação de projetos de infraestrutura no Pará, retomando, sobretudo, os estudos de viabilidade à concessão do sistema rodoviário entre Marabá e Belém, mais precisamente a PA-150.

Assim, o “Estudo de Tráfego” se faz necessário para avaliar a possibilidade de concessão dos referidos trechos rodoviários, seja por uma concessão comum ou seja por intermédio de uma Parceria Público-Privada (PPP) com a finalidade de se realizar de melhorias na infraestrutura destas vias. O presente documento faz parte de um conjunto de estudos técnicos com vistas a exploração dos trechos durante um prazo de 30 anos.

Na Figura 1 apresentada na sequência é possível visualizar, ainda que de forma macro, as rodovias que estão contidas neste estudo.

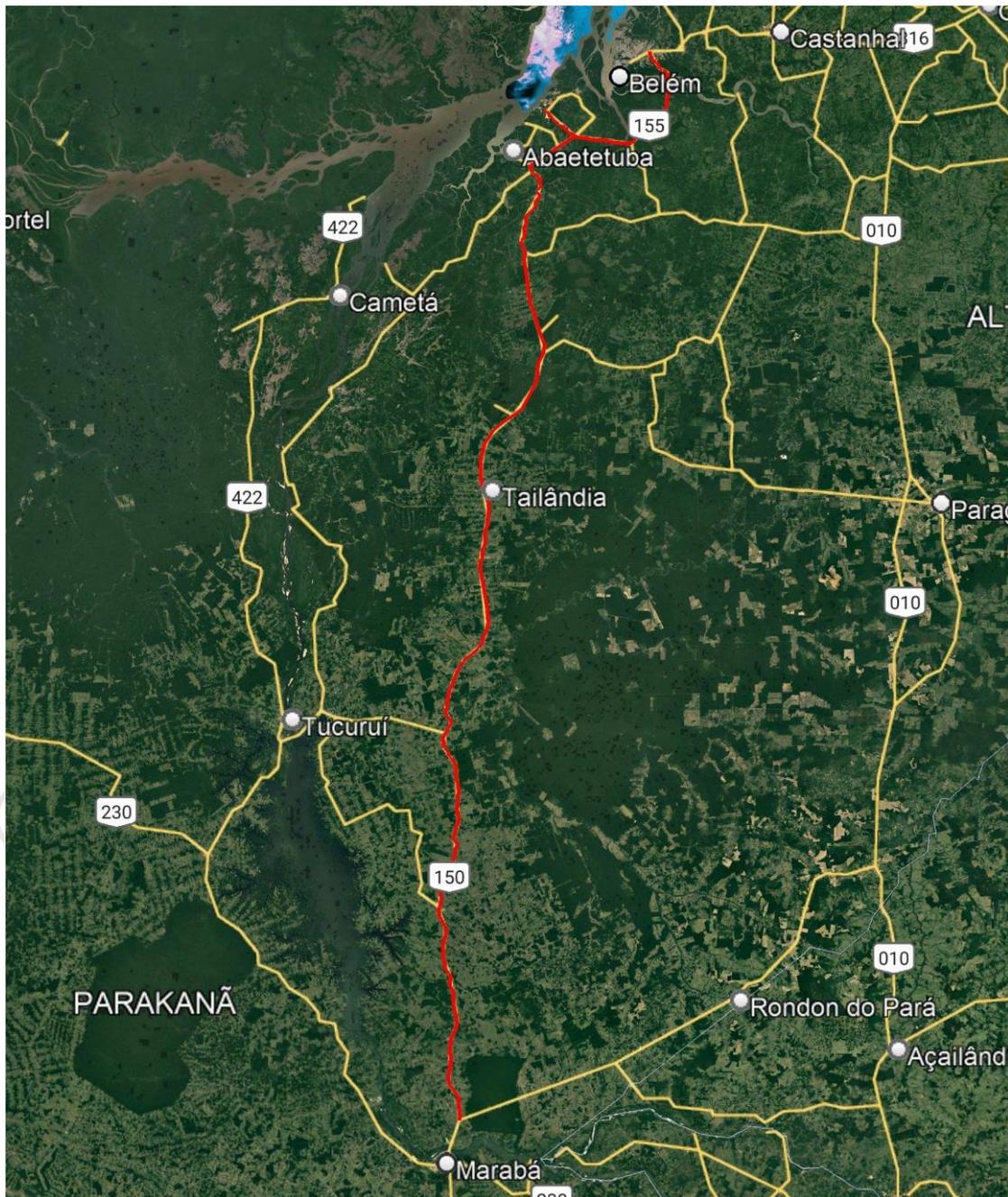


Figura 1: Macro localização das Rodovias em estudo.

Portanto este relatório tem como principal objetivo entre outras tarefas o de subsidiar os estudos econômicos financeiros, uma vez que apresenta informações técnicas indispensáveis sobre o tráfego das rodovias em questão, além de simular e projetar potenciais cenários, os quais, por diversas premissas distintas, alteram o volume de tráfego previsto para o horizonte de concessão, o que impacta diretamente na tarifa base e, conseqüentemente, na receita do concessionário.

Dito isto, é importante mencionar também que o estudo segue uma sequência metodológica e específica de etapas primordiais:

- Pesquisas de Campo; levantamentos, contagens, visitas;
- Consolidação dos dados levantados em campo; tabulação e avaliação dos dados;
- Elaboração de um modelo de simulação de tráfego, com uma rede viária virtual georreferenciada em software específico;
- Obtenção de Matrizes de Origem-Destino;
- Obtenção do VDMA – Volume Diário Médio Anual – para o Ano Base;
- Projeção do VDMA para o horizonte de 30 anos;
- Simulações de cenários com alteração da demanda (VDMA) em função de alterações operacionais (cobrança de pedágio, por exemplo) e ou geométricas (obras de pavimentação, por exemplo);
- Obtenção do volume de tráfego projeto ao longo do período da concessão;
- Obtenção da Receita Estimada da Concessão;
- Cálculo dos níveis de serviço;
- Cálculo do número N.

Por fim, os produtos gerados neste estudo subsidiam o cálculo de fatores fundamentais na estimativa do CAPEX (*Capital Expenditure*) e/ou investimentos.

Em síntese, este estudo pode ser resumido a três fases: Levantamentos de Campo (1), Simulação de Tráfego (2) e Projeção de Tráfego (3).

Durante a fase 1, foram realizados levantamentos e visitas à campo em toda a região Sudeste e Nordeste do Pará, além da região metropolitana de Belém para obtenção dos valores de VDM atuais, tanto nos trechos em questão, quanto nas rodovias BR-222 (Marabá/PA a Fortaleza/CE), BR-010 (Belém – Brasília) e BR-316 (Belém – Maceió), que complementam o sistema viário paraense.

A partir da coleta destes dados, estes foram agrupados e organizados para a obtenção da demanda atual através da modelagem de tráfego em software específico (2), que contém a malha viária (com todas as informações físicas das vias), representando, portanto, a oferta e a matriz de viagens, representando a demanda. As matrizes de viagens, as quais são obtidas por meio dos dados da Pesquisa Origem-Destino (OD), são alocadas no modelo de simulação que por sua vez gerará os volumes de tráfego.

Em seguida, já com os volumes de tráfego do cenário base consolidado, procede-se com o crescimento do tráfego (3) que é resultando da relação entre o desenvolvimento da economia regional/nacional, de sua

população e/ou de algum outro indicador da região (por exemplo crescimento do agronegócio) com o crescimento do tráfego.

O fluxograma a seguir ilustra, de forma macro, os processos para elaboração deste estudo.

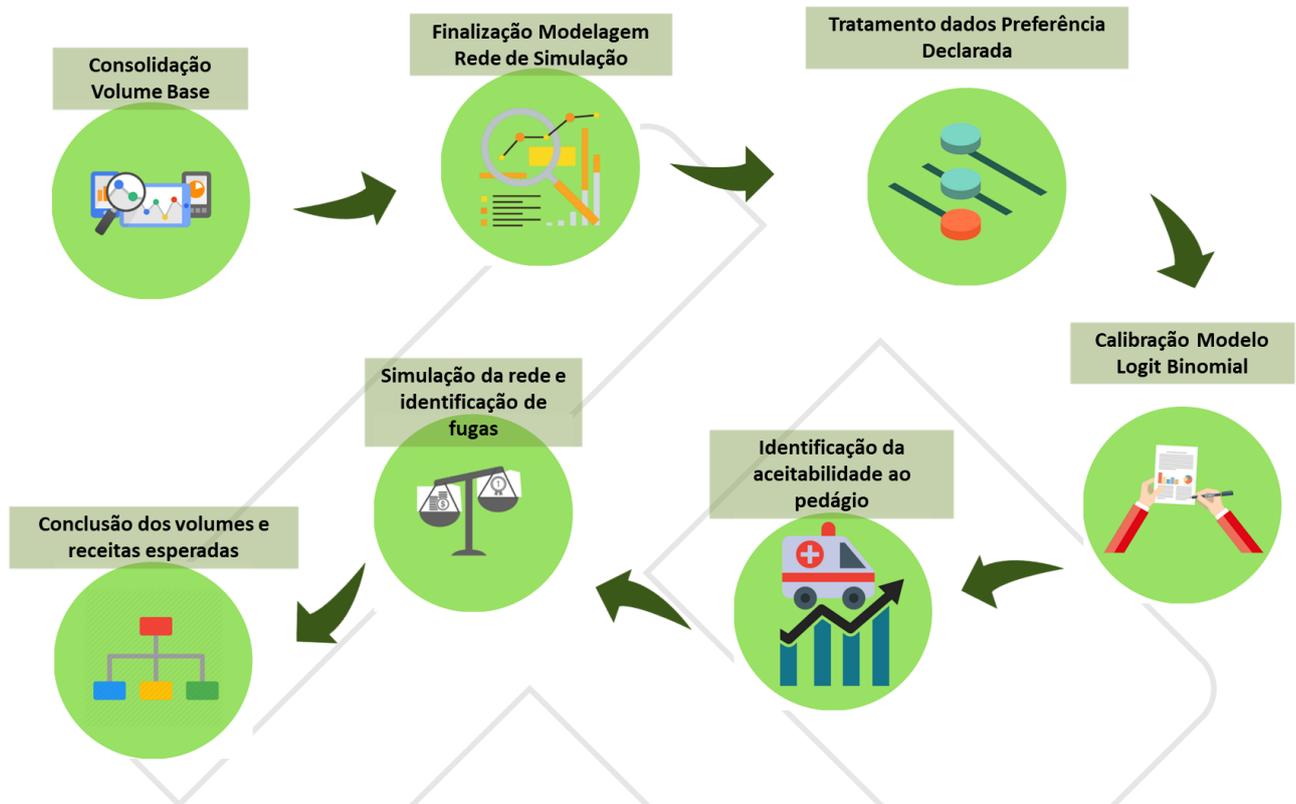


Figura 2: Fluxograma com macro tarefas.

2 INFORMAÇÕES GERAIS

- **Objeto de Estudo:** Estudo de Tráfego das Rodovias PA-150, PA-475, PA-252, PA-151, PA-483 e Alça Viária do Pará para análise de viabilidade de concessão comum ou por meio de Parceria Público Privada.
- **Localização:** Entre Marabá/PA até Belém/PA nas regiões sudeste e nordeste do Pará.

2.1 AUTOR/CLIENTE

Empresa de Consultoria: **ImTraff – Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.**

Endereço: **Av. Cristiano Machado, 640/sl. 1106**

Bairro da Graça

Belo Horizonte – MG

CEP 31.140-660

Telefone: **+55 (31) 2516-8001**

E-mail: adriano.schiavon@imtraff.com.br / igor@imtraff.com / kaio.mesquita@imtraff.com.br / vagner.stefanello@imtraff.com.br / frederico@imtraff.com.br

Site: www.imtraff.com.br

Equipe Técnica:

RT: Frederico Rodrigues – Eng^o Civil, D.Sc., – CREA 90.217/D – MG

Igor Jackson Arthur Costa e Souza – Líder de Estudos

Adriano Schiavon – Eng. Civil

Kaio Mesquita – Estudos de Tráfego

Vagner Stefanello – Estudos de Tráfego

Bruno Silvério – Coordenador de Pesquisas de campo

2.2 CLIENTE

- Nome da Empresa: **Encibra S.A. Estudos e Projetos de Engenharia**
- CNPJ: **33.160.102/0001-23**
- Endereço: **Av. Das Nações Unidas, 13797, Bloco 3, Andar 17, Vila Gertrudes, São Paulo, SP, CEP 04794-000**
- Responsável Legal: **Alexandre Miguel Lopez – amlopez@encibra.com.br – Telefone: (11) 98175-2240**

3 APRESENTAÇÃO DAS RODOVIAS EM ESTUDO E ÁREA DE INFLUÊNCIA

Os trechos que são objeto deste estudo compreendem, a partir do sul, as rodovias:

- **Rodovia PA-150** (entre Morada Nova em Marabá/PA até o entroncamento com a PA-475/256 próximo do perímetro urbano de Tailândia/PA) com uma extensão aproximada de 333 km;
- **Rodovia PA-475** (entre entroncamento com PA-150 até entroncamento com a PA-252 no município de Moju/PA), com uma extensão aproximada de 41 km;
- **Rodovia PA-252** (entre Moju/PA e entroncamento com PA-151 em Abaetetuba/PA) numa extensão de aproximadamente 41 km;
- **Rodovia PA-151** (entre PA-252 e PA-483/PA-481 na rotatória de acesso à Barcarena/PA) com uma extensão aproximada de 22km;
- **Rodovia PA-483** (Entre Acesso a área portuária de Vila do Conde, em Barcarena/PA até o entroncamento com a PA-151/Alça Viária) numa extensão de aproximadamente 19km;
- **Alça Viária de Belém** (Entre o entroncamento com a Perna Sul/PA-483 até BR-316/010 em Ananindeua/PA) - extensão aproximada de 70km;

Estima-se, portanto, um lote de aproximadamente 525 km de rodovias, conforme ilustram as figuras que estão apresentadas em sequência. Os trechos indicados nas cores vermelhas e/ou rosa fazem parte do estudo.

Estas são rodovias que fazem parte do sistema rodoviário estadual do Pará e são importantes eixos estruturais de ligação entre regiões norte-sul do estado.

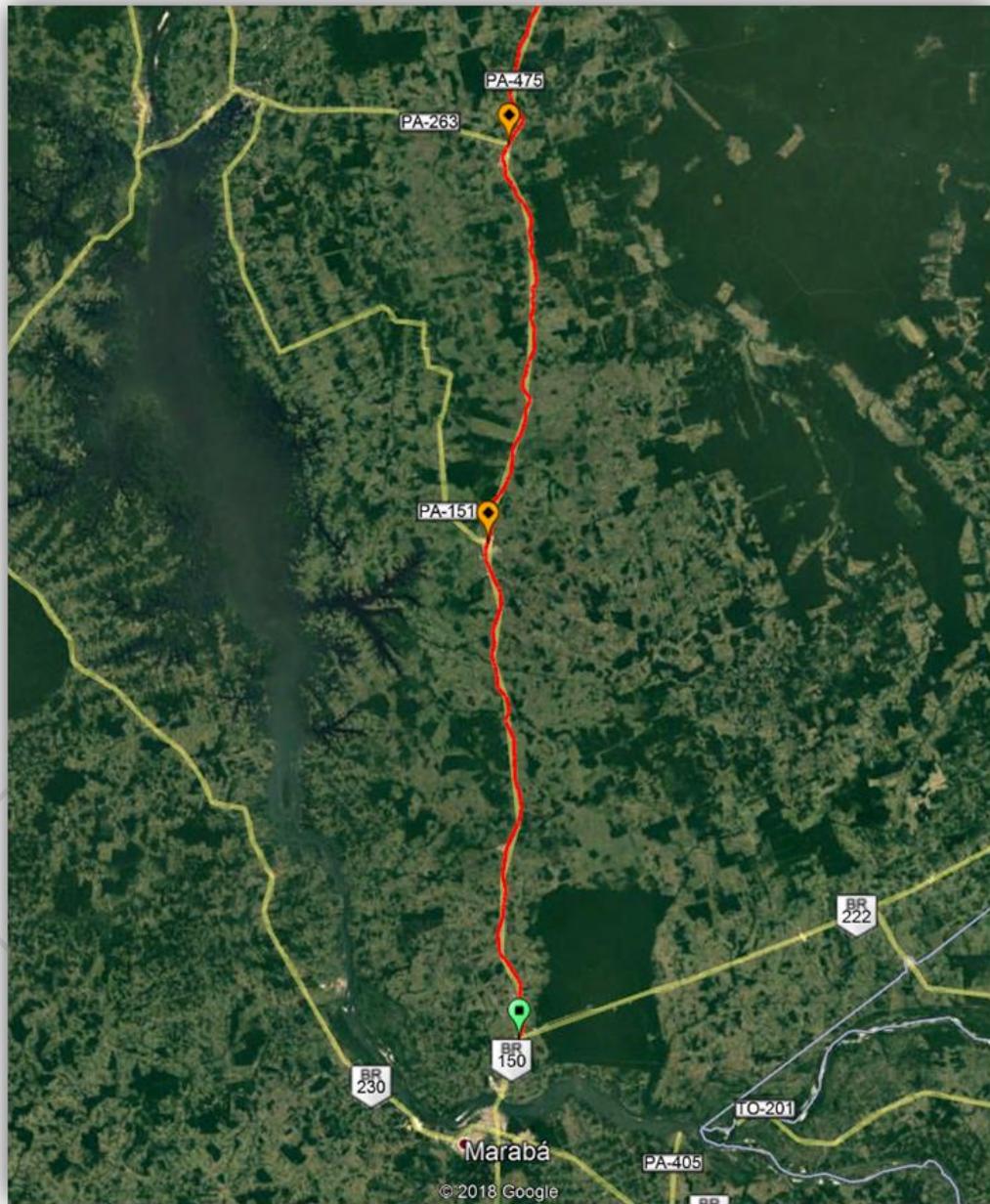


Figura 3: Trecho em estudo (PA-150 e PA-475)

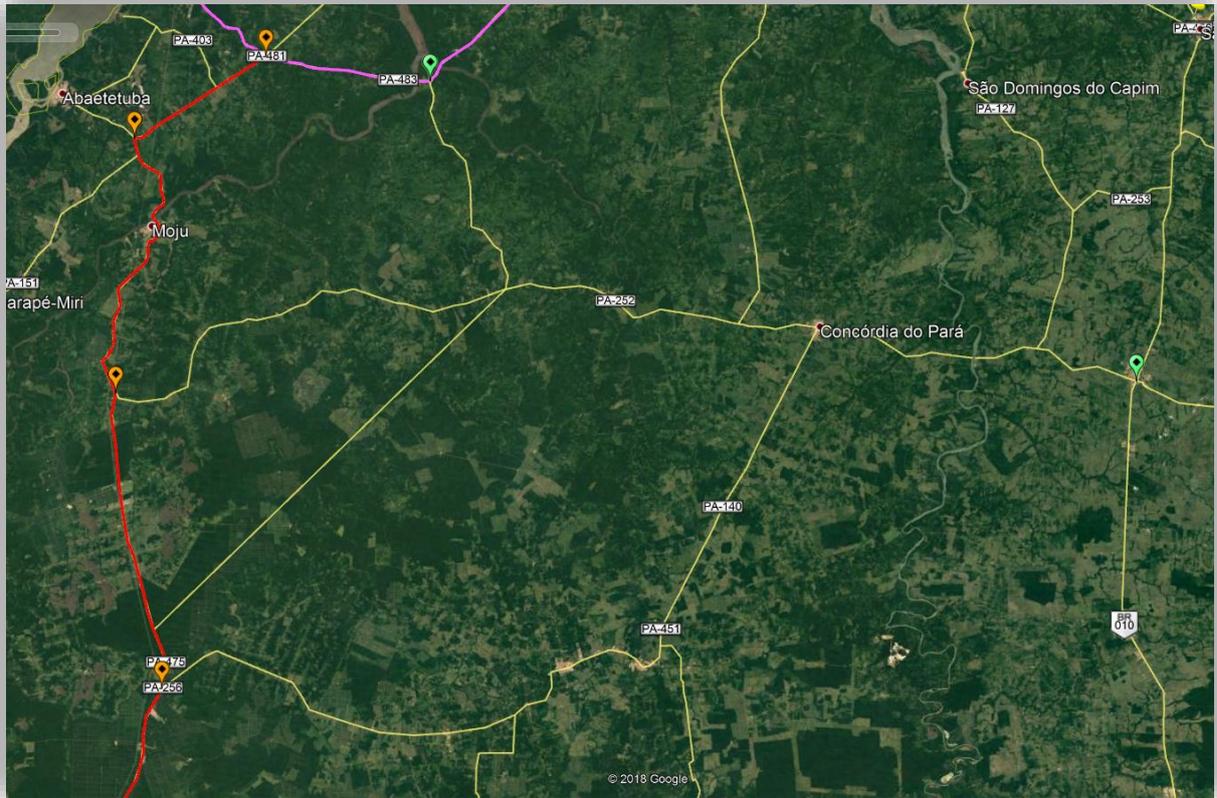


Figura 4: Trecho em estudo (PA-475, PA-252 e PA-151)

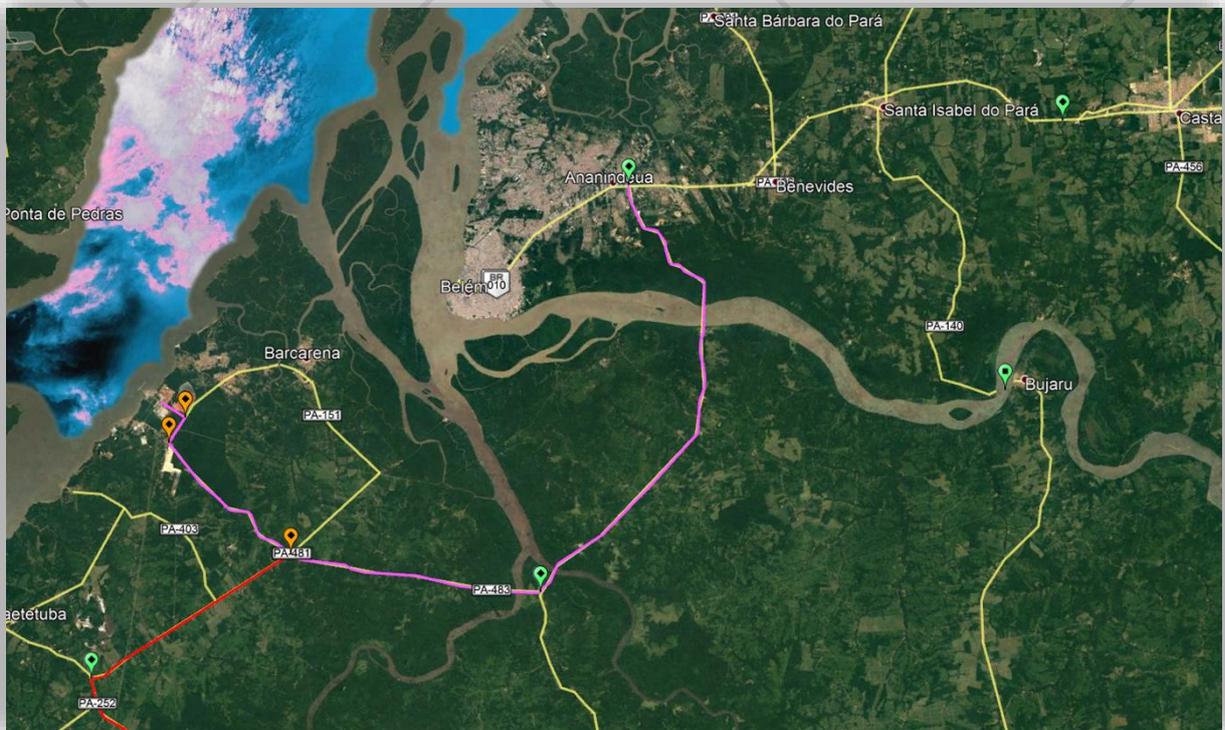


Figura 5: Trecho em estudo (PA-151, PA-483 e Alça Viária)

3.1 SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CONTEXTUALIZAÇÃO

No sistema viário em questão estão enquadradas as rodovias estaduais **PA-150, PA-474, PA-252, PA-151, PA-483 e Alça Viária**. Todas essas vias compõem parte do eixo estrutural de ligação entre as regiões sul e norte do estado paraense. O trecho que se inicia no distrito de Morada Nova, em Marabá, se estende até o município de Ananindeua, interseção com BR-316, possui aproximadamente 525km de extensão, que neste estudo será denominado como **Lote 1**.

É importante ressaltar que as vias em estudo tratam-se de rodovias já consolidadas e usualmente utilizadas para o escoamento logístico do Pará, sobretudo pela proximidade com o Porto de Vila do Conde, em Barcarena, e nele espera-se um tráfego de veículos característico. Nota-se também a existência de via concorrente, a BR-010, mais conhecida como “Belém-Brasília”, que possui um traçado paralelo distante cerca de 170 km do traçado da PA-150. Assim sendo, a definição de qual trajeto a ser utilizado pelos usuários se dará através de análise custo x benefício, o qual envolve algumas variáveis como custo de pedágio, tempo, distância, segurança e outros, análise realizada por cada usuário dessas vias e que o modelo deste estudo de tráfego tentou identificar e replicar.

Fato é que o sistema viário das regiões Leste-Sul do Pará melhorou de forma expressiva após a implantação da alça viária, no entanto tais regiões ainda carecem de melhorias na infraestrutura e segurança viária que beneficiará, diretamente, toda a região influência primária, ou seja os municípios e povoados mais próximos, tráfego da logística e aqueles que serão influenciados de forma secundária (tráfego de passagem).

Ademais, com a perspectiva de investimentos em infraestrutura de transporte no país para aumento da oferta de transporte principalmente para melhoria do acesso aos portos do Arco Norte, existe a previsão de criação de nova via para escoamento de cargas: a perenização da hidrovia do Tocantins entre Marabá e Belém. Atualmente devido a presença de pedral no trecho entre a barragem de Tucuruí e Marabá, o rio só é navegável em período de cheia devido a pouca profundidade ocasionada pela presença dessas pedras. Uma obra de derrocamento está prevista para criar um canal de navegação perene todo o ano, o que facilitará seu uso como eixo de transporte.

Com vistas para tais melhorias o estudo de tráfego avaliou 3 potenciais cenários de concessão, os quais são caracterizados da seguinte forma:

1. **Cenário Base** – Concessão do Lote 1 (Rodovias PA-150, PA-475, PA-252, PA-151, PA-483 e Alça Viária do Pará (contorno));

2. **Cenário Tendencial** – Cenário base + viabilização da navegação na Hidrovia do Tocantins entre Marabá e Belém com implantação de porto em Marabá;
3. **Cenário Pessimista** – Cenário base + viabilização da navegação na Hidrovia do Tocantins entre Conceição do Araguaia e Belém com implantação de porto em Tucuruí, em Marabá e em Conceição do Araguaia.

Nas tabelas a seguir podem ser conferidos os trechos segmentados das rodovias, denominados segmentos homogêneos e que serão utilizados até a conclusão do relatório.

Tabela 1: Segmentos Homogêneos 1 a 10 - PA-150

Nº	SEG. HOM.	TRECHOS / SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	RODOVIA	KM INÍCIO	KM FIM	EXTENSÃO	SEGMENTO
01		RODOVIA PA 150	PA 150			333,0 Km	
	01	Entrº BR-222 (Morada Nova) - Fim PU de Morada Nova	PA-150	0,00	1,30	1,30	URBANO
	02	Fim de Pu de Morada Nova - Início PU de Nova Ipixiuna	PA-150	1,30	33,60	32,30	RURAL
	03	Início PU de Nova Ipixiuna - Fim PU Nova Ipixiuna	PA-150	33,60	35,00	1,40	URBANO
	04	Fim PU Nova Ipixiuna - Início PU de Jacundá	PA-150	35,00	87,00	52,00	RURAL
	05	Início PU de Jacundá - Fim PU de Jacundá	PA-150	87,00	91,40	4,40	URBANO
	06	Fim PU de Jacundá - Início PU de Goianésia do Pará	PA-150	91,40	159,00	67,60	RURAL
	07	Início PU de Goianésia do Pará - Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará)	PA-150	159,00	164,80	5,80	URBANO
	08	Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará) - Início PU de Tailândia	PA-150	164,80	267,40	102,60	RURAL
	09	Início PU de Tailândia - Fim PU de Tailândia	PA-150	267,40	271,90	4,50	URBANO
	10	Fim de PU de Tailândia - Entrº PA-475/256	PA-150	271,90	333,00	61,10	RURAL

Tabela 2: Segmentos Homogêneos 11 a 17 - PA-475, PA-252, PA-151 e PA-483

SEG. HOM.	TRECHOS / SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	RODOVIA	KM INÍCIO	KM FIM	EXTENSÃO
	RODOVIA PA-475	PA-475			41,6 Km
11	Entrº PA-150/256 - Entrº PA-252	PA-475	0,00	41,60	41,60
	RODOVIA PA-252	PA-252			41,4 Km
12	Entrº PA-475 - Início PU Moju	PA-252	0,00	25,70	25,70
13	Início PU Moju - Fim PU de Moju	PA-252	25,70	27,00	1,30
14	Fim de Pu de Moju - Entrº PA-151/252	PA-252	27,00	41,40	14,40
	RODOVIA PA-151	PA-151			21,5 Km
15	Entrº PA-252 - Entrº PA-483/Alça Viária	PA-151	0,00	21,50	21,50
	PA-483	PA-483			18,6 Km
16	Entrº Acesso Área Portuária Vila do Conde (Barcarena) - Fim PU de Pramajá	PA-483	0,00	3,00	3,00
17	Fim PU de Pramajá - Entrº PA-151/Alça Viária	PA-483	3,00	18,60	15,60

Tabela 3: Segmentos Homogêneos 18 e 19 – Alça Viária de Belém

Nº	SEG. HOM.	TRECHOS / SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	RODOVIA	KM INÍCIO	KM FIM	EXTENSÃO	SEGMENTO
06		Alça Viária de Belém	PA-483			69,4 Km	
	18	Entrº PA-151/483 - Início PU de Ananindeua	Alça Viária	0,00	67,50	67,50	RURAL
	19	Início PU de Ananindeua - Entrº BR-316/010	Alça Viária	67,50	69,40	1,90	URBANO

Como apresentado, dividiu-se os Lotes 1 em 19 segmentos homogêneos que serão utilizados posteriormente, por exemplo, na apresentação do VDM (Volume Diário Médio), níveis de serviço (NS) e cálculo de número “N”.

No que tange as características físicas, geométricas e operacionais das rodovias é importante mencionar que em toda sua extensão as vias apresentam a configuração do tipo pista simples, sem a presença de acostamento em maior parte dos trechos, o traçado não é sinuoso e quanto ao relevo da região é majoritariamente plano.

3.2 SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CENÁRIO ATUAL/BASE

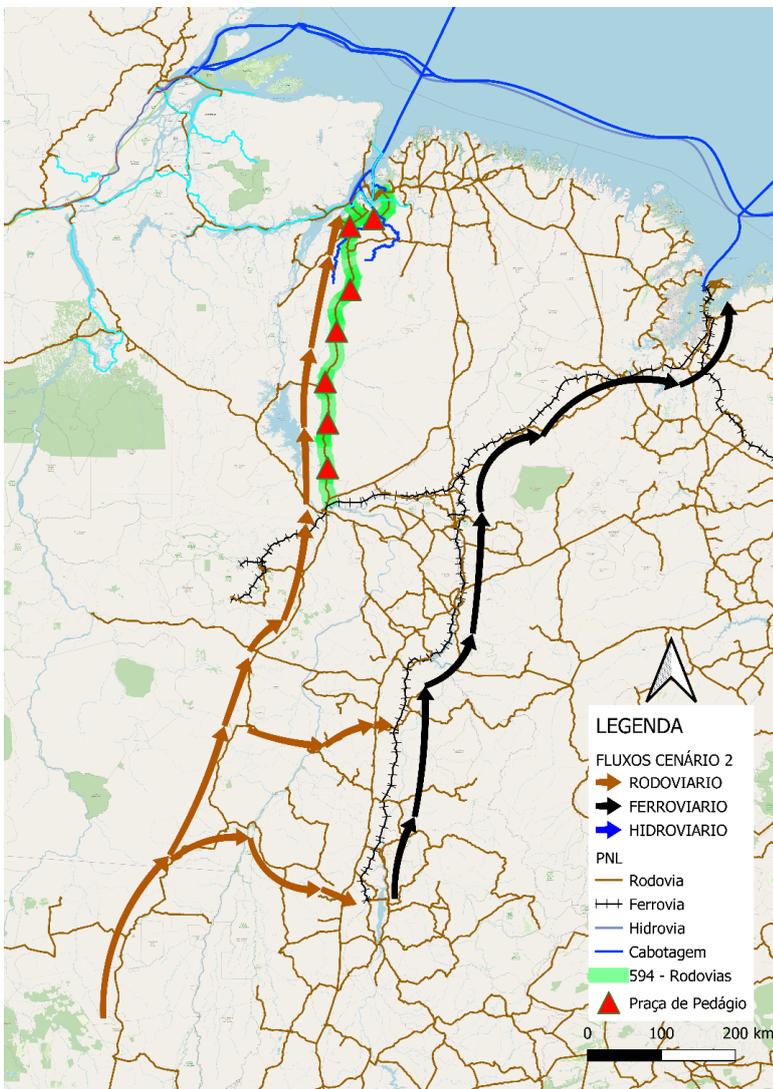
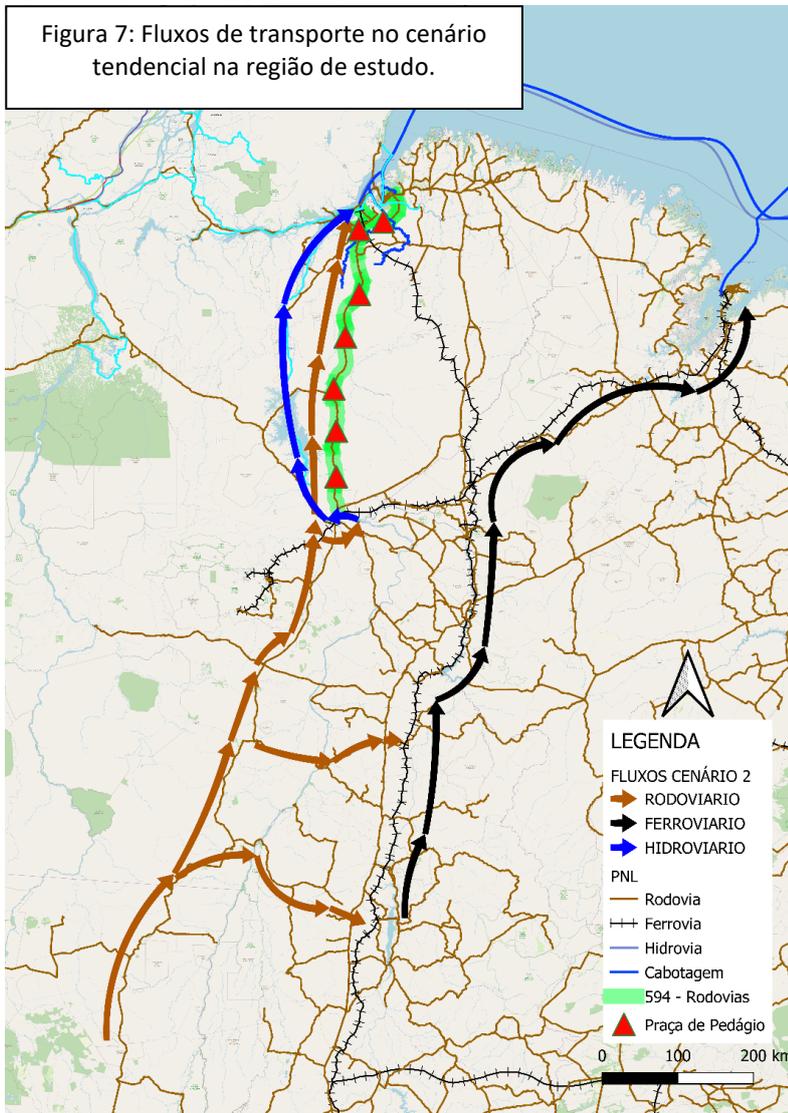


Figura 6: Fluxos de transporte atuais na região de estudo.

No cenário atual, a oferta de transporte na região do Nordeste do Mato Grosso e Sudeste do Pará se dá notadamente pelas BR-158 e sua continuação pela PA-150 e demais, estas objetos deste estudo de concessão, que possui como vias concorrentes a BR-010 (Belém-Brasília), porém que mantém o mesmo modo de transporte, rodoviário, e a Ferrovia Norte Sul através de carregamento em terminais de transbordo no estado do Tocantins, que por ser pelo modo ferroviário apresenta custo quilométrico de transporte mais baixo.

3.3 SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CENÁRIO TENDENCIAL

Figura 7: Fluxos de transporte no cenário tendencial na região de estudo.



Conforme citado acima, existe a previsão de perenização da viabilidade de navegação na Hidrovia do Tocantins. É esperado que o trecho de via navegável em si tenha capacidade de transporte de 20 milhões de toneladas por ano devido ao sistema de eclusas da barragem de Tucuruí. No entanto, no cenário tendencial assumiu-se que somente um porto nas proximidades de Marabá seria construído. Devido à ausência de dados sobre esse porto em específico, foi analisado o carregamento dos diversos cenários apresentados no estudo PNL 2035, de onde observou-se que o carregamento era sempre inferior à 10 milhões de toneladas nesse porto, sendo este valor adotado como capacidade deste porto. Desta forma, a capacidade total desta nova

oferta de transporte via modo hidroviário tem limite de capacidade no Porto de Marabá, com somente 10 milhões de toneladas por ano, seguido de outro limitador de capacidade, o sistema de eclusas na barragem de Tucuruí, onde a capacidade é limitada à 20 milhões de toneladas por ano.

3.4 SISTEMA VIÁRIO EM ESTUDO – CENÁRIO PESSIMISTA

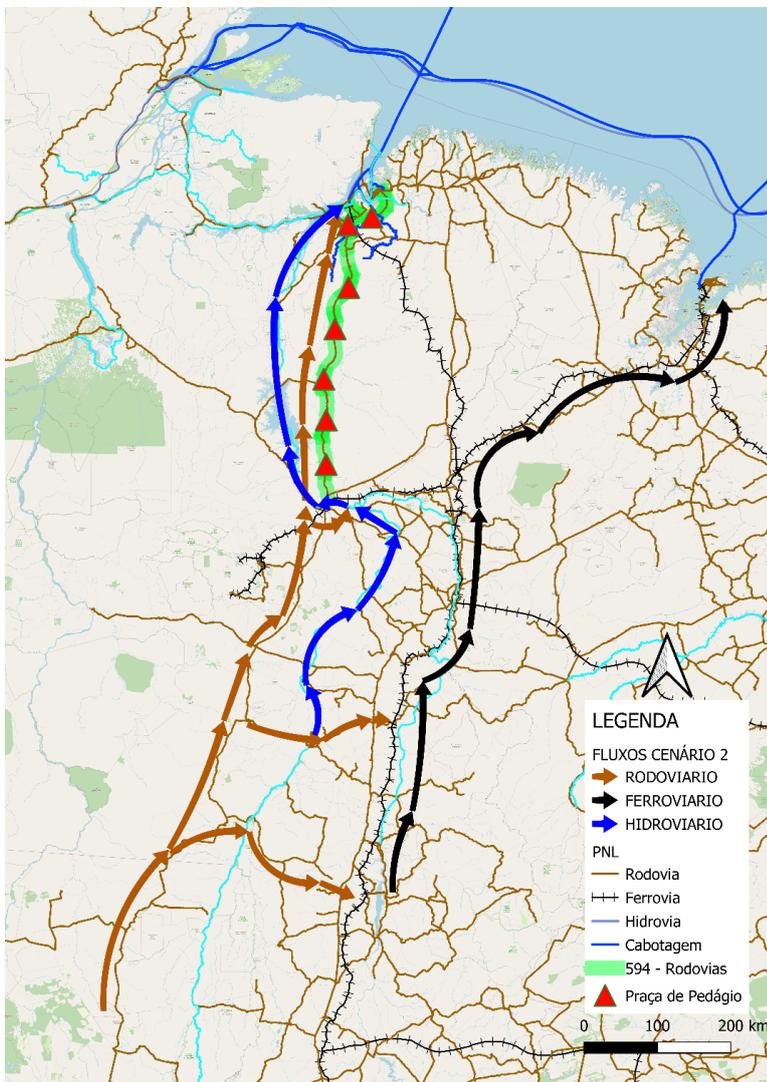


Figura 8: Fluxos de transporte no cenário pessimista na região de estudo.

Em complemento ao cenário tendencial, considerou-se também a concretização do previsto no Plano Estadual de Logística e Transportes do Pará (PELT-PA), que menciona como projeto prioritário hidroviário 1 a viabilização da navegação no Rio Tocantins. Para tanto, além do porto próximo à Marabá, também estão previstos outros dois portos: um em Tucuruí e outro mais ao Sul em Conceição do Araguaia.

Assim como no cenário tendencial, assumiu-se a capacidade destes portos sendo de 10 milhões de toneladas.

Desta forma, a capacidade total desta nova oferta de transporte via modo hidroviário tem limite de capacidade no Porto de Marabá, com somente 10 milhões de toneladas por ano, seguido de outro limitador de capacidade, o sistema de eclusas na barragem de Tucuruí, onde a capacidade é limitada à 20 milhões de toneladas por ano.

4 METODOLOGIA DOS TRABALHOS

Neste capítulo, serão apresentadas as metodologias empregadas durante o desenvolvimento do estudo de tráfego, desde as pesquisas de campo até o cálculo do número “N”. Vale salientar que todas as metodologias estão em concordância com o Manual de Estudos de Tráfego (IPR-723) do DNIT. Ao longo dos demais itens do relatório, serão mais bem detalhados alguns processos realizados para lograr êxito nos objetivos deste trabalho.

4.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO: PESQUISAS DE TRÁFEGO

Neste item são explanadas as atividades desenvolvidas no levantamento dos dados, destaca-se que esta é uma das etapas fundamentais para o desenvolvimento do trabalho e serve de subsídio para se diagnosticar e determinar vários fatores quantitativos e qualitativos relativos ao tráfego de forma geral.

O capítulo está segregado nos seguintes itens a seguir:

- Contagem Classificada de Veículos (CCV);
- Pesquisas de Origem-Destino (OD);
- Pesquisa de Preferência Declarada (PD);
- Reconhecimento de Campo

4.1.1 Contagens Classificadas de Veículos (CCV)

As Contagens Volumétricas de Veículos visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo. Essas informações serão usadas na análise de capacidade, no dimensionamento do pavimento, nas análises de viabilidade de implantação das praças de pedágio bem como caracterizar o perfil da rodovia.

Existem dois locais básicos para realização das contagens: nos trechos entre interseções e nas interseções. As contagens entre interseções têm como objetivo identificar os fluxos de uma determinada via e as contagens em interseções levantar fluxos das vias que se interceptam e dos seus ramos de ligação. No presente estudo realizou-se a contagem em ambos os locais.

Neste estudo, aplica-se a metodologia preconizada pelo manual de estudos de tráfego do DNIT, a qual utiliza pesquisadores, portando contadores manuais; registrando todos os veículos que trafegaram na via/postos de forma ininterrupta. O tipo de pesquisa utilizada - Contagens Classificadas de Veículos (CCV) – realizadas

em períodos de 16 a 24 horas x 7 dias (a partir de expansão). No que diz respeito ao número e localização dos pontos é importante frisar que são definidos com o intuito de garantir a obtenção de um conjunto de informações que permita a melhor caracterização possível do perfil volumétrico e comportamental do tráfego e das viagens que ora são realizadas no trecho em questão.

As contagens de veículos ocorreram de forma direcional, isto é, considerando os movimentos das seções principais. A contabilização do fluxo foi segmentada em intervalos de 15 minutos. Essa variação permite estabelecer o “Fator Hora de Pico” (FHP), que mede o grau de uniformidade do fluxo.

Para cada ponto de pesquisa foram considerados 2 a 4 pesquisadores por turno, de acordo com o total de movimentos, sendo um para cada movimento/sentido da rodovia.

As figuras a seguir ilustram os pesquisadores durante a realização dos trabalhos de contagem CCV.



Figura 9: Pesquisa de Contagem Veicular sendo realizada

Além das contagens manuais foram realizadas também contagens automatizadas por meio de contadores pneumáticos instalados nas seções transversais das rodovias, conforme ilustra a Figura 10.

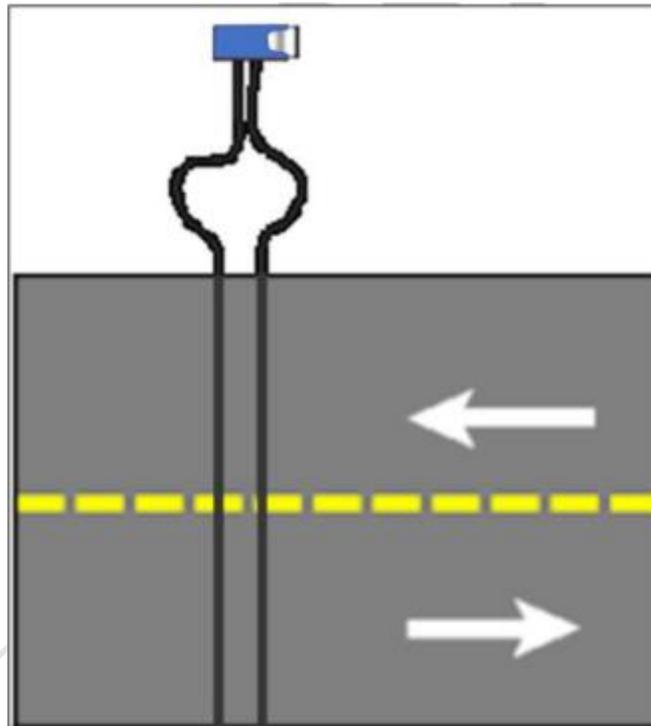


Figura 10: Ilustração da instalação do contador pneumático em campo

E em alguns locais, para contrapor a contagem manual e a contagem automatizada, foram realizadas contagens por meio de filmagens utilizando-se de um VANT (veículo aéreo não tripulado) – Drone, que serviu também para percorrer o trecho. As figuras a seguir são fotografias retiradas com o auxílio do referido equipamento. A foto da esquerda foi retirada em Pramajá, Barcarena, no encontro da PA-483 com a Via Portuária, já a fotografia da direita é a BR-316 com BR-155 (Alça Viária).



Figura 11: Registros fotográficos realizados durante o levantamento de campo

No que diz respeito a classificação dos veículos durante as contagens, estes foram classificados de modo que oferecessem subsídio para posterior obtenção do número N, bem como para avaliação de receita dos pedágios.

Deste modo, foram considerados além do automóvel de passeio (incluem-se utilitários de dois eixos não comercial) e motocicletas, a classificação de veículos pesados/comerciais é realizada por eixos segundo as classes apresentadas na Figura 12.

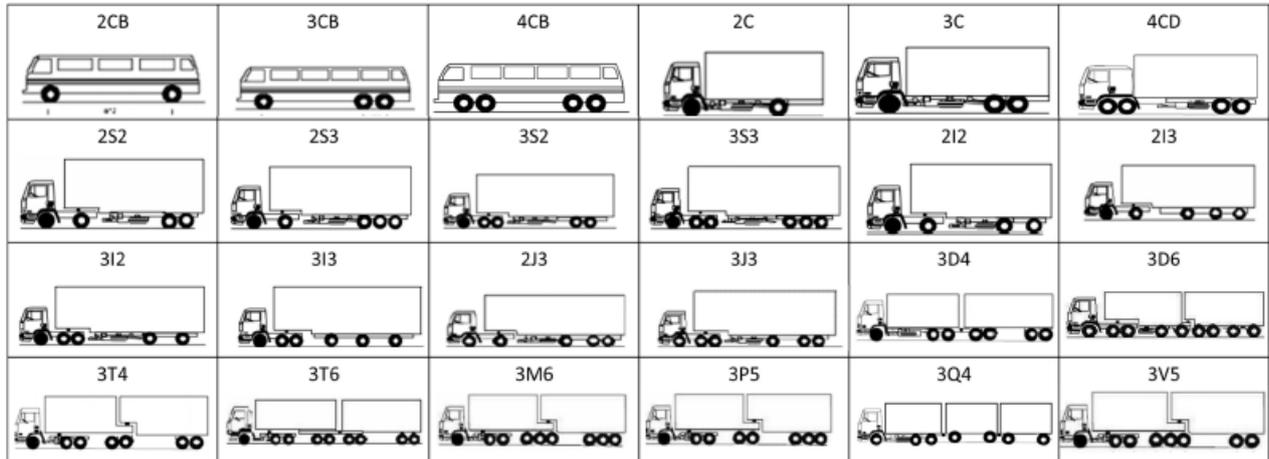


Figura 12: Classificação de veículos utilizada na pesquisa

O formulário utilizado durante as contagens pode ser conferido na Figura 13.

CROQUI DO LOCAL	Interleio	Auto	Auto Reb 1 Eixo	Auto Reb 2 Eixos	Moto	2CB	3CB	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3
		00:00 00:15											
	00:15 00:30												
	00:30 00:45												
	00:45 01:00												
	01:00 01:15												
	01:15 01:30												
	01:30 01:45												
	01:45 02:00												
	02:00 02:15												
	02:15 02:30												
	02:30 02:45												
	02:45 03:00												

Interleio	3S1	3S2	3S3	2I2	2I3	3I2	3I3	2I3	3I3	3D4	3I4	3I6	3I6	3P5	Outros Reboque	Outros Semi Reboque
00:00 00:15																
00:15 00:30																
00:30 00:45																
00:45 01:00																
01:00 01:15																
01:15 01:30																
01:30 01:45																
01:45 02:00																
02:00 02:15																
02:15 02:30																
02:30 02:45																
02:45 03:00																

Figura 13: Exemplo de parte do formulário utilizado na pesquisa

4.1.1.1 Pesquisas realizadas em 2019

Foram realizadas pesquisas no trecho entre os dias 06 de outubro a 29 de novembro de 2019 as quais foram extrapoladas para o presente ano e utilizadas para algumas análises deste estudo.

Destarte, foram elencados 13 postos de pesquisa volumétrica e 7 postos de pesquisa do tipo Origem-Destino (OD) que estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Numeração, Tipo e Localização dos pontos de contagem (CCV e OD)

Posto	Tipo de Pesquisa	Cidade
1	CCV + OD	CASTANHAL
2	CCV + OD	BUJARU
3	CCV + OD	ANANINDEUA
4	CCV + OD	ACARÁ
5	CCV + OD	ABAETETUBA
6	CCV	BARCARENA
7	CCV + OD	MÃE DO RIO
8	CCV + OD	MARABÁ
9	CCV	BARCARENA
10	CCV	BARCARENA
11	CCV	MOJU
12	CCV	TAILÂNDIA
13	CCV	GOIÂNÉSIA

Os treze pontos selecionados para pesquisa estão apresentados a seguir e identificados nas figuras abaixo logo após a lista descritiva da localização de cada um dos pontos.

- Posto 1: Seção da BR-316, próximo do posto da PRF em Castanhal, 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 2: Pesquisa na balsa de travessia na cidade de Bujaru (PA-140), 3 dias x 16 horas de pesquisa;
- Posto 3: Seção da BR-316 em Ananindeua, próximo do acesso à alça viária, 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 4: Seção da Alça Viária / PA-483, nas proximidades da perna sul / acesso para Acará, 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 5: Seção da PA-252 entre PA-151 e PA-475, no município de Abaetetuba, 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 6: Aproximações da rotatória da PA-151, PA-483 e PA-481 no município de Barcarena, 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 7: Seção da BR-010 próximo a cidade Mãe de Rio e PA-252; 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 8: Seção da PA-150 x BR-222 em Morada Nova (Marabá); 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 9: Seção da PA-483 x Rodovia Portuária em Pramajá, 3 dias x 16 horas de pesquisa;

- Posto 10: PA-483 x Rod. Transalumina, 3 dias x 16 horas de pesquisa;
- Posto 11: PA-475 x PA-252 em Moju, 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 12: Seção da PA-475 nas proximidades do município de Tailândia; 7 dias x 24 horas de pesquisa;
- Posto 13: Seção da BR-150 nas proximidades do município de Goianésia do Pará; 7 dias x 24 horas de pesquisa.

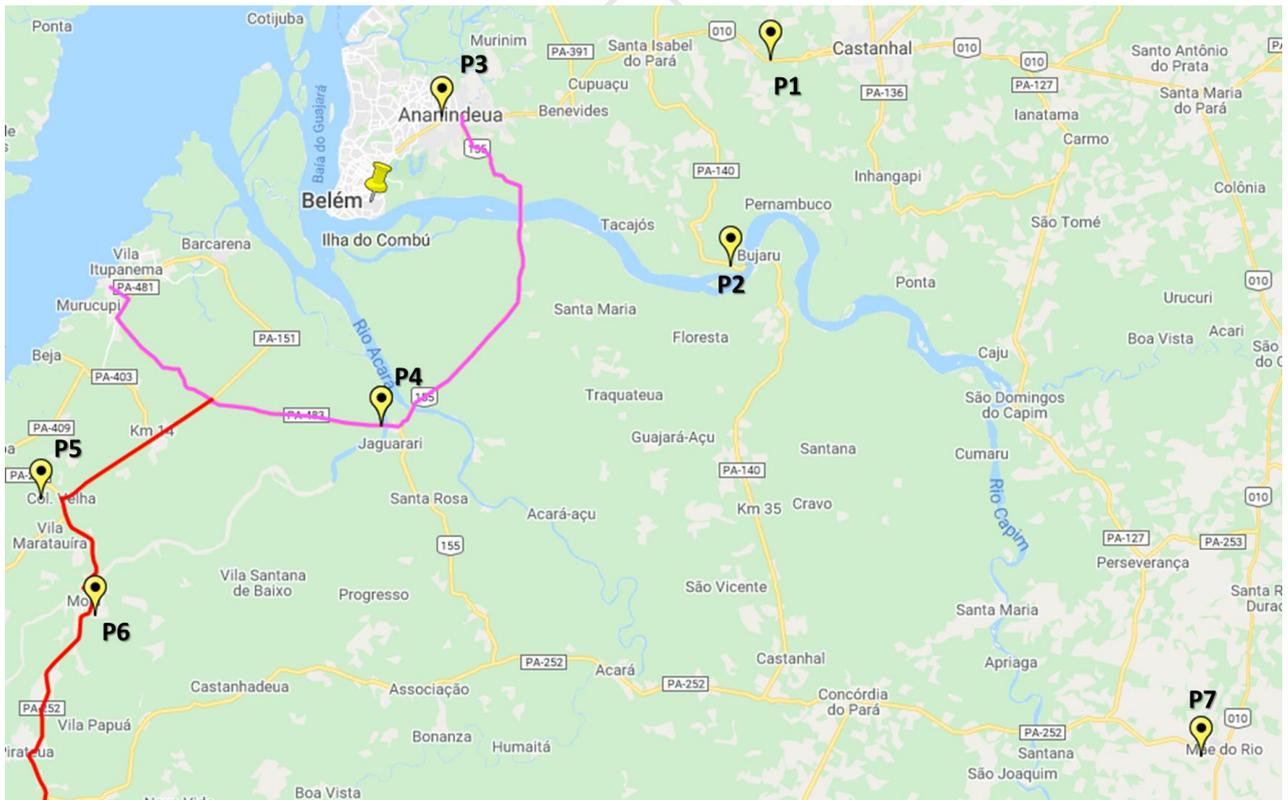


Figura 14: Postos de Pesquisa 2019 CCV e/ou OD

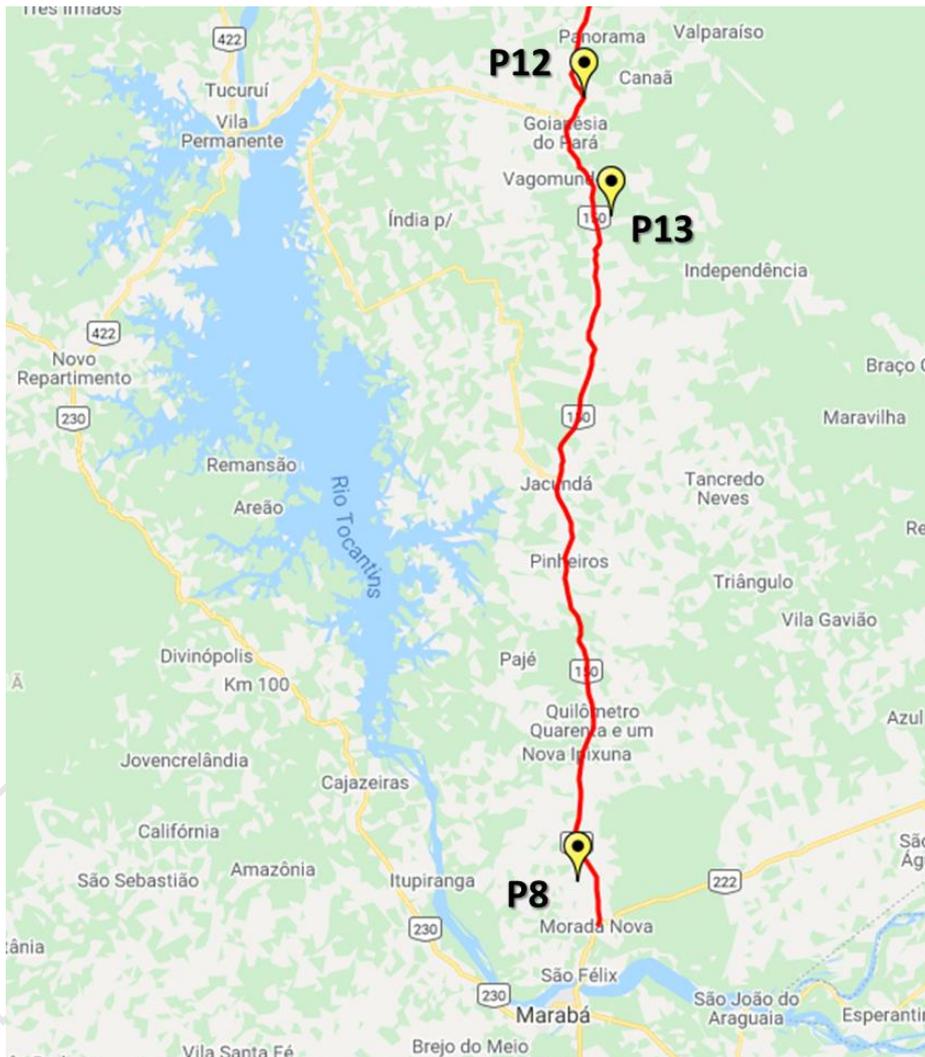


Figura 15: Postos de Pesquisa 2019 CCV e/ou OD

4.1.1.2 Pesquisas realizadas em 2021

Para atualizar os estudos, foram realizadas pesquisas no trecho entre os dias 04 de novembro a 10 de novembro de 2021.

Foram elencados 7 postos de pesquisa volumétrica que estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Numeração, Tipo e Localização dos pontos de contagem (CCV e OD)

Ponto	Tipo de Pesquisa	Cidade
1	CCV	MORADA NOVA
2	CCV	GOIANÉSIA DO PARÁ
3	CCV	TAILÂNDIA
4	CCV	MOJU
5	CCV	PA/252 COM PA/151
6	CCV	BARCARENA
7	CCV	BARCARENA

As figuras a seguir apresentam a localização dos pontos de pesquisa de 2021.

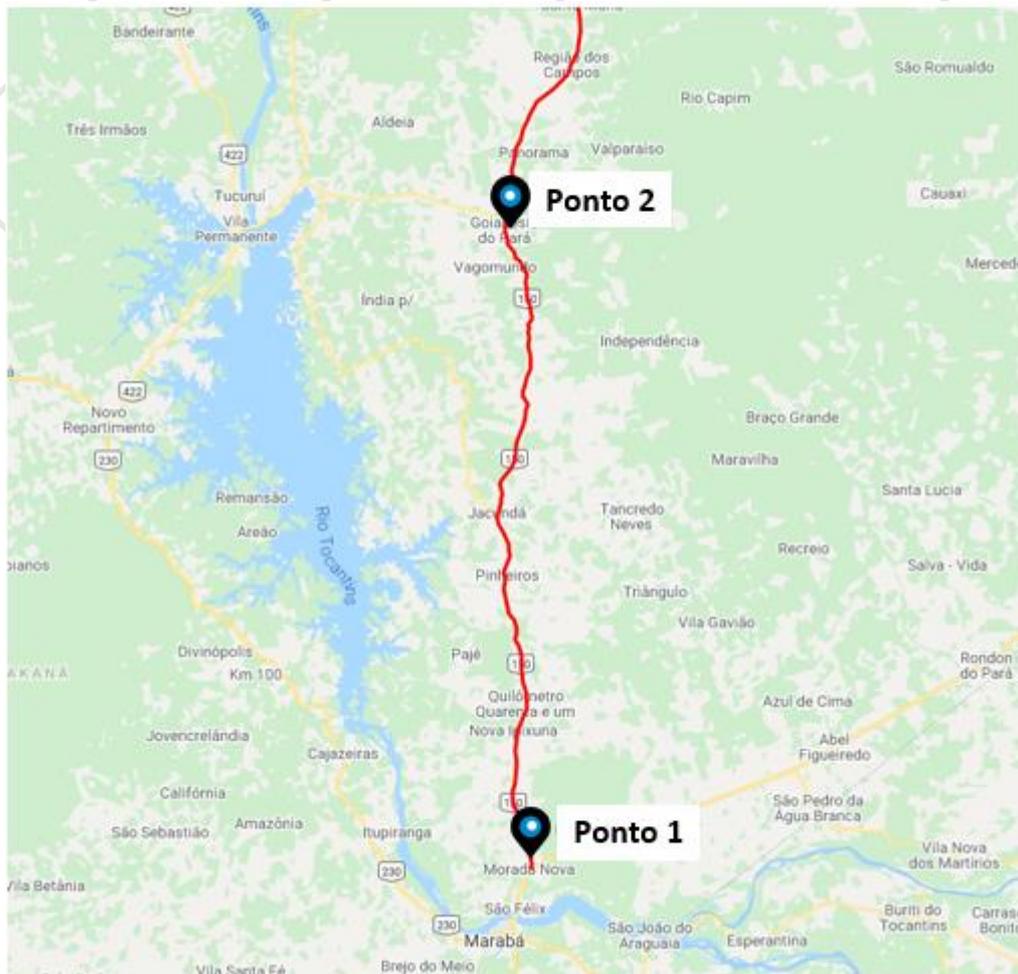


Figura 16: Localização pesquisas 2021 - P1 e P2



Figura 17: Localização pesquisas 2021 - P3 a P7

4.1.2 Pesquisa de preferência declarada e Origem e Destino (OD)

As pesquisas de preferência revelada e Origem e Destino (OD) têm como objetivo básico identificar as origens e destinos das viagens realizadas pelos diferentes tipos de veículos em um determinado sistema de vias. Possibilitam, ainda, conforme a amplitude do estudo que se tem em vista, a obtenção de informações de diversas outras características dessas viagens, como por exemplo, renda, características do automóvel, motivo e frequência das viagens etc.

As pesquisas são realizadas por meio de entrevistas feitas com motoristas, os quais são aleatoriamente interceptados no posto de pesquisa pelo qual trafega, daí a importância de profissionais capacitados (PRF ou PRE) para que a pesquisa ocorra da melhor maneira possível, sobretudo no que tange a segurança viária. Após breve explicação sobre o motivo da pesquisa o pesquisador conduz o usuário a responder as questões.

Essas informações são utilizadas no estudo do comportamento atual e futuro do tráfego, e permitem:

- Identificar desvios de tráfego provenientes de alterações do sistema viário;
- Determinar as cargas dos veículos transportadas nas rodovias;
- Estimar taxas de crescimento;
- Determinar custos operacionais, custos de manutenção e outras variáveis relativas à viabilidade de eventuais obras no sistema viário.

As entrevistas dos usuários feitas na própria via constituem um método direto para a obtenção, de forma rápida e eficiente, da origem e destino da viagem de cada motorista entrevistado.

Na Figura 18 apresentada a seguir pode-se verificar o formulário utilizado para realização da pesquisa OD.

CABEÇALHO				
Pesquisador:		Data:	Horário:	Dia da semana:
Rodovia:	Ponto:	Sentido:		Caderno nº:
Veículo: a) Passeio b) Caminhão c) Ônibus		Nº eixos:	a) nº Eixo	b) Categ. DNIT:
		Suspensão:		
1ª Parte da Pesquisa - Preferência Revelada				
1 - Sexo do motorista:		Masculino (M)	Feminino (F)	2 - Idade:
3 - Profissão:				
4 - Escolaridade:		a) Fundamental incompleto	b) Fundamental completo	c) Médio completo
		e) Superior incompleto	f) Superior completo	d) Médio incompleto
		g) Graduação além do ensino superior (pós, mestrado, etc)		
5 - Faixa de renda		a) Sem renda	b) R\$ 1.000,00	c) R\$ 2.000,00
		e) R\$ 7.000,00	f) R\$ 10.000,00	d) R\$ 4.000,00
		g) Outro valor: _____		
6 - Marca do veículo / Modelo:			7 - Ano de fabricação:	
8 - Combustível predominante:		a) Gasolina	b) Álcool	9 - km / litro (estimado):
		c) Diesel	d) Gás (GNV)	
10 - De quem é a propriedade do veículo?				
a) Próprio		b) Empresa	c) Alugado	d) Outro:
2ª Parte da Pesquisa - ORIGEM E DESTINO				
Nesta viagem em que você está realizando, qual é o local no qual você está vindo?				
11 - Estado de Origem:		12 - Município:		13 - Bairro ou Distrito de Origem:
Nesta viagem em que você está realizando, qual é o local no qual você está indo?				
14 - Estado de Destino:		15 - Município:		16 - Bairro ou Distrito de Destino:
17 - Qual o tempo estimado da viagem?			18 - Qual a distância estimada da viagem?	
19 - Se ÔNIBUS , realiza parada em alguma cidade? Qual (is)?				
20 - Se ÔNIBUS : a) Empresa de viagem: _____ b) Fretado: _____				
21 - Motivo da viagem				
a) Trabalho		b) A passeio (lazer) ou a visita a parentes	c) A negócios	d) Estudo
f) Saúde		g) Outros (especificar):		
22 - Frequência da Viagem				
a) Diária		b) 1 x por semana	c) 2 x por semana	d) 3 x por semana
f) 2 x por mês		g) Eventual	h) Outro: _____	
23 - Se CAMINHÃO :		Carga Plena <input type="checkbox"/>	Meia Carga <input type="checkbox"/>	Tipo de Carga:
Vazio (buscando carga) <input type="checkbox"/>		Vazio (retornando) <input type="checkbox"/>	Vazio (outro) <input type="checkbox"/>	Grãos <input type="checkbox"/>
				Minério <input type="checkbox"/>
				Alimentos <input type="checkbox"/>
				Animal <input type="checkbox"/>
				Madeira <input type="checkbox"/>
				Cegonha <input type="checkbox"/>
				Outro: _____
Se CAMINHÃO :		Tara (T) kg: _____		Líquido (L) kg: _____
24 - Nas situações em que tem que pagar pedágio, quem é o responsável pelo pagamento?				
a) Você ou sua família / amigos		b) Empresa		
25 - Utiliza algum serviço automatizado de pagamento de Pedágio (Sem Parar , Auto Expresso, ConectCar e etc)				
a) SIM		b) NÃO		
26 - Na hipótese de implantação de Pedágio na Rodovia, você utilizaria pagamento eletrônico automatizado?				
a) SIM		b) NÃO (por quê?)	c) TALVEZ	
27 - Numa escala de 1 a 10 (onde 1 equivale a NÃO MIGRARIA DE FORMA ALGUMA e 10 equivale a MIGRARIA), qual a sua ACEITAÇÃO para mudar a forma de pagamento MANUAL para AUTOMATIZADO do pedágio: _____				
3ª Parte da Pesquisa - Preferência Declarada				
Respostas das Perguntas: 1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____ 5: _____ 6: _____				
USO DO COORDENADOR : Formulário Válido <input type="checkbox"/> Inválido <input type="checkbox"/>				

Figura 18: Formulário de entrevistas

Para coerência nos resultados das entrevistas é importante além do apoio policial, que os pesquisadores estejam bem treinados e que as pesquisas ocorram nas mesmas seções em que foram realizadas as contagens classificadas de veículos. Como já citado, segurança também é um procedimento importante que deve ser seguido, por isso as abordagens acontecem sempre em locais que tenham o espaço suficiente para estacionamento adequado dos veículos e segurança dos pesquisadores.

Os pontos selecionados para as entrevistas OD em 2019 estão apresentados a seguir e identificados na Figura 19.

- Ponto OD01: Seção da BR-316 em Castanhal;
- Ponto OD02: Pesquisa na Balsa de Travessia em Bujaru;
- Ponto OD03: Seção da BR-316 em Ananindeua;
- Ponto OD04: Seção da Alça Viária do Pará;
- Ponto OD05: Seção da PA-252 entre PA-151 e Acesso a Moju;
- Ponto OD06: Seção da BR-010 nas proximidades de Mãe do Rio;
- Ponto OD07: Seção da PA-150 em Morada Nova, Marabá.

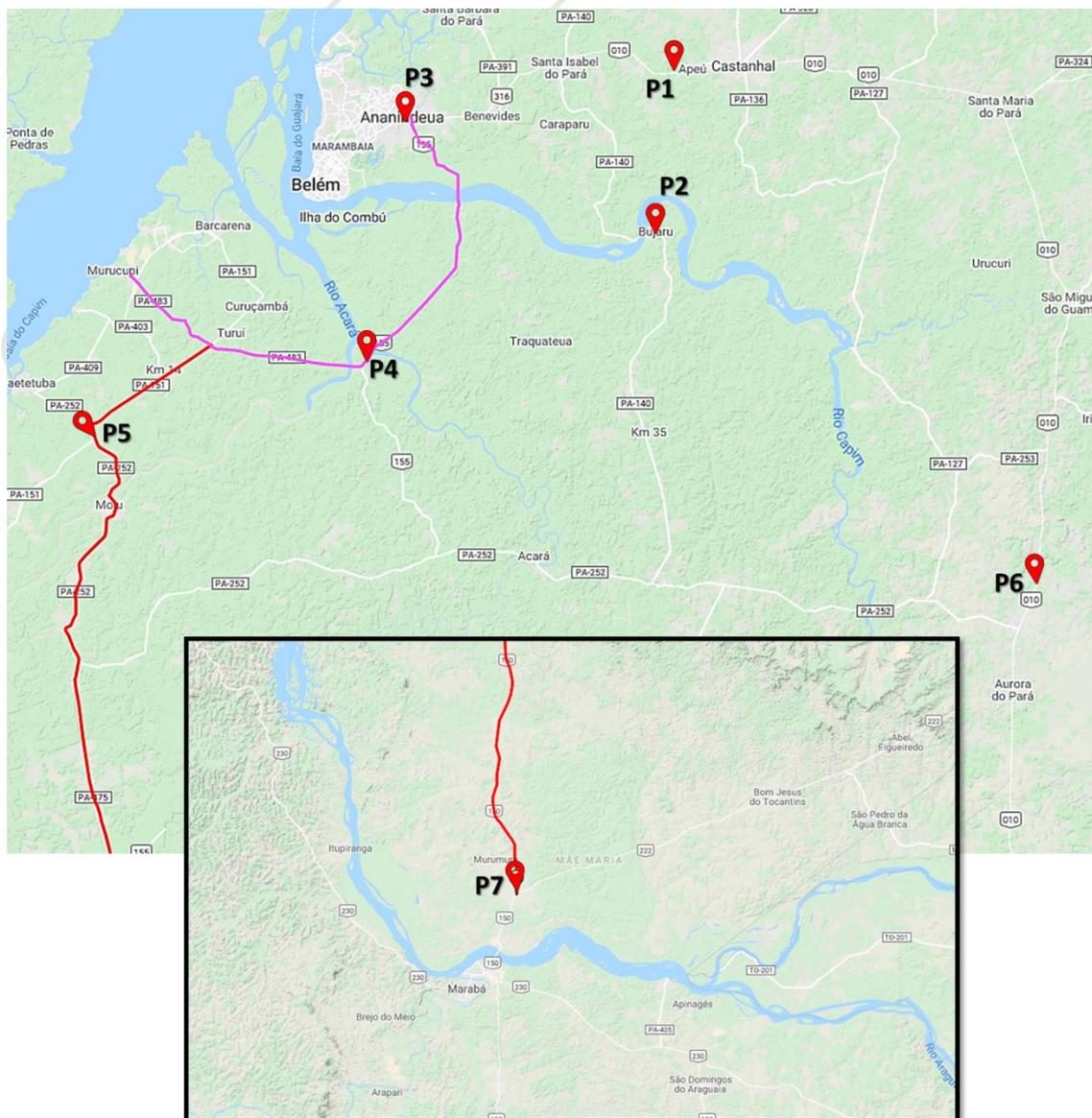


Figura 19: Pontos de Entrevistas da Pesquisa Origem e Destino

Os veículos foram abordados nos dois sentidos da via, seguindo a mesma orientação da contagem classificada de veículos.

Para cada ponto de pesquisa foram considerados 4 pesquisadores, sendo 2 para cada sentido da rodovia, realizando a entrevista de carros (veículos leves) e caminhões (veículos pesados) por um período de 4 dias consecutivos.

De forma geral os pesquisadores responsáveis pela entrevista realizavam dois turnos de 4 horas de trabalho, devido a limitação de 8h/dia da polícia de apoio local, assim as pesquisas tiveram duração limitada a 8 horas diárias entre 8h00min - 12h00min e posteriormente entre 14h00min e 18h00min. No entanto, focou-se em obter a amostra mínima de pesquisas válidas para garantir 95% de confiança. Nas figuras seguintes estão alguns registros realizados durante a realização da pesquisa OD / PD.



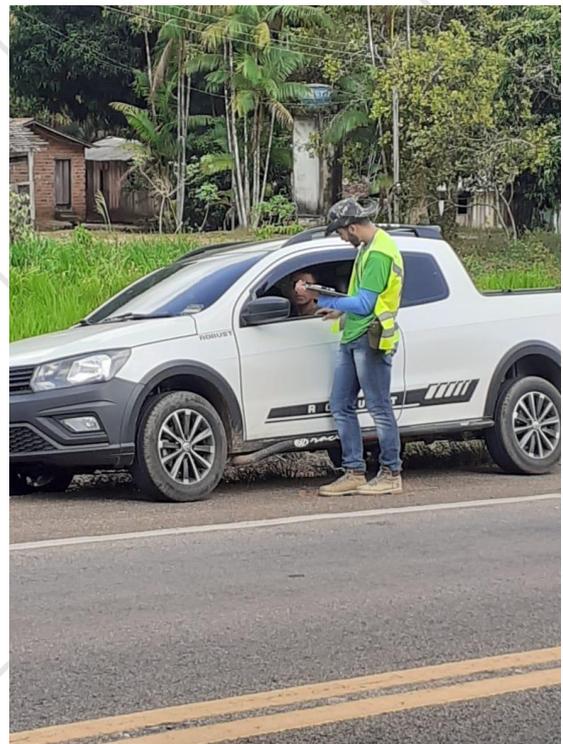
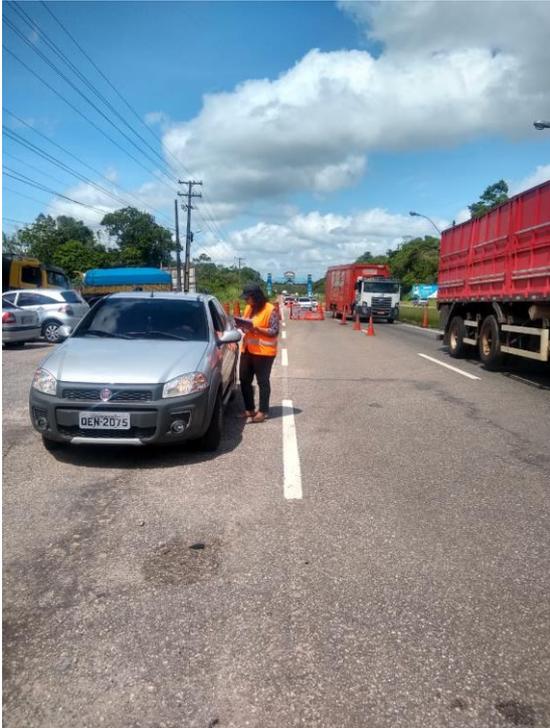


Figura 20: Pesquisa OD / PD em andamento

4.1.3 Pesquisa de preferência declarada

As pesquisas de preferência declarada são utilizadas frequentemente por planejadores de transporte para prever o impacto na demanda de viagens das políticas de transporte como, por exemplo, a introdução de um novo modo de transporte, a mudança nas tarifas de transporte público ou a implantação de sistemas de cobrança viários. As pesquisas tradicionais de preferência declarada são baseadas na resposta de indivíduos sobre suas preferências em situações hipotéticas, em que uma função de utilidade é estimada. A partir dessa função é possível prever o comportamento dos respondentes assim como determinar os valores monetários de atributos contidos nesta função (FUJII; GARLING, 2003).

Os métodos de Preferência Declarada (PD) mais conhecidos são: *conjoint analysis* (análise conjunta, normalmente, a mais utilizada), medida funcional, análise *trade-off* e método *transfer price* (HAIR JR. *et al.*, 2005).

Nas técnicas de análise conjunta, o pesquisador elabora um conjunto de alternativas (hipotéticas ou não), as quais são representadas por um grupo de atributos com valores diferentes, de maneira que o efeito individual de cada atributo possa ser estimado. Isto é possível com a elaboração de um projeto experimental que assegure que as variações nos atributos em cada grupo sejam estatisticamente independentes dos outros.

Segundo Hensher (1994), existem três formas para o tomador de decisão refletir sobre suas preferências: *ranking*, *rating* e *choice*. Um experimento do tipo *ranking* parte do princípio de que o tomador de decisão tem capacidade de ordenar as alternativas de acordo com suas preferências. No experimento do tipo *rating* o analista avalia as suas escolhas por meio de notas dadas às alternativas. Já no experimento do tipo ***choice*** ou ***pairwise choice***, que foi o método utilizado neste trabalho, a escolha é feita por meio de uma comparação de duas alternativas. A vantagem do experimento do tipo *choice* está na simplicidade com a qual as alternativas são apresentadas aos respondentes, o que facilita o processo de escolha. Por este motivo, esta pesquisa utilizou o método ***choice***.

A pesquisa de Preferência Declarada fornece os subsídios para calibração do modelo Logit referente ao preço do pedágio que o usuário da via está disposto a pagar.

Para lograr êxito na calibração dos modelos, foram desenvolvidos dois tipos de pesquisa, Tipo A e Tipo B com as finalidades apresentadas em seguinte:

Tipo A: Nesta pesquisa foi apresentada para o usuário a opção de pagar o pedágio em uma rodovia em que aumentará a distância do percurso, porém diminuirá o tempo do trajeto. Nesta pesquisa a rodovia

pedagiada é pista simples devidamente sinalizada a ainda conta com serviço de atendimento ao usuário, guincho e ambulância.

A figura seguinte é um exemplo de pergunta da pesquisa Tipo A.

PERGUNTA 1

Qual das alternativas abaixo você escolheria?

A

Rodovia sem pedágio



B

Custo Pedágio	
Automóvel	R\$ 3,00
2 Eixos	R\$ 6,00
3 Eixos	R\$ 9,00
4 Eixos	R\$ 12,00
5 Eixos	R\$ 15,00
6 Eixos	R\$ 18,00

Aumento do trajeto + 10 km

Economia de tempo -15 min





Figura 21: Exemplo de pergunta Tipo A

Tipo B: Nesta pesquisa foi apresentada para o usuário a opção de pagar o pedágio em uma rodovia de pista simples devidamente sinalizada a ainda com serviço de atendimento ao usuário, guincho e ambulância ou trafegar em uma rodovia com pavimento regular (sem sinalização) e que gastará um tempo maior de deslocamento, sem pedágio.

O objetivo da pesquisa do Tipo B foi encontrar a tarifa ótima frente a opção do usuário de passar por uma rodovia sem pedágio, mas que terá um tempo maior de deslocamento.

Esse tipo de pesquisa foi aplicado nas demais rodovias de estudo. A figura seguinte é um exemplo de pergunta da pesquisa Tipo B.

PERGUNTA 1

Qual das alternativas abaixo você escolheria?

A	<p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Rodovia sem pedágio</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Acréscimo de tempo +60 min</p>													
B	<p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Custo Pedágio</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Automóvel</td><td>R\$ 9,00</td></tr> <tr><td>2 Eixos</td><td>R\$ 18,00</td></tr> <tr><td>3 Eixos</td><td>R\$ 27,00</td></tr> <tr><td>4 Eixos</td><td>R\$ 36,00</td></tr> <tr><td>5 Eixos</td><td>R\$ 45,00</td></tr> <tr><td>6 Eixos</td><td>R\$ 54,00</td></tr> </table>	Automóvel	R\$ 9,00	2 Eixos	R\$ 18,00	3 Eixos	R\$ 27,00	4 Eixos	R\$ 36,00	5 Eixos	R\$ 45,00	6 Eixos	R\$ 54,00	 
Automóvel	R\$ 9,00													
2 Eixos	R\$ 18,00													
3 Eixos	R\$ 27,00													
4 Eixos	R\$ 36,00													
5 Eixos	R\$ 45,00													
6 Eixos	R\$ 54,00													

Figura 22: Exemplo de Pesquisa Tipo B

A técnica utilizada para elaboração dos cadernos de pesquisa foi o Experimento Fatorial Completo (*Full Factorial Design*), utilizando o *software* MiniTab, em que o experimento dos fatores nos diferentes níveis resultou em 18 possíveis combinações, para as pesquisas Tipo A e Tipo B.

Para compor a pesquisa, foram considerados diferentes níveis, variações, dos atributos pesquisados, conforme apresentado nas Tabelas a seguir.

- Níveis e Atributos – Tipo A

Tabela 6: Níveis e Atributos Pesquisa Tipo A

Velocidade na Rodovia pedagiada	Distância a mais na rodovia pedagiada	Pedágio
60 km/h	10 km	R\$ 3,00
70 km/h	20 km	R\$ 6,00
80 km/h	-	R\$ 9,00

- Níveis e Atributos – Tipo B

Tabela 7: Níveis e atributos pesquisa Tipo B

Tarifas	Serviço	Tempo adicional
R\$ 3,00	Ambulância e Guincho	30 min
R\$ 6,00	Ambulância	45 min
R\$ 9,00	-	60 min

Segundo Senna e Michel (2000), o número máximo de exposições que uma mesma pessoa está disposta a responder são 10 questões, neste sentido, cada caderno foi montado com 6 perguntas. As combinações estão apresentadas nas tabelas seguintes. No caso dos veículos comerciais, o preço na pesquisa foi discriminado por eixo.

Nos tópicos seguintes são apresentadas as divisões por cadernos das pesquisas Tipo A e Tipo B

- Modelagem cadernos Tipo A

Tabela 8: Montagem dos cadernos pesquisa Tipo A

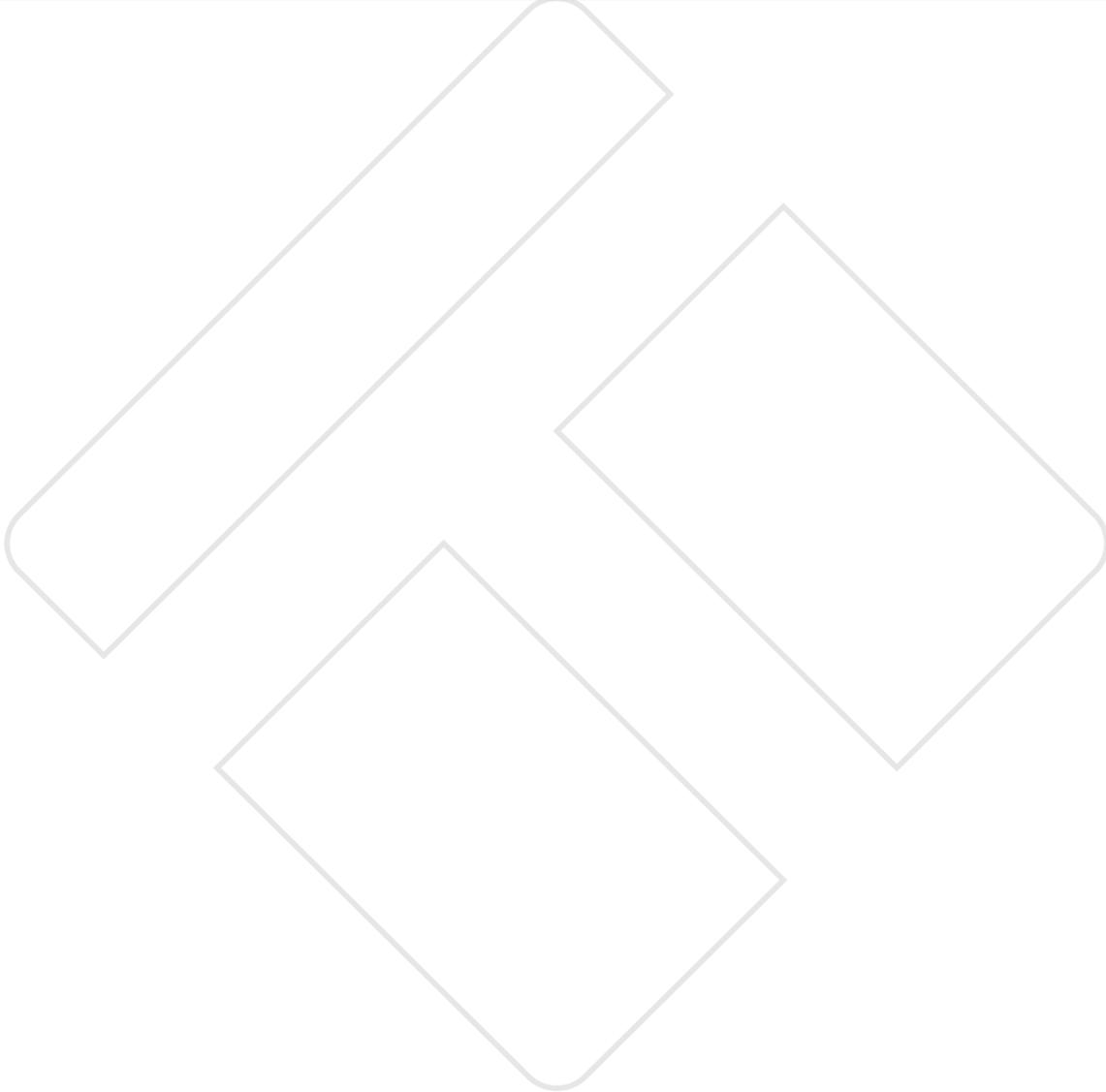
Caderno	Pergunta	Economia de tempo	Distâncias a mais	Pedágios
1	1	15	10	R\$ 9,00
1	2	30	20	R\$ 6,00
1	3	35	10	R\$ 9,00
1	4	25	10	R\$ 6,00
1	5	5	20	R\$ 6,00
1	6	15	10	R\$ 3,00
2	1	30	20	R\$ 9,00
2	2	20	20	R\$ 6,00
2	3	25	10	R\$ 9,00
2	4	35	10	R\$ 3,00
2	5	5	20	R\$ 9,00
2	6	30	20	R\$ 3,00
3	1	20	20	R\$ 9,00
3	2	25	10	R\$ 3,00
3	3	35	10	R\$ 6,00
3	4	5	20	R\$ 3,00
3	5	15	10	R\$ 6,00
3	6	20	20	R\$ 3,00

- Modelagem cadernos Tipo B

Tabela 9: Montagem dos cadernos pesquisa Tipo B

Caderno	Pergunta	Tarifas	Serviço	Tempo adicional
1	1	R\$ 9,00	Ambulância e Guincho	60 min
1	2	R\$ 6,00	Ambulância	45 min
1	3	R\$ 3,00	Ambulância	30 min
1	4	R\$ 9,00	Ambulância e Guincho	45 min
1	5	R\$ 6,00	Ambulância	30 min
1	6	R\$ 3,00	Ambulância e Guincho	60 min
2	1	R\$ 9,00	Ambulância	60 min
2	2	R\$ 6,00	Ambulância e Guincho	30 min
2	3	R\$ 9,00	Ambulância	30 min

2	4	R\$	3,00	Ambulância e Guincho	45 min
2	5	R\$	6,00	Ambulância e Guincho	45 min
2	6	R\$	3,00	Ambulância	60 min
3	1	R\$	9,00	Ambulância e Guincho	30 min
3	2	R\$	6,00	Ambulância	60 min
3	3	R\$	6,00	Ambulância e Guincho	60 min
3	4	R\$	9,00	Ambulância	45 min
3	5	R\$	3,00	Ambulância	45 min
3	6	R\$	3,00	Ambulância e Guincho	30 min



4.2 PROCESSAMENTO DAS PESQUISAS

4.2.1 Obtenção do VDM (Volume Médio Diário)

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

Esse volume, que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via, é usado 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, dentre outros.

No entanto, pode ocorrer a situação em que o volume pesquisado seja diferente do volume normal da rodovia. Tal fato pode ser verificado devido a *N* fatores como por exemplo, realização das contagens em mês de férias, período de manifestações e/ou paralisações nas rodovias, feriados prolongados em determinadas regiões, rodovias de veraneio e afins.

Dito isso, faz-se mister a correção do tráfego (VDM) para se equiparar com o tráfego natural da região/trecho, essa correção está denominada neste relatório como “Fator de Sazonalidade”.

O gráfico a seguir ilustra uma situação onde é possível perceber a variação do VDM em relação ao Volume Médio Diário Anual (VDMA).

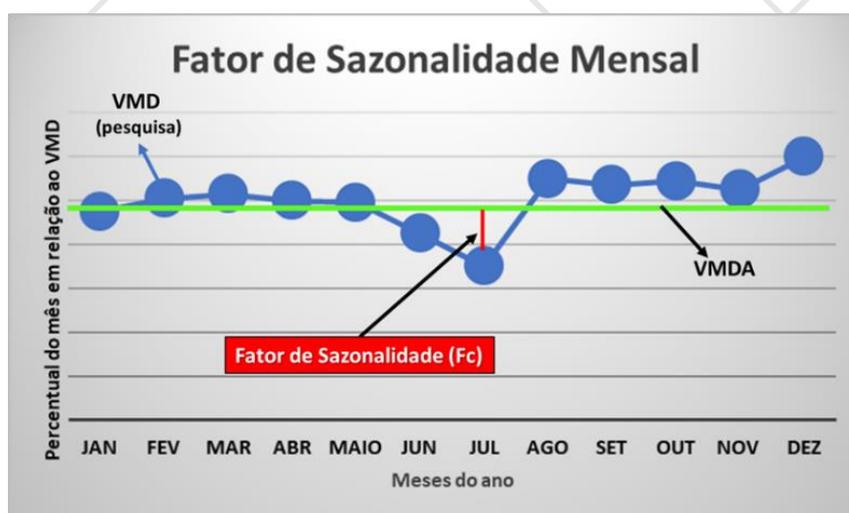


Figura 23: Ilustração do Fator de Sazonalidade Mensal

Neste caso exemplificado no gráfico, o VDM de pesquisa foi ligeiramente maior que o volume médio anual, assim o fator de sazonalidade tende a reduzir o volume de modo a se igualar com a média.

Para correção sazonal dos volumes obtidos a partir da média dos dias das contagens de tráfego de cada posto, denominado VDM, é necessário a utilização de outros dados secundários de contagem de tráfego (séries históricas) que tenham sido efetivamente contados, ao longo do ano, para se chegar ao fator de correção (Fc).

Para obter o Fc, o cenário ideal seria a existência de contagens anuais, semelhante ao PNCT (Plano Nacional de Contagem de Trânsito) nos trechos ou próximos dos postos de aferição do estudo em questão, o que não foi possível. Todavia, existem dois equipamentos do DNIT instalados na região de interesse e que são adequados para representar o Fc.

Os equipamentos de contagem contínua utilizados estão localizados na BR-010 nas proximidades de Ipixuna do Pará/PA e na BR-155 em Marabá/PA. Para as pesquisas de 2021, os dados deste último ponto foram utilizados. Na Tabela 10 a seguir estão dispostos os dados do VDM em relação à média, por pista e por tipo de veículo, com detalhe para os meses de outubro e novembro (meses de realização das pesquisas).

Tabela 10: Fatores de Correção Sazonal (Fc)

Fator de Correção (Fc) Sazonal				
BR-010 km 232				
Sentido	Norte		Sul	
Tipo	Leves	Pesados	Leves	Pesados
Jan	1,01	0,85	1,12	0,85
Fev	0,95	0,90	0,94	0,88
Mar	0,85	0,93	0,90	0,91
Abr	0,93	0,99	0,95	0,96
Mai	0,89	1,12	0,96	1,11
Jun	0,91	1,09	0,94	1,10
Jul	1,17	1,10	1,16	1,16
Ago	1,03	1,03	0,92	1,08
Set	1,02	1,02	0,97	0,98
Out	1,02	1,00	1,03	0,97
Nov	1,01	1,06	0,99	1,02
Dez	1,23	0,91	1,12	0,99

Fator de Correção (Fc) Sazonal				
BR-155 km 336				
Sentido	Sul		Norte	
Tipo	Leves	Pesados	Leves	Pesados
Jan	0,99	0,93	1,12	0,96
Fev	0,99	0,96	0,98	1,01
Mar	0,98	0,98	0,97	1,02
Abr	0,94	1,01	0,92	1,01
Mai	0,96	0,98	0,95	0,99
Jun	0,94	1,04	0,93	1,04
Jul	1,19	1,05	1,17	1,04
Ago	0,96	1,03	1,01	1,01
Set	0,98	1,04	0,97	0,99
Out	0,97	0,99	0,98	0,97
Nov	0,93	1,00	0,93	0,97
Dez	1,19	1,00	1,06	0,99

Conforme exposto nas tabelas, os meses de pesquisa apresentaram dois cenários distintos, um com o tráfego acima da média anual e o outro com o volume abaixo da média anual. Nos gráficos a seguir pode-se avaliar a curva de sazonalidade obtidas com o uso dos dados do DNIT.

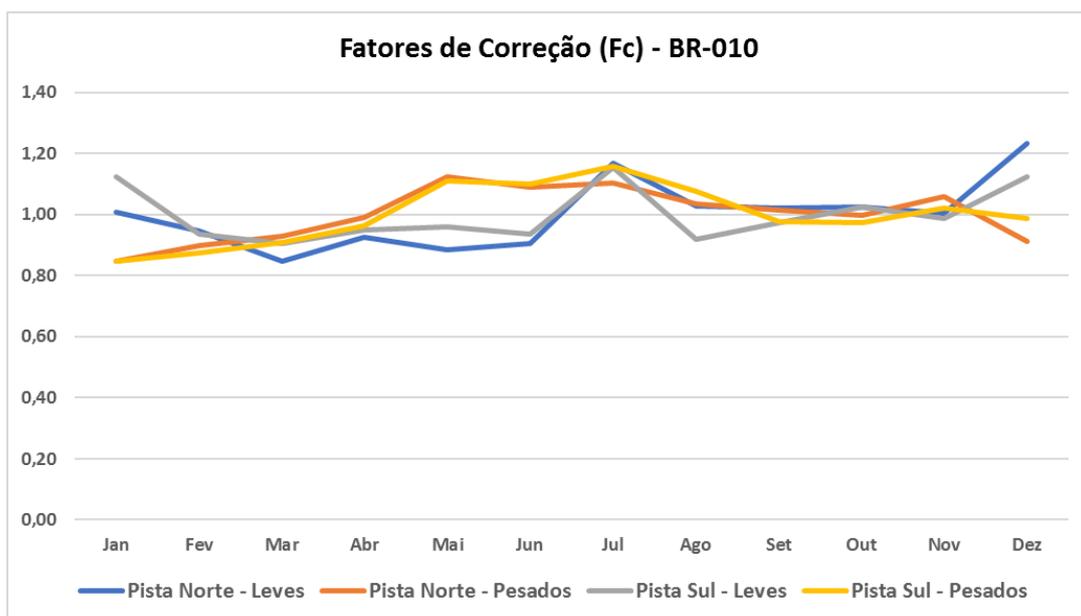


Figura 24: Comportamento mensal do tráfego - BR-010

Nota-se que para este posto de contagem os meses de maior variação foram julho e dezembro, para veículos leves enquanto para os pesados, o mês de maio.

Na figura adiante, da rodovia BR-155 em Marabá, os meses que se desprendem da média são também os meses de julho e dezembro (veículos leves). Para veículos comerciais a variação é ligeiramente maior em junho/julho.

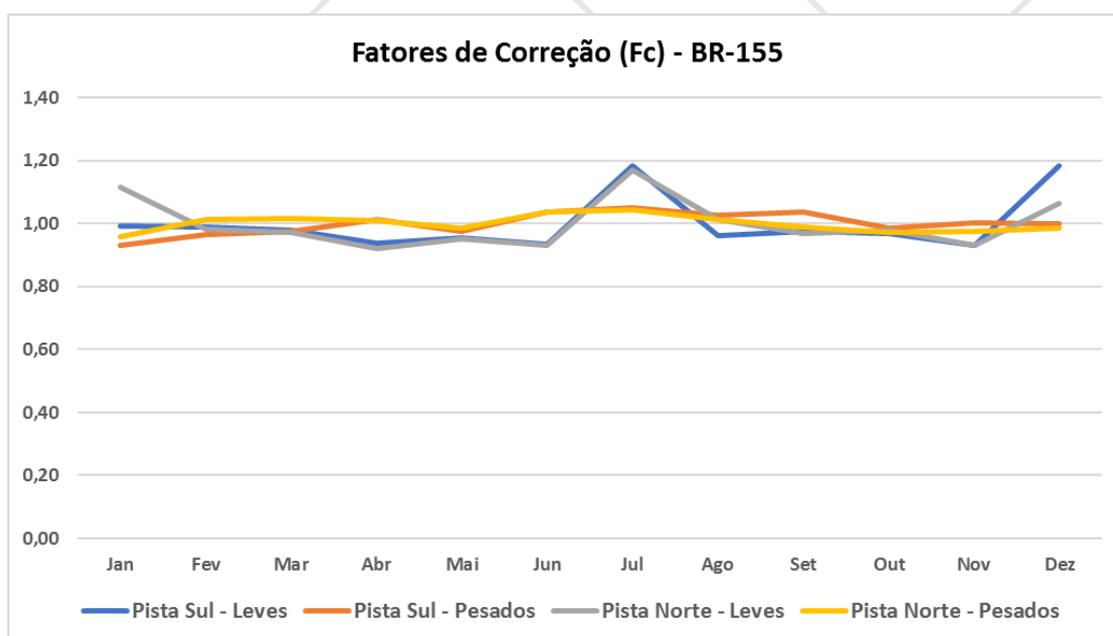


Figura 25: Comportamento mensal do tráfego - BR-155

De posse dos fatores de correção sazonal procede-se, portanto, com a vinculação de cada um dos postos de pesquisa ao ponto de contagem continua mais adequado (no que diz respeito à localização) e a partir daí faz-se a correção do VDM para VDMA da seguinte forma:

$$VMDA = \frac{VMD}{F_c}$$

Onde:

VDMA = Volume Médio Diário Anual

VDM = Volume Médio Diário (média contagem)

Fc = Fator de correção



4.2.2 Obtenção do VHP (volume horário de projeto)

As avaliações de Nível de Serviço devem ser realizadas para a 50ª hora de maior volume de tráfego, conforme recomendações do DNIT.

De acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, quando se dispõe de contagens horárias contínuas de uma rodovia que abranjam um período de um ano inteiro, pode-se determinar o volume horário a ser usado no projeto através do critério denominado “curva da enésima hora”. Essa curva consiste na ordenação decrescente de todos os volumes horários anuais, expressos em porcentagem do Volume Médio Diário (VDM), designado como fator K.

Deste modo, adotou-se o fator K 50 para determinação do Volume Horário de Projeto (VHP).

No entanto, como as rodovias em questão não possuem contagens horárias contínuas durante o período de um ano para que fosse possível determinar por meio do gráfico da relação entre a hora e o volume horário de tráfego.

Assim, o fator K 50 adotado foi o disponível no site do DNIT – PNCT (Plano Nacional de Contagem de Tráfego) da BR-155/PA no km 336, localizado na cidade de Marabá, conforme apresentado na Figura 26.

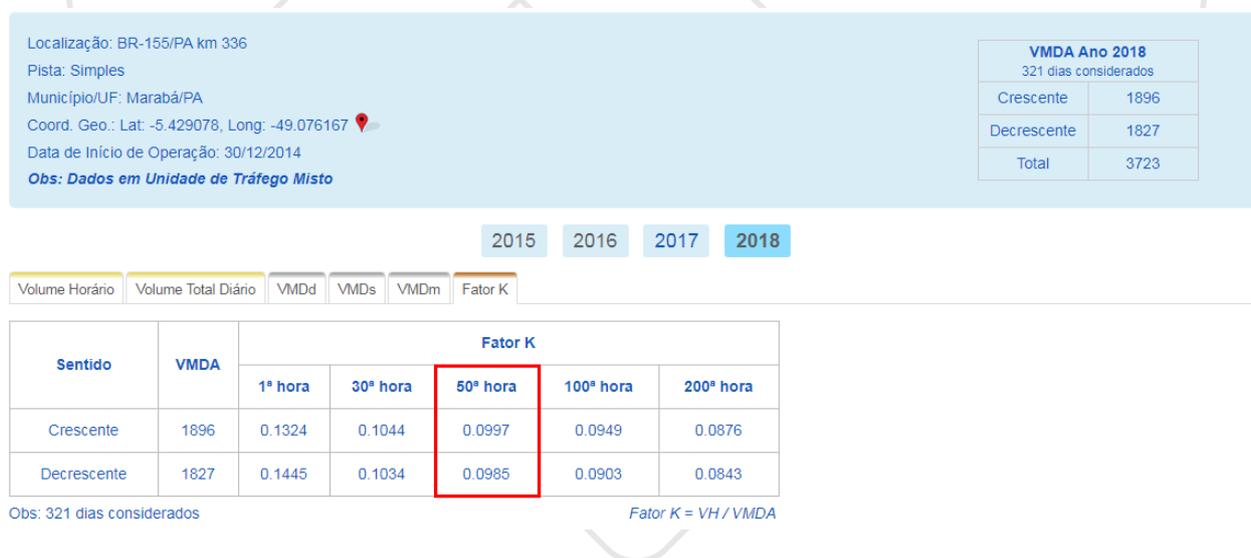


Figura 26: Fator K 50ª hora

O fator K adotado, portanto será de 9,97% para a pista no sentido crescente da quilometragem e 9,85% para a pista decrescente.

4.3 OBTENÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO

Uma das principais etapas de um estudo de projeção de tráfego é, sem dúvida, a determinação da quantidade de deslocamentos que são realizados entre as diversas zonas de tráfego (ZT's), isto é, locais geográficos de origem e/ou destino de uma viagem.

Via de regra, as matrizes expressam o número de viagens entre uma determinada zona de origem para uma determinada zona de destino, daí o nome “matriz OD”, e o total de viagens é obtido a partir das entrevistas que são realizadas em campo, por meio da pesquisa OD.

Como já exposto em capítulos anteriores, foram realizadas pesquisa de Origem e Destino em 6 postos da rodovias em questão e em um ponto na BR-010 conforme apresentado na Figura 19.

Logo, para obtenção das matrizes Origem e Destino foi necessário realizar tratamentos dos dados para cada ponto, estratificando-se os dados pelas categorias dos veículos e por sentido para a correta expansão com base no VDM. As categorias de veículos analisadas foram veículos leves, veículos comerciais leves (pesados com até 4 eixos) e veículos comerciais pesados (a partir de 5 eixos).

A obtenção de matrizes individuais por ponto é necessária para eliminação de pares coincidentes, ou seja, um mesmo par OD ser registrado em pontos diferentes de pesquisa.

Tal procedimento de obtenção das matrizes separadamente por ponto, se faz necessária pelos motivos expostos abaixo:

- Expansão das amostras com base no VDM do trecho e por sentido.
- A expansão da matriz OD das amostras foi feita considerando o seguinte cálculo:

$$V_{i-j} = \frac{\sum \text{Frequência}_{i-j} \times \text{VMD}}{\sum \text{Frequência}_{OD}}$$

Onde:

$\sum \text{Frequência}_{i-j}$ = Somatório do peso das frequências de uma determinada viagem i-j;

VDM = Volume Médio Diário do sentido e do trecho analisado;

$\sum \text{Frequência}_{OD}$ = Somatório do peso das frequências de toda a matriz.

O peso da frequência das viagens foi determinado conforme tabela seguinte:

Tabela 11: Peso da frequência das viagens

Frequência da viagem	Peso
Diária	1
1 x por semana (1/7 dias)	0,142857
2 x por semana (2/7 dias)	0,285714
3 x por semana (3/7 dias)	0,428571
1 x por mês (1/30 dias)	0,033333
2 x por mês (2/30 dias)	0,066667
Eventual (1/90 dias e frequências menores)	0,01

A matriz expandida completa da rodovia se encontra em capítulos posteriores.

É importante destacar que as origens e os destinos utilizados para a criação das matrizes OD seguiram a seguinte lógica:

- Primeiro nível: municípios do estado do Pará;
- Segundo nível: demais estados da federação segundo classificação do IBGE.

4.4 CALIBRAÇÕES DO MODELO LOGIT

O modelo de regressão logística é semelhante ao modelo de regressão linear. No entanto, no modelo logístico a variável resposta Y_i é binária. Uma variável binária assume dois valores, como por exemplo, $Y_i = 0$ e $Y_i = 1$ denominados "fracasso" e "sucesso", respectivamente. No presente estudo, "sucesso" é a **adesão ao pedágio**.

No modelo linear temos:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$$

A variável resposta Y tem distribuição Bernoulli $(1, \pi)$, com probabilidade de sucesso $P(Y_i = 1) = \pi_i$ e de fracasso $P(Y_i = 0) = 1 - \pi_i$. Desta forma:

$$P(Y_i) = \pi_i$$

Igualando-se os valores de Y_i , temos:

$$\pi_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$$

Muitas funções foram propostas para a análise de variáveis com respostas dicotômicas. Dentre elas a mais simples é a que dá origem ao modelo logístico. Do ponto de vista estatístico este modelo é bastante flexível e de fácil interpretação.

Um modelo de regressão logística pode ser usado para o caso de regressão com uma variável ou mais variáveis explicativas.

Suponha uma amostra de n observações independentes da terna $(x_i, m_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n$, sendo que:

x_i é o valor da variável explicativa;

m_i é a quantidade de itens verificados na amostra (número de ensaios);

y_i número de ocorrência de um evento (exemplo: quantidade de peças não conforme) em m_i ensaios; e

n é o tamanho da amostra.

Com isso, assume-se que a variável resposta tem distribuição de probabilidade binomial ($Y_i \sim B(m_i, \pi_i)$), tal que:

$$P[Y_i = y_i] = \binom{m_i}{y_i} \pi_i^{y_i} (1 - \pi_i)^{m_i - y_i}.$$

Para adequar a resposta média ao modelo linear usamos a função de ligação:

$$\pi(x_i) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p}}, i = 1, \dots, n$$

Onde β_i são os parâmetros estimados do modelo.

A transformação que está por trás do modelo logístico é a chamada transformação *Logit*. É uma função linear nos parâmetros β , contínua e que pode variar de $-\infty$ a $+\infty$:

$$\text{logit}(x) = \ln\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$$

Hosmer e Lemeshow (1989 *apud* Bittencourt, 2003) dizem que há pelo menos duas razões para utilização do modelo logístico na análise de variáveis-resposta dicotômicas: 1) de um ponto de vista matemático, é extremamente flexível e fácil de ser utilizado; 2) permite uma interpretação de resultados bastante rica e direta.

Conforme Bittencourt (2003), a Figura 27 apresenta a função logística com o seu característico formato em 'S' e a relação linear entre uma única variável x e o Logit $g(x)$.

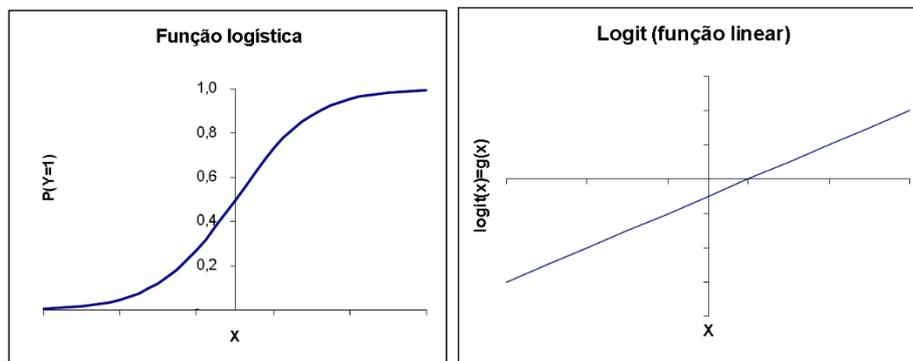


Figura 27: Função logística e a relação logística

O objetivo da calibração do modelo Logit para este trabalho é obter, por meio das pesquisas de preferência declarada, os percentuais de adesão dos usuários da rodovia por meio da análise comparativa entre duas possibilidades de rota: Pedagiada e Não pedagiada, frente a avaliação de fatores como:

- Preço do pedágio – Variável Quantitativa contínua;
- Condição da via pedagiada – Variável qualitativa nominal;
- Tempo adicional no desvio - Variável Quantitativa contínua;
- Condição da rota de desvio – Variável qualitativa nominal;

No processo de calibração dos modelos, para que fosse obtido uma equação válida, foram eliminados da modelagem os usuários inelásticos, ilógicos e cansados conforme descrições seguintes:

- **Inelásticos:** Que respondiam tudo A ou tudo B, ou seja, que eram indiferentes a implantação ou não do pedágio;
- **Ilógicos:** Basicamente foram descartados os usuários de extremos, ou seja, que pagavam R\$ 10,00 no pedágio, mas que faziam um desvio quando o pedágio era de R\$ 2,00;
- **Cansados:** Foram considerados usuários cansados aqueles que respondiam as 2 primeiras perguntas com variação, ou seja, analisando os critérios apresentados no caderno e da 3ª pergunta em diante respondiam uma mesma resposta;
- **Empresa:** Foram descartados também aqueles em que a empresa era responsável pelo pagamento;

É válido mencionar também, que nos cálculos de adesão dos usuários, são eliminadas as perguntas que possuem adesão total (100%) ou nenhuma adesão (0%) uma vez que:

$$\Delta U = \text{Ln} \left(\frac{1}{\text{Prob}_A} - 1 \right)$$

Se $Prob_A$ é igual a 100% (1) tem-se o resultado igual a 0 e \ln de 0 não existe e no caso de $Prob_A$ igual a 0, não é possível efetuar divisão por zero, então não é possível calcular.

Para avaliação da qualidade do modelo obtido por meio de regressão, são avaliados alguns parâmetros descritos a seguir:

- Coeficiente de correlação (R múltiplo ou r Pearson): Mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com valores situados entre -1,0 e 1,0. Segundo Freitas (2009) o valor do r de Pearson acima de 0,70 (positivo ou negativo) indica uma forte correlação, de 0,30 a 0,70 (positivo ou negativo) indica correlação moderada e, de 0 a 0,30 (positivo ou negativo), fraca correlação.
- Coeficiente de determinação (R^2): Indica a proporção da variação de Y que é explicada pela regressão. O valor de R^2 varia no intervalo de 0 a 1. Valores próximos de 1 indicam que o modelo proposto é adequado para descrever o fenômeno;
- Erro-padrão de estimativa: É calculado a partir da raiz quadrada da variância residual (S^2) podendo ser considerado como um desvio padrão que mede a dispersão em torno da reta de regressão.

Além da análise dos parâmetros apresentados, devem ser realizados testes de hipótese que de acordo com Queiroz (2011) são realizados a fim de determinar se hipóteses feitas sobre estes parâmetros são suportadas por evidências obtidas a partir de dados amostrais.

Para avaliação do modelo obtido foi aplicado o teste T com a distribuição t de Student de significância dos coeficientes e o teste F com a distribuição Snedecor para avaliação de significância do modelo.

- Teste T: Em um modelo de regressão, é feita a inferência sobre os coeficientes para se ter a verificação da existência ou não da associação entre as variáveis envolvidas dado um nível de confiança α (95%). Como hipótese nula tem-se $H_0: b = 0$ e hipótese alternativa tem-se $H_1: b \neq 0$. O critério de rejeição da hipótese nula é se T calculado da regressão for maior que o valor de t (tabelado) para n-2 graus de liberdade (em que n representa o número de observações) e se o P-valor associado ao teste for menor do que α .
- Teste F: Do mesmo modo como o teste T, como hipótese nula tem-se $H_0: b = 0$ e hipótese alternativa tem-se $H_1: b \neq 0$. Se não rejeitamos H_0 , concluímos que não existe relação significativa entre as variáveis explicativa (X) e dependente (Y).
- Os coeficientes estimados são também submetidos as análises de intervalo de confiança (IC95%) em que os parâmetros devem estar contidos neste intervalo.

- Por fim, conforme Rodrigues (2007), uma outra forma também para avaliação de modelos calibrados é aplicá-los aos próprios objetos/dados de estudo, adotando-se assim a metodologia do erro médio absoluto percentual, que pode ser obtido pela equação a seguir:

$$E_{ma}\% = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_{ci} - X_{ri}|}{X_{ri}}}{n} \times 100\%$$

Onde:

$E_{ma}\%$ = erro médio absoluto percentual;

X_{ri} = Medida real;

X_{ci} = Medida obtida a partir do modelo calibrado;

n = total de observações

4.5 CENÁRIOS DE ALTERAÇÃO DA DEMANDA

Para realização deste estudo e devido a amarrações da cobrança de pedágio x obras e ainda as incertezas do cenário econômico, vários cenários foram avaliados. Eles estão apresentados a seguir. Todos os cenários partiram do cenário **Base** (vide item 3.1), variando as taxas de crescimento de tráfego conforme explanado adiante.

4.5.1 Expansão do Tráfego Anual

É sabido que ao passar dos anos o tráfego pode sofrer uma variação por, principalmente, dois motivos, simultâneos ou não. (1) Crescimento natural, ou conhecido também como crescimento vegetativo, o qual ocorre pelo simples desenvolvimento da economia nacional e regional. (2) Crescimento induzido por alguma intervenção na rodovia, seja obra de ampliação de capacidade, seja obra de melhoria de infraestrutura.

Diante disso, prever como o tráfego varia ao longo dos anos tem sido uma das tarefas mais complexas em estudos de projeção, sobretudo em tempos de crise e incertezas comerciais/econômicas, por esse motivo e devido à complexidade peculiar no que tange a projeção de tráfego das rodovias em questão. Em estudos de tráfego de modo geral adota-se a premissa de que o tráfego projetado varia de acordo com a flutuação do PIB.

- Cenário PIB-Brasil

Durante a elaboração das premissas de projeção desprezou-se o crescimento do tráfego induzido por melhorias associadas, dado que as vias em estudo já possuem tráfego consolidado.

Assim, definidas as taxas de crescimento em cada um dos cenários (que serão explanadas mais adiante) se procede com a expansão do tráfego através da seguinte equação:

$$Volume_{futuro} = Volume_{atual} \times (1 + taxa)^n$$

Onde n representa o ano futuro e $taxa$ corresponde ao valor de projeção a ser adotado para crescimento de acordo com os cenários supra.

4.5.1.1 Cenário PIB-Brasil

O cenário **PIB-Brasil** é o cenário que será considerado “padrão” do estudo de tráfego, logo, todas as análises de nível de serviço e número N serão desenvolvidas a partir dele. Já para a modelagem econômico-financeira serão avaliadas todas as possibilidades de receita entre os 5 cenários de projeção propostos.

Neste cenário os valores que foram adotados para o crescimento de tráfego foi de **1,85% a.a.** para veículos leves e comerciais a partir de 2023, conforme projeção emitida pelo relatório de mercado do Branco Central no relatório FOCUS que data de 17 de dezembro de 2021.

Mediana - Agregado	2021						2022						2023									
	Há 4 semanas	Há 1 semana	Hoje	Comp. semanal*	Resp. **	5 dias úteis	Resp. ***	Há 4 semanas	Há 1 semana	Hoje	Comp. semanal*	Resp. **	5 dias úteis	Resp. ***	Há 4 semanas	Há 1 semana	Hoje	Comp. semanal*	Resp. **	5 dias úteis	Resp. ***	
IPCA (variação %)	10,12	10,05	10,04	▼ (2)	134	10,03	49	4,96	5,02	5,03	▲ (1)	134	5,02	49	3,42	3,46	3,40	▼ (2)	117			
PIB Total (variação % sobre ano anterior)	4,80	4,65	4,58	▼ (10)	87	4,50	33	0,70	0,50	0,50	▲ (1)	85	0,50	33	2,00	1,90	1,85	▼ (3)	70			
Câmbio (R\$/US\$)	5,50	5,59	5,60	▲ (3)	108	5,61	38	5,50	5,55	5,57	▲ (1)	107	5,55	37	5,30	5,40	5,40	▲ (2)	83			
Selic (% a.a.)	9,25	-	-	-	-	-	-	11,25	11,50	11,50	▲ (1)	120	11,75	51	7,75	8,00	8,00	▲ (2)	105			

Figura 28: Projeção PIB-Brasil

A taxa de crescimento do PIB Nacional adotada foi de **1,85% a.a.** a partir de 2021 para leves e pesados. Visto que esta taxa já se apresenta relativamente baixa se comparada com o previsto em anos anteriores para o crescimento médio anual da economia brasileira nesta década, admitiu-se neste estudo a não necessidade de se estabelecer um cenário pessimista de crescimento da economia.

4.5.1.2 Cenário Outros Estudos

A consultora, avaliando outros estudos realizados em outros tempos para o mesmo trecho, encontrou taxas de crescimento de tráfego que variavam de 2,63% a.a. até 3,19% a.a.

As taxas encontradas durante as análises dos demais estudos eram de **3,05% a.a.** para automóveis e **2,67% a.a.** para veículos pesados (caminhões e ônibus).

4.5.1.3 Cenário Otimista – PELT-PA

Em outra análise, agora do Plano Estadual de Logística de Transporte do Pará, verificou-se algumas outras projeções mais otimistas, esperando um crescimento da ordem de **3,5% a.a.**

Portanto, além das taxas esperadas (cenário PIB Brasil) podem ser testadas tais taxas.

4.6 AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE SERVIÇO

A análise da capacidade e do nível de serviço em rodovias é um assunto muito recorrente em projetos de engenharia de tráfego. Internacionalmente, o método mais utilizado para isso é o trazido pelo Highway Capacity Manual (HCM). O HCM é desenvolvido pelo Transportation Research Board (TRB), nos Estados Unidos.

Nível de serviço é uma quantificação estratificada de medição de performance que representa a qualidade do serviço. Ele é influenciado por vários fatores como, por exemplo, o volume e a velocidade. O nível de serviço fornece uma medida de conforto do usuário e a liberdade de manobras ao utilizar a rodovia. Ele é designado por LOS, do inglês *Level Of Service*.

Os níveis de serviço definidos pelo HCM são 6: A, B, C, D, E e F. O limite entre os níveis de serviço E e F corresponde ao valor da capacidade da rodovia

Apesar do nível de serviço ser uma medida qualitativa, ele está associado a fatores de desempenho da via, podendo ainda ser feita uma relação aproximada com o fator demanda (volume) e capacidade (V/C).

A seguir são apresentadas as características de cada nível de serviço, que são ilustrados na Figura 29.

Nível de serviço A: Corresponde a uma situação de fluidez do tráfego, com baixo fluxo de tráfego e velocidades altas, somente limitadas pelas condições físicas da via. Os condutores não se veem forçados a manter determinada velocidade por causa de outros veículos.

Nível de serviço B: Corresponde a uma situação estável, em que não se produzem mudanças bruscas na velocidade, ainda que esta começa a ser condicionada por outros veículos. Os condutores podem manter velocidades razoáveis e em geral escolhem a faixa de tráfego por onde circulam. Os limites inferiores de velocidade e fluxo que definem este nível são análogos aos normalmente utilizados para o dimensionamento de vias rurais. A relação V/C se situa entre 0,35 e 0,5.

Nível de serviço C: Corresponde a uma circulação estável, mas a velocidade e a manobrabilidade estão consideravelmente condicionadas pelo resto do tráfego. As ultrapassagens e a troca de faixa são mais difíceis, mas as condições de circulação são ainda toleráveis. Os limites inferiores de velocidade e fluxo são análogos aos normalmente utilizados para o dimensionamento de vias urbanas. A relação V/C se situa entre 0,5 e 0,75.

Nível de serviço D: Corresponde a uma situação que começa a ser instável, quer dizer, em que se produzem trocas bruscas e imprevistas na velocidade e a manobrabilidade dos condutores está muito restringida pelo

resto do tráfego. Nesta situação, aumentos pequenos no fluxo obrigam a trocas importantes na velocidade. Ainda que a situação não seja cômoda, pode ser tolerada durante períodos não muito longos. A relação V/C situa-se entre 0,5 e 0,9.

Nível de serviço E: Supõe que o tráfego é próximo da capacidade da via e as velocidades são baixas. As paradas são frequentes, sendo instáveis e forçadas as condições de circulação. A relação V/C atinge o valor 1.

Nível de serviço F: O nível F corresponde à situação de congestionamento, quando a demanda excede a capacidade da rodovia. A circulação é muito forçada, com velocidades muito baixas e formação de filas.

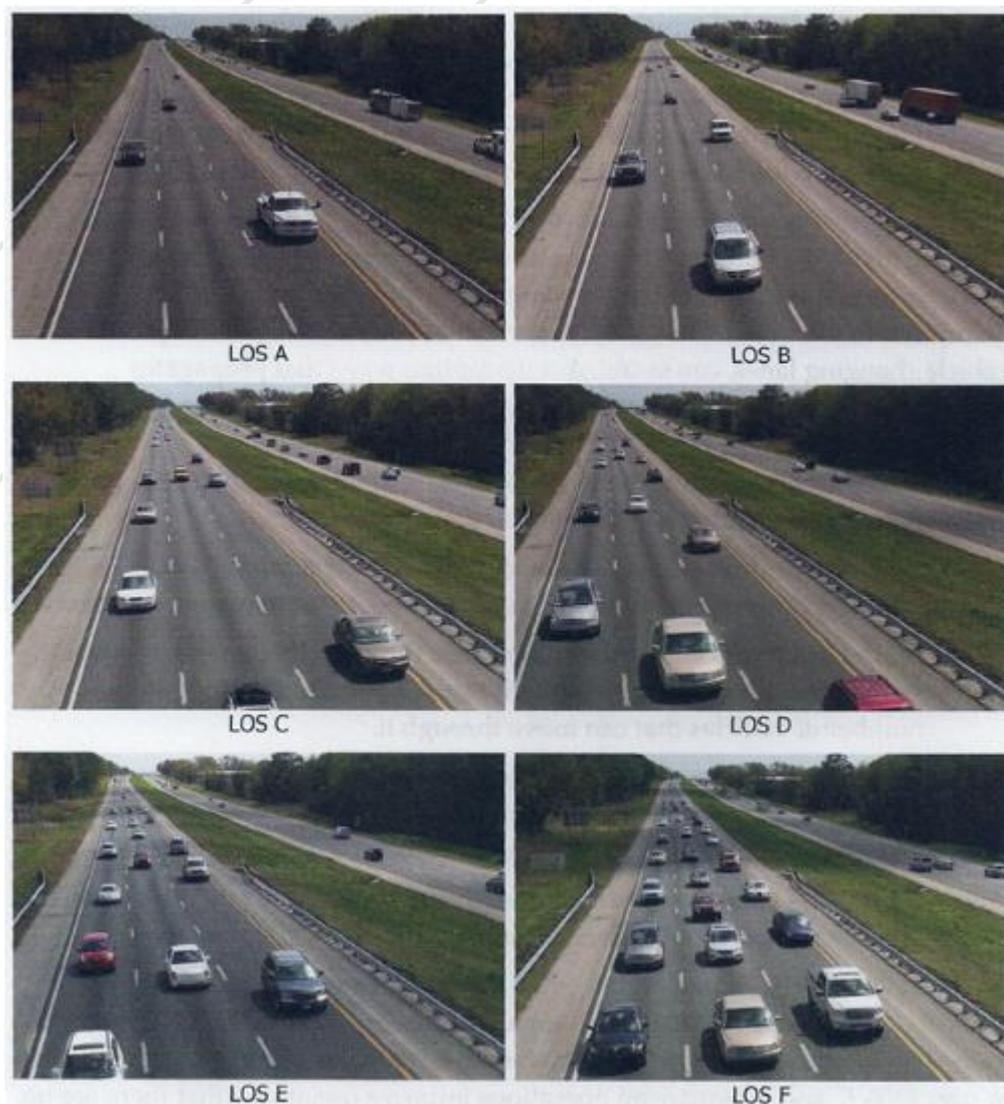


Figura 29: Situações em uma rodovia respectivas aos diferentes níveis de serviço do HCM

O HCM modela o fluxo do tráfego com base em condições básicas de tráfego, que são próximas a condições ideais de tráfego. Contudo, as rodovias podem não apresentar estas mesmas condições, apresentando as suas condições prevaletentes, mais restritivas do que as condições ideais. A aplicação do método para as condições prevaletentes de uma rodovia se dá pela transformação da capacidade e da demanda por meio de alguns parâmetros.

As condições básicas do HCM definem a capacidade das rodovias em relação às suas características físicas, como por exemplo largura de faixas, largura de acostamento e tipo de divisor central, e pelas condições do tráfego no local, como por exemplo pelas classes de veículos e pela velocidade.

4.6.1 Rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários (pista simples)

Rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários são conhecidas também por "rodovias de pista simples". São rodovias não divididas, com duas faixas, cada uma usada pelo tráfego em uma direção. Estas rodovias são caracterizadas por haver manobras de ultrapassagem utilizando a faixa de tráfego contrário. As manobras são limitadas pela existência de brechas na corrente de tráfego oposta e também pela avaliação de distância suficiente e segura para ultrapassagem. Pelo acréscimo do fluxo de tráfego, as oportunidades de ultrapassagem diminuem. Então acontece a formação de pelotões na corrente de tráfego, com veículos em comboio.

O HCM utiliza uma classificação específica para as rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários. A classe da rodovia determina como é avaliado o seu nível de serviço.

Classe I

Expectativa de velocidade relativamente alta;
Principais rotas entre cidades;
Arteriais primárias conectando geradores de tráfego;
Rotas de uso diário;
Ligações primárias federais e estaduais;
Viagens de longa distância.

Classe II

Sem expectativa de viajar em alta velocidade;
Acessos para rodovias de classe I;
Rotas turísticas e recreacionais;

Passam por terreno acidentado;

Viagens curtas, porções iniciais ou finais de viagens longas.

Classe III

Servem áreas de desenvolvimento moderado,

Segmentos de rodovias classe I ou II que atravessam pequenas cidades ou áreas recreacionais;

O tráfego local se mistura com o tráfego de passagem, com alta densidade de pontos de acesso;

Segmentos longos que atravessam áreas recreacionais espalhadas;

Muitas vezes com redução do limite de velocidade.

A Figura a seguir ilustra dois exemplos de cada classe, trazidos no HCM 2010.

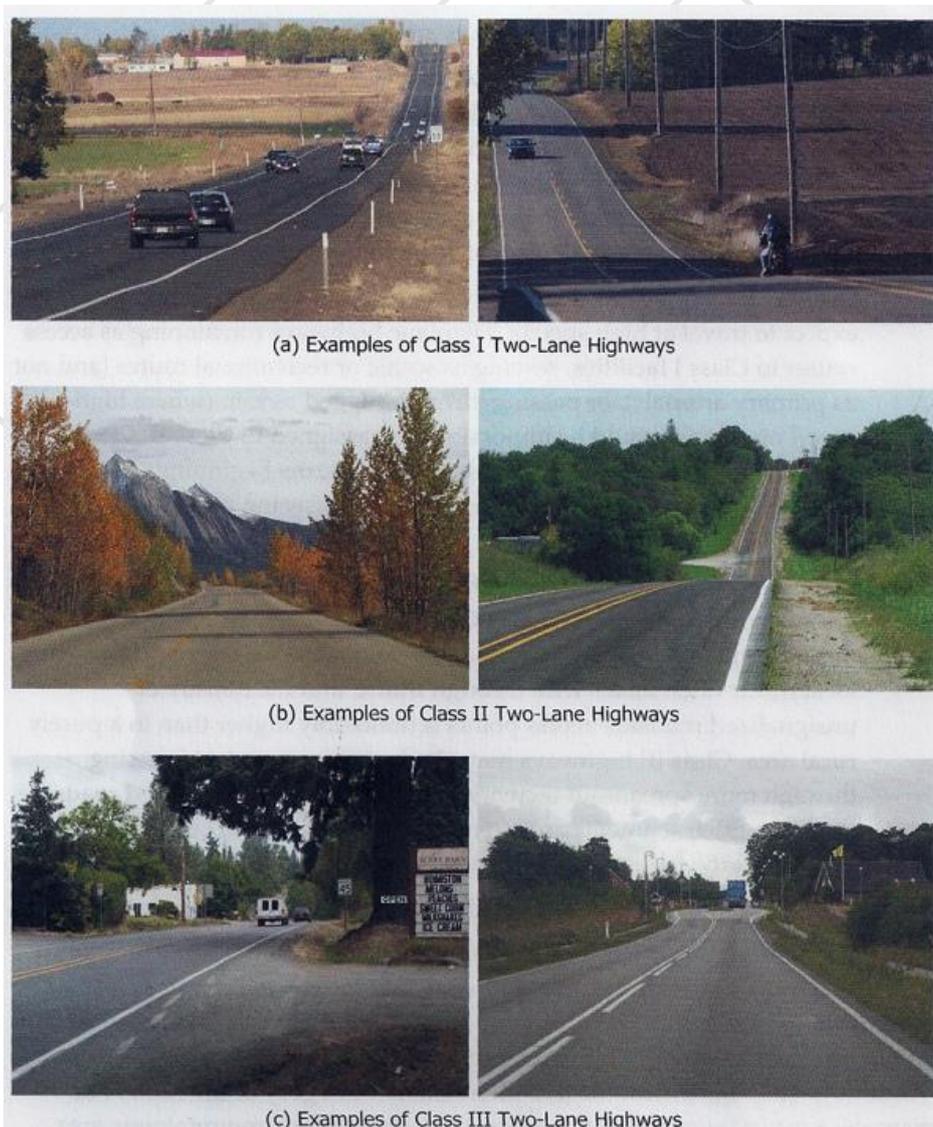


Figura 30: Exemplos de rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários

O HCM traz ainda a seguinte consideração sobre a definição da classe de uma rodovia de pista simples: "O principal determinante para a classificação de uma instalação (*facility*) é a expectativa do motorista, que pode não estar de acordo com a sua classificação funcional geral". Ressalta-se, ainda, que a caracterização de classe pode variar ao longo de uma mesma rodovia, portanto, recomenda-se segregar a rodovia em estudo em trechos homogêneos para identificar as classes distintas.

O HCM modela as condições básicas através de curvas que relacionam a velocidade média de viagem - ATS (*Average Travel Speed*) e a porcentagem de tempo trafegando em pelotão - PTSF (*Percent Time-Spent-Following*) com a taxa de fluxo na direção da análise.

As condições básicas para rodovias de pista simples são as seguintes:

- Largura da faixa ≥ 12 ft ($\approx 3,66$ m);
- Largura do acostamento ≥ 6 ft ($\approx 1,83$ m);
- Ausência de proibição de ultrapassagem;
- Somente carros de passeio;
- Terreno em nível (relevo plano);
- Sem impedimentos no fluxo de tráfego.

Segundo o HCM 2010, a capacidade para rodovias de pista simples nas condições básicas é:

- 1.700 veíc./h por direção;
- Não excede 3200 veíc./h em ambas as direções em trechos longos;
- Não excede de 3.200 a 3.400 veíc./h em ambas as direções em trechos curtos (túneis ou pontes).

A Tabela 12 seguir apresenta descrições para a qualidade do fluxo do tráfego nos diferentes níveis de serviço para as três classes de rodovias de pista simples.

Tabela 12: Descrições de qualidade do fluxo do tráfego nos diferentes níveis de serviço para as 3 classes de rodovias de pista simples

LOS	Classe I	Classe II	Classe III
A	Alta velocidade, facilidade para ultrapassagens, raros pelotões de 3 carros ou mais.	Velocidade limitada pela via, pequena formação de pelotões.	Possibilidade de manter velocidades próximas à de fluxo livre.
B	Formação de pelotões se torna visível, redução de velocidade na classe I.		Começa a ser percebida uma redução da velocidade em relação à velocidade de fluxo livre.
C	A maioria dos veículos trafega em pelotões, velocidades reduzidas.		
D	Significante aumento da formação de pelotões.		Significante queda da velocidade.
	Aumento da demanda para ultrapassagens mas a capacidade para isso se aproxima de zero.		
E	A demanda se aproxima da capacidade, o limite inferior do NS representa a capacidade.		
	Ultrapassagens praticamente impossíveis, <i>PTSF</i> maior que 80%, velocidades muito reduzidas.		A velocidade é menor que 2/3 da <i>FFS</i> .
F	A demanda excede a capacidade, condições de operação instáveis, grandes congestionamentos.		

Os parâmetros utilizados para avaliar o Nível de Serviço de uma rodovia de duas faixas (pista simples) são:

Tabela 13: Parâmetros para avaliação do Nível de Serviço

ATS	<p>Average Travel Speed: Velocidade Média de Viagem</p> <p>Mede a mobilidade em uma rodovia de duas faixas. Definido como a extensão do segmento dividido pelo tempo médio necessário para os veículos atravessá-lo.</p>
PTSF	<p>Percent Time-Spent-Following: Percentual do Tempo Gasto Seguindo</p> <p>Representa a liberdade de manobra e o conforto e conveniência da viagem. É a porcentagem média de tempo que os veículos devem viajar em pelotões, atrás de veículos mais lentos, devido a inabilidade de ultrapassá-los. Pela dificuldade de se medir em campo, uma medida alternativa é a porcentagem de veículos viajando com intervalos menores de 3,0s em um local representativo dentro do segmento rodoviário.</p>
PFFS	<p>Percent of Free-Flow Speed: Percentual da Velocidade de Fluxo Livre</p> <p>Representa a habilidade dos veículos viajarem próximos ou na velocidade regulamentada.</p>

Conforme a função de cada classe de rodovia de pista simples, diferentes aspectos são tomados como importantes para o seu nível de serviço. A Tabela a seguir resume a aplicação das três medidas para a determinação dos níveis de serviço para as diferentes classes.

Tabela 14: Parâmetros utilizados para a determinação do nível de serviço para as diferentes classes de rodovias de pista simples

Classe da rodovia	Crítérios	Medidas utilizadas
Classe I	velocidade e conforto	<i>ATS e PTSF</i>
Classe II	conforto	<i>PTSF</i>
Classe III	velocidade próxima da velocidade limite	<i>PFFS</i>

A tabela a seguir extraída do HCM apresenta a determinação do nível de serviço a partir dos valores calculados.

Tabela 15: Limites para determinação do Nível de Serviço em rodovias de pista simples

LOS	Class I Highways		Class II Highways	Class III Highways
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PFFS (%)
A	>55	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
E	≤40	>80	>85	≤66.7

4.6.2 Cálculo dos Níveis de Serviço por patamares

Os resultados de Nível de Serviço (NS) foram calculados por intermédio de patamares HCM. O qual é baseado nas características geométricas dos trechos e da composição do tráfego médio diário anual de cada segmento. São definidos os valores de volume hora pico (VHP) limítrofes de cada patamar de NS explanados acima e a partir destes valores se obtém o respectivo NS de cada trecho.

Lembrando que para o cálculo de nível de serviço foi utilizado o volume do cenário PIB-Brasil.

4.7 DIMENSIONAMENTO DAS CABINES DAS PRAÇAS

4.7.1 Método

O desempenho operacional de praças de pedágio depende de sua capacidade de atendimento, a qual está diretamente relacionada com os tempos de atendimento dos veículos nas cabines. Sob o ponto de vista da engenharia de tráfego, a cobrança de pedágio geralmente atua como um gargalo no fluxo das rodovias, uma vez que a capacidade das praças costuma ser significativamente menor do que a capacidade das rodovias onde essas praças estão inseridas. Os veículos são obrigados a parar ou a reduzir suas velocidades para o pagamento da tarifa, tendendo a reduzir de forma significativa a capacidade viária nos trechos em que existem praças de pedágio, com a possível formação de congestionamentos em períodos de pico.

Entretanto, dependendo do número de cabines, da alocação dos tipos de cobrança nas cabines e da adesão dos veículos à cobrança eletrônica (ETC – *electronic toll collection*), a praça de pedágio pode vir a ter uma capacidade igual ou até mesmo maior do que a capacidade da rodovia na qual está inserida (AYCIN, 2006).

Para análise do número de faixas de cobrança necessárias nas praças de pedágio, a fim de se obter um pré-dimensionamento, utilizou-se de cálculos dos fundamentos da teoria de filas.

Para avaliação do Nível de Serviço das praças de pedágio do presente estudo, foi utilizada a metodologia de Faria (2008), que propõe uma escala de nível de serviço que se baseia nos estudos desenvolvidos por Araújo (2001) e Klodzinski & Al-Deek (2001). Para a elaboração da escala, Araújo (2001) procurou definir o limite superior de sua escala de nível de serviço, referente ao nível de serviço E, ou seja, a capacidade da praça. No entanto, como existe uma grande diferença entre o nível E e o nível D quando se analisa o tempo no sistema (de 120 para 650 segundos) e o número médio de veículos na fila (de 4 para 30 veículos), o autor considerou conveniente criar uma nova escala para medir o desempenho da praça.

Assim, a escala tem como base o limite superior do nível de serviço A proposto por Araújo (2001). Os demais valores da escala serão definidos de acordo com o critério de Klodzinski & Al-Deek (2001). Esse critério corresponde ao aumento percentual utilizado pelo Highway Capacity Manual (2000) na escala de nível de serviço para interseções semaforizadas. Na referida escala, os aumentos são de 100,0% de A para B; 75,0% de B para C; 57,14% de C para D e de 45,45% de D para E.

Desta forma, associando-se as propostas de Araújo (2001) e Klodzinski & Al-Deek (2001), foi definida a escala de nível de serviço para tempo no sistema. Para a fila média, foi feita uma relação entre os valores de tempo no sistema e a fila média da escala proposta por Araújo (2001) e após o ajuste de uma curva do

tipo $y = a \times xb$, foram calculados os valores da escala de nível de serviço para a fila média, conforme apresenta a Tabela 16.

Tabela 16: Escala proposta de nível de serviço de Faria (2008)

Nível de serviço	Tempo no sistema (s)	Fila média (veic)
A	≤ 40	≤ 1
B	≤ 80	$\leq 2,5$
C	≤ 140	≤ 5
D	≤ 220	$\leq 8,5$
E	≤ 320	≤ 13
F	> 320	> 13

Fonte: Faria (2008)

4.8 ESTIMATIVA DE NÚMERO N

4.8.1 Introdução

O cálculo de Número N é importante indicador da solicitação que sofre um pavimento pelos veículos que passam pela via estudada, ao traduzir as diferentes solicitações causadas pelos diversos modelos de ônibus e caminhões em um valor padrão.

A importância do cálculo correto do Número N reside no equilíbrio técnico-econômico dos projetos de pavimentação, do qual é fundamento, já que é ele quem determina, por diferentes metodologias e em conjunto com o solo natural, as espessuras das diversas camadas que compõem o pavimento.

Via de regra o número N é calculado para segmentos homogêneos, isso pode reduzir custos de investimentos dado que podem existir valores de N diferentes para cada segmento.

4.8.2 Contagem Classificada de Veículos (CCV)

Conforme evidenciado no item de Pesquisas de Tráfego, realizou-se a contagem classificada de veículos com classificação padrão DNIT (por eixos) com correção sazonal.

4.8.3 Metodologia empregada

Para apresentação do número N calculado para a rodovia, resume-se os principais parâmetros obtidos, a saber:

- Volume Médio Diário anual (VDM) e classificação da frota;
- Carregamento da frota;
- Fator de equivalência de carga;

- Número equivalente “N”.

O VDM da rodovia foi obtido por meio das contagens de tráfego realizadas, aplicando-se os devidos fatores de correção sazonal e expansão anual, conforme já demonstrado.

A frota de veículos de carga, nas contagens de tráfego foi classificada conforme as categorias já apresentadas anteriormente e reapresentadas na figura seguinte.

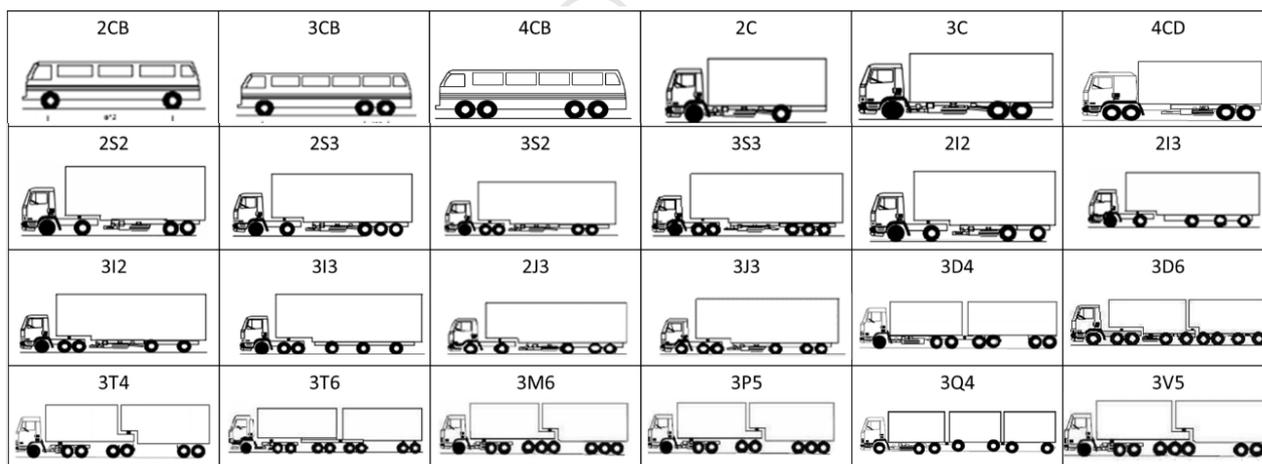


Figura 31: Classificação dos veículos de carga

O esforço a ser infligido ao pavimento é calculado por meio de metodologia que transforma a passagem de veículos em esforço equivalente a um eixo padrão de 8,2 t. A conversão das diferentes configurações de veículos, eixos, peso por eixo é realizada por meio de fatores de equivalência obtidos por reconhecidos institutos que atuam na pesquisa rodoviária, sendo os mais indicados e utilizados no Brasil os fatores do Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano (USACE) e os da AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), ambos institutos norte-americanos.

A comparação entre os valores obtidos pelas duas metodologias é interessante, sendo usual que os resultados obtidos pelos fatores de equivalência da USACE sejam maiores, ou seja, a favor da segurança. É justamente essa metodologia a indicada no Método de Projeto do DNIT.

Segundo Brasil (2006), os “fatores de equivalência da AASHTO baseiam-se na perda de serventia (PSI) e variam com o tipo do pavimento (flexível e rígido), índice de serventia terminal e resistência do pavimento (número estrutural – SN). Eles são diferentes dos obtidos pelo USACE, que avaliaram os efeitos do carregamento na deformação permanente (afundamento nas trilhas de roda)”; pelo que se concluiu que a utilização de um ou outro índice será determinado pela metodologia de cálculo do pavimento.

O fator de equivalência de carga foi determinado por meio das duas metodologias disponíveis, USACE e AASHTO, e dependem do tipo de eixo do veículo.

Os tipos de eixo são classificados da seguinte forma:

- Simples de rodagem simples;
- Simples de rodagem dupla;
- Tandem duplo (rodagem dupla);
- Tandem triplo (rodagem dupla).

Os fatores de equivalência são apresentados nas tabelas a seguir, considerando P o peso bruto total por eixo em toneladas (obtido pela distribuição dos pesos totais pelos eixos do veículo).

Tabela 17: Fatores de equivalência de carga da AASHTO

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simples de rodagem simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simples de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$
Tandem duplo	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$
Tandem triplo	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$

Fonte: BRASIL, 2006

Tabela 18: Fatores de equivalência de carga da USACE

Tipos de eixo	Faixas de carga (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro e traseiro	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: BRASIL, 2006

Apesar da diferença entre os fatores de equivalência, a metodologia empregada é uma só, sendo diversas apenas as equações que resultam nos fatores de equivalência e, portanto, no resultado final.

Considerando que há uma diferença entre o cálculo do número N para pavimentos rígidos e flexíveis, empregou-se a metodologia para pavimentos flexíveis, que é o tipo de pavimentação a ser adotada.

O número N é determinado pela seguinte fórmula geral:

$$N = \sum_{a=1}^p N_a$$

Onde:

N = número equivalente de aplicações do eixo padrão durante o período de projeto;

a = ano do período de projeto;

p = número de anos do período de projeto;

N_a = número equivalente de aplicações do eixo padrão durante o ano "a".

Em que:

$$N_a = \sum_{i=1}^k V_{ia} \cdot FV_i \cdot 365 \cdot c \cdot FR$$

Onde:

i = categoria do veículo, variando de 1 a k;

V_{ia} = volume de veículos da categoria i, durante o ano 'a' do período de projeto;

c = percentual de veículos comerciais na faixa de projeto;

FV_i = fator de veículo da categoria i;

FR = fator climático regional.

Em que:

$$FV_i = \sum_{j=1}^m FC_j$$

Onde:

j = tipo de eixo, variando de 1 a m;

m = número de eixos do veículo i;

FC_j = fator de equivalência de carga correspondente ao eixo j do veículo i.

Como o projeto de pavimentação deve ser pensado para a faixa mais solicitada, a Tabela 19 apresenta importante indicação do percentual de veículos pesados que solicitam a faixa de projeto (c) em diversas situações e deve ser aplicado para obtenção do número N de projeto.

Tabela 19: Percentuais de veículos comerciais na faixa de projeto

Número de Faixas de Tráfego na rodovia	Percentual de veículos comerciais na faixa de projeto (c)
2 (pista simples)	50%
4 (pista dupla)	35% a 48%
6 ou mais (pista dupla)	25% a 48%

Fonte: BRASIL, 2006

A umidade presente no subleito e no interior de uma estrutura de pavimentação impacta profundamente a maneira como o pavimento responde às solicitações de carga, por isso o fator climático regional (FR) é um multiplicador cuja função é minimizar a ação da humidade e para determiná-lo deve-se verificar o índice pluviométrico local, conforme Tabela 20.

Tabela 20: Fator climático regional

Altura média de chuva (mm)	Fator Climático Regional (FR)
Até 800 mm	0,7
De 800 mm a 1.500 mm	1,4
Mais de 1.500 mm	1,8

Fonte: BRASIL, 1996

O índice pluviométrico adotado neste estudo foi de 1,8 dado que a precipitação do estado do Pará supera os 1.500mm conforme dados do serviço Geológico do Brasil (CPRM) disponível em: https://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/atlas_pluviometrico_brasil/isoietas_totais_anuais_1977_2006.pdf.

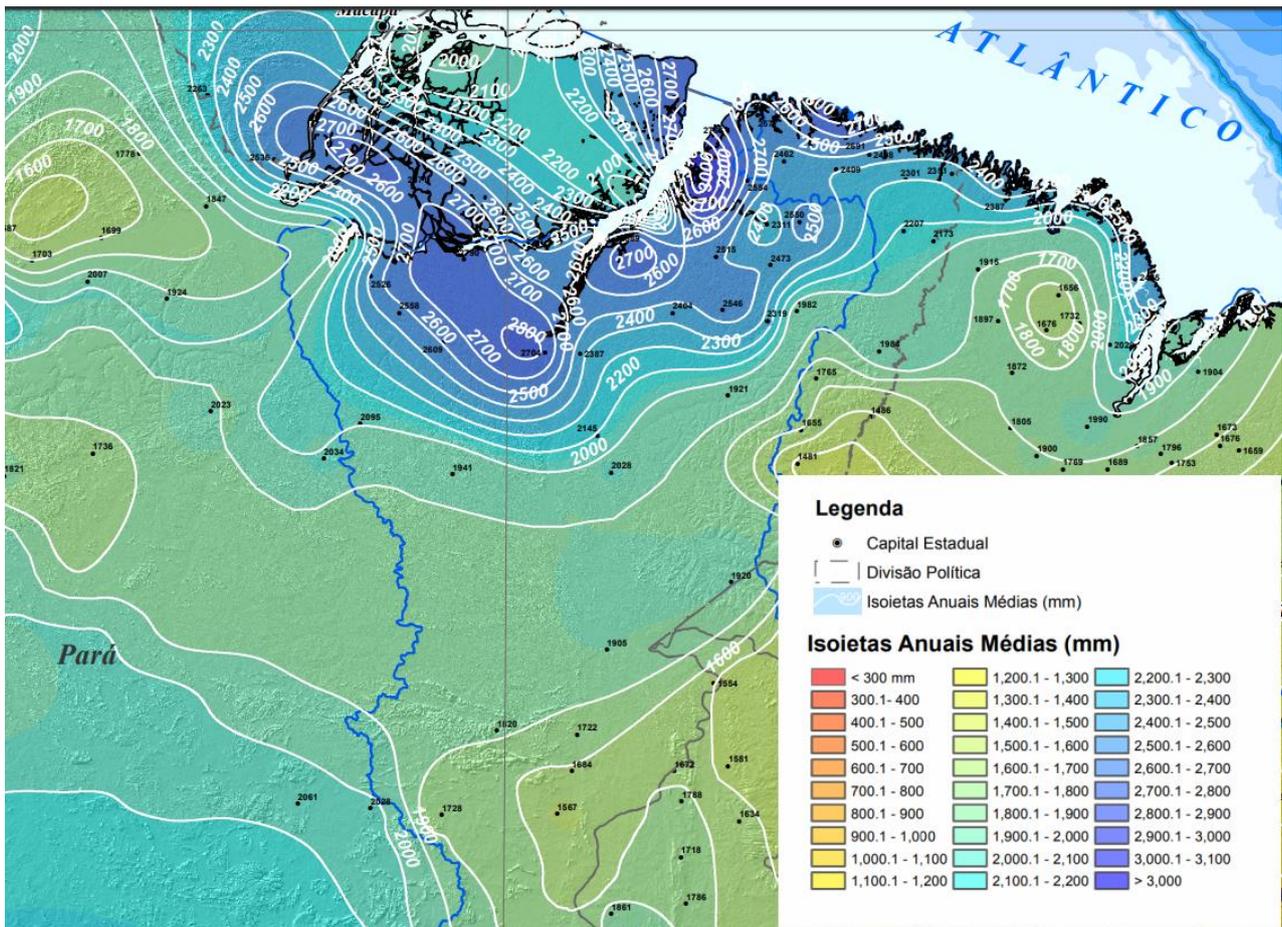


Figura 32: Detalhe para o índice pluviométrico do estado do Pará

5 VOLUMES DE TRÁFEGO ATUAL

A seguir são apresentados os resultados das contagens realizadas nos principais postos de contagem. Antes é importante citar que os valores estão apresentados em total absoluto de veículos seguido de uma porcentagem, a qual representa a parcela de veículos pesados (comerciais leves e comerciais pesados) sobre o valor total, por exemplo: “10375” e “31%” significa que 31% de 10375 (volume contabilizado) corresponde aos veículos comerciais, ou seja, 3216.

5.1 CONTAGENS REALIZADAS EM 2021

Os 7 pontos apresentados a seguir tiveram contagens realizadas no ano de 2021.

5.1.1 Ponto 1 – Marabá/Jacundá

O ponto em análise encontra-se na PA-150, a norte de Marabá e sul de Jacundá, como visualizado na Figura 33. O maior volume está presente no sentido norte, em direção a Jacundá.

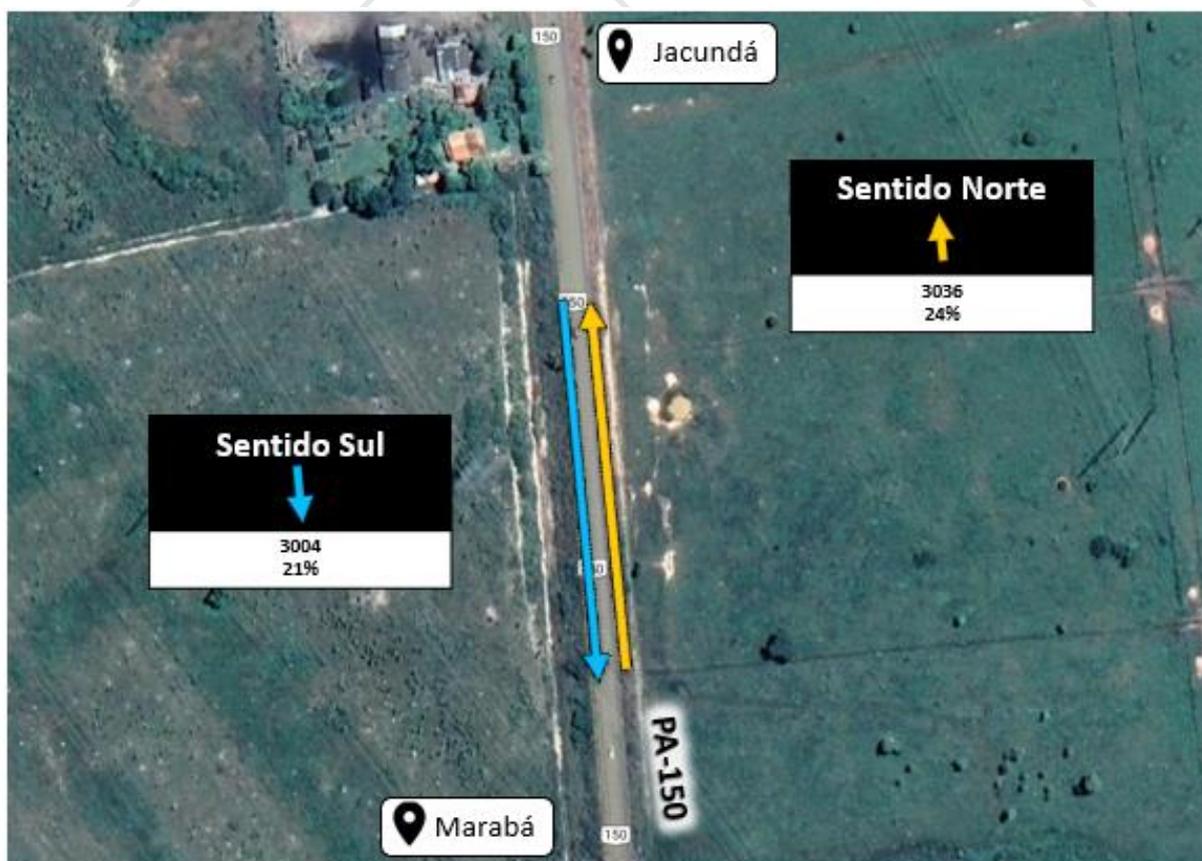


Figura 33: Localização e VMDa - Ponto 1

As figuras a seguir apresentam o comportamento horário do tráfego nos sentidos apresentados.

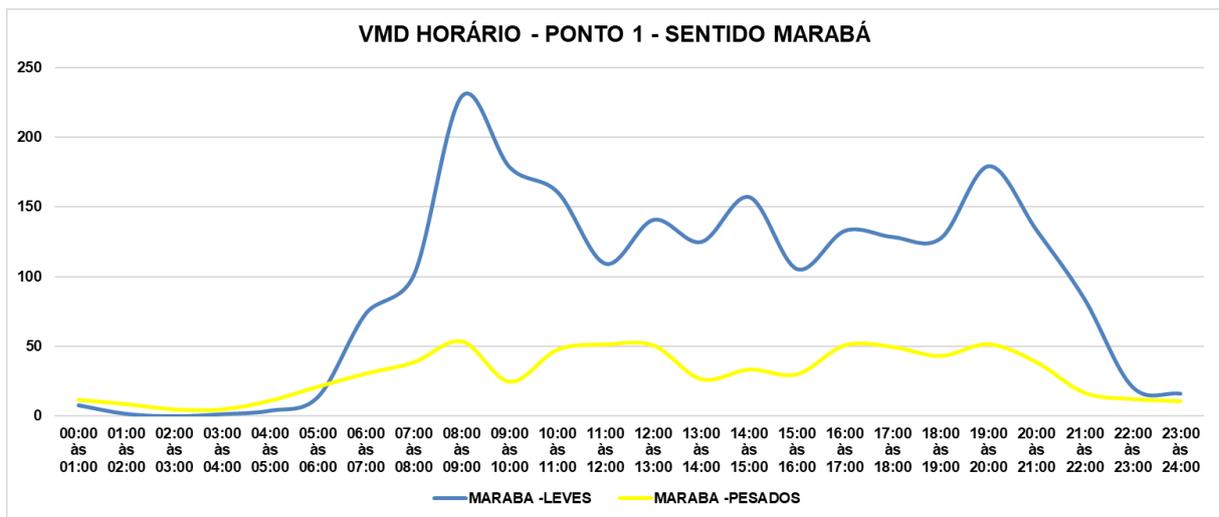


Figura 34: VMD Horário - Ponto 1 - Sentido Marabá

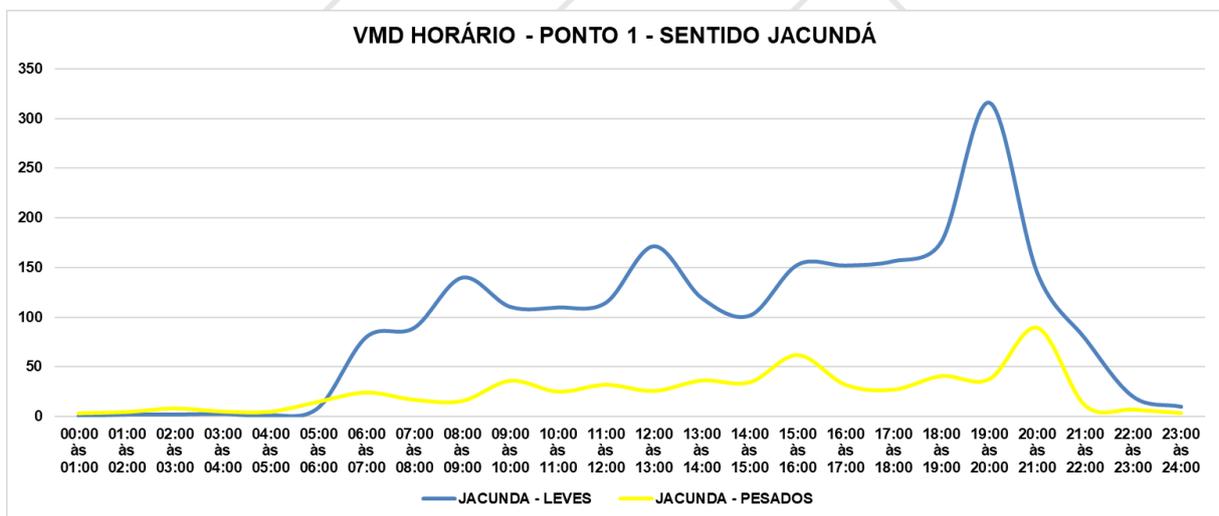


Figura 35: VMD Horário - Ponto 1 - Sentido Jacundá

5.1.2 Ponto 2 – Tailândia/Goianésia Do Pará/BR-150/Tucuruí

O ponto em análise encontra-se na interseção entre as rodovias PA-263, PA-475 e BR-150, como visto na Figura 36. Os maiores volumes encontrados estão na BR-150.



Figura 36: Localização e VMDa - Ponto 2

As figuras a seguir apresentam o comportamento horário do tráfego nos sentidos apresentados.

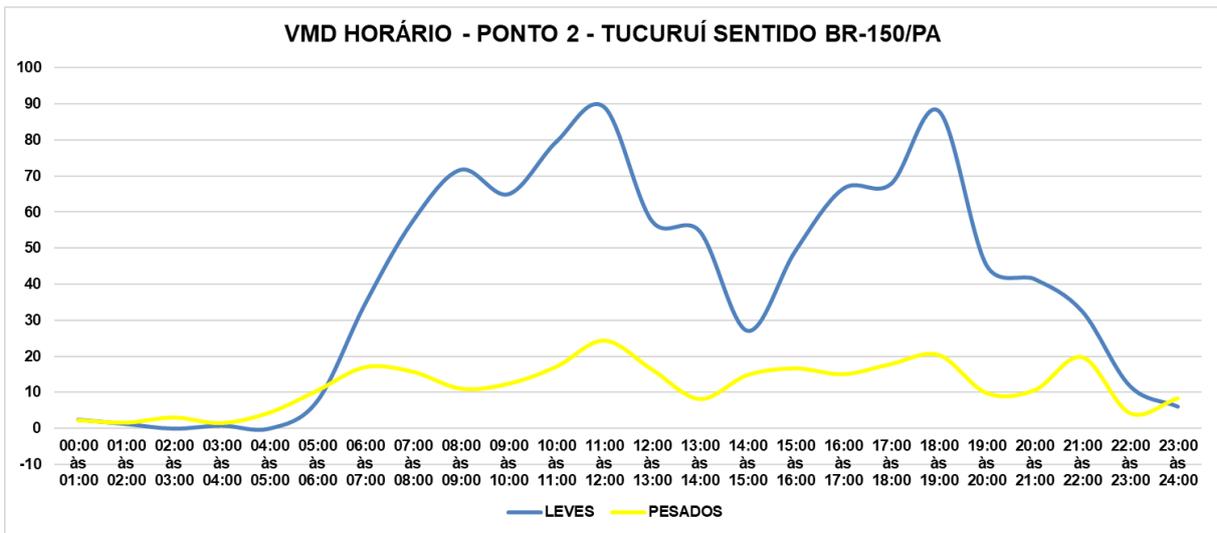


Figura 37: VMD Horário - Ponto 2 - Tucuruí sentido BR-150/PA

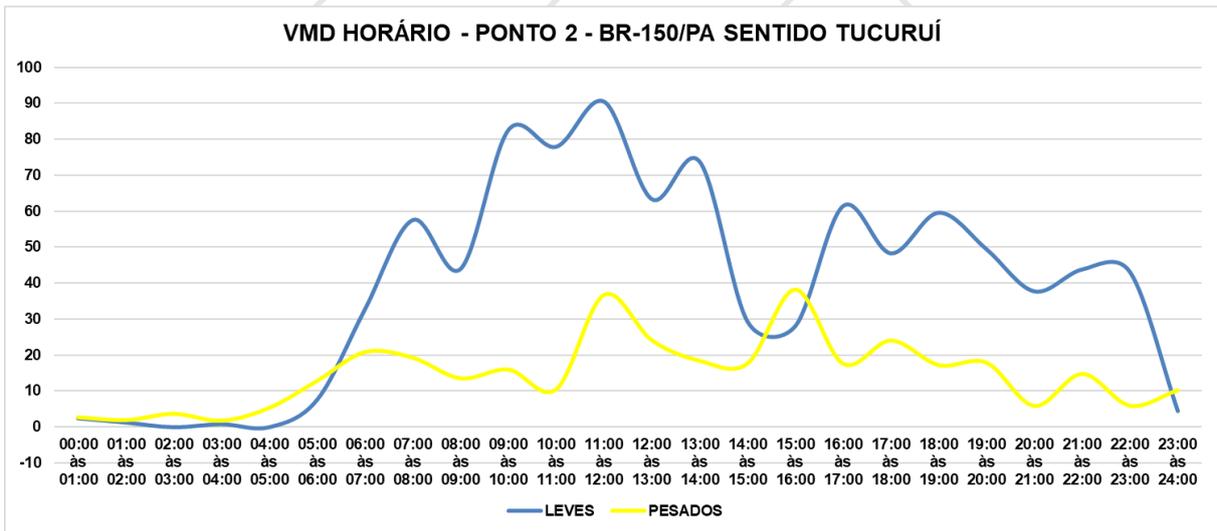


Figura 38: VMD Horário - Ponto 2 - BR-150/PA sentido Tucuruí

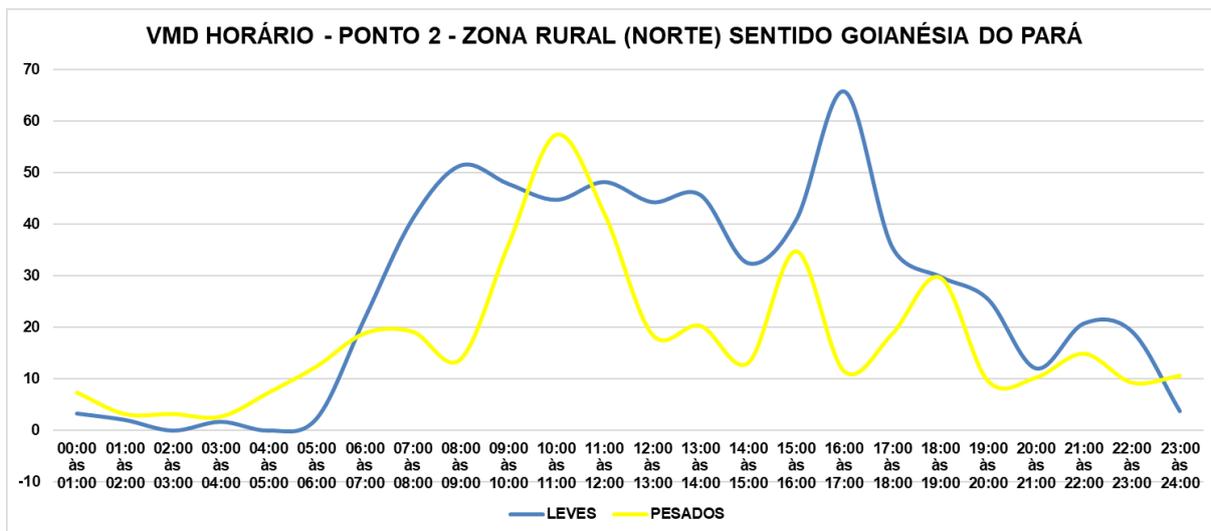


Figura 39: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Rural (Norte) sentido Goianésia do Pará

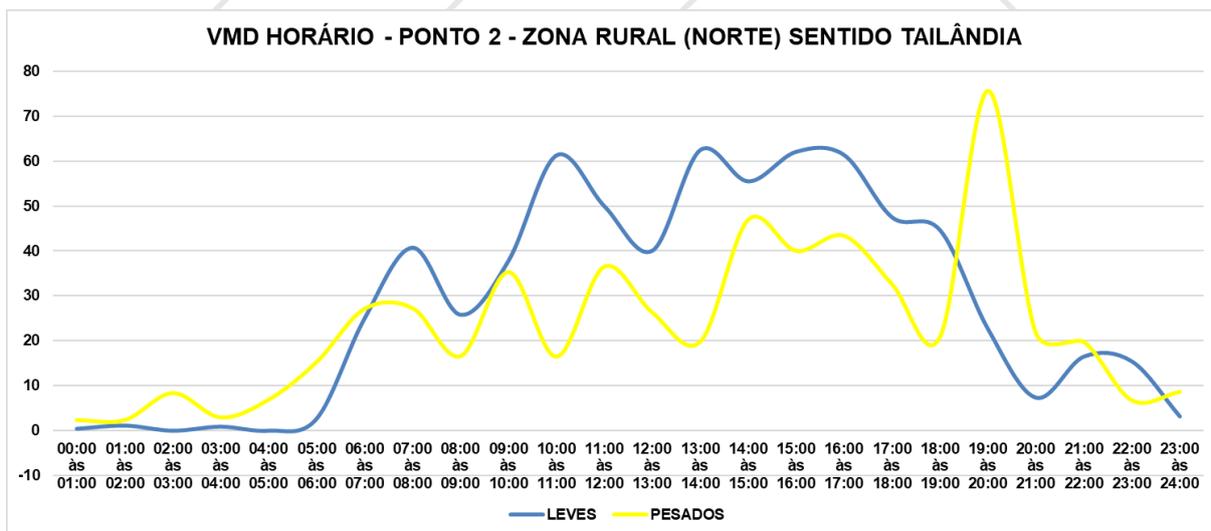


Figura 40: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Rural (Norte) sentido Tailândia

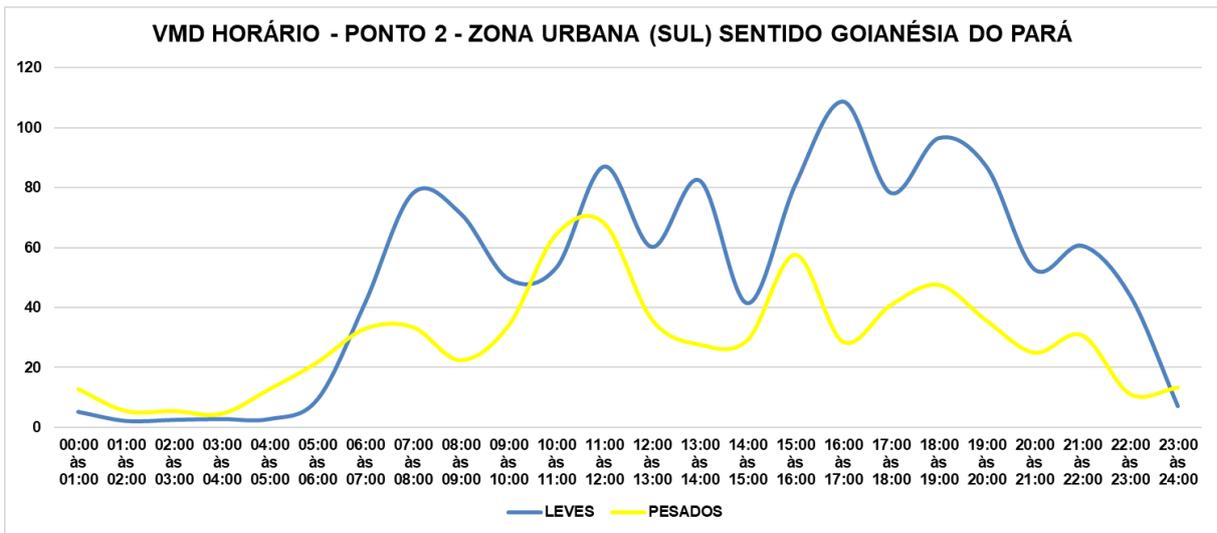


Figura 41: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Urbana (Sul) sentido Goianésia do Pará

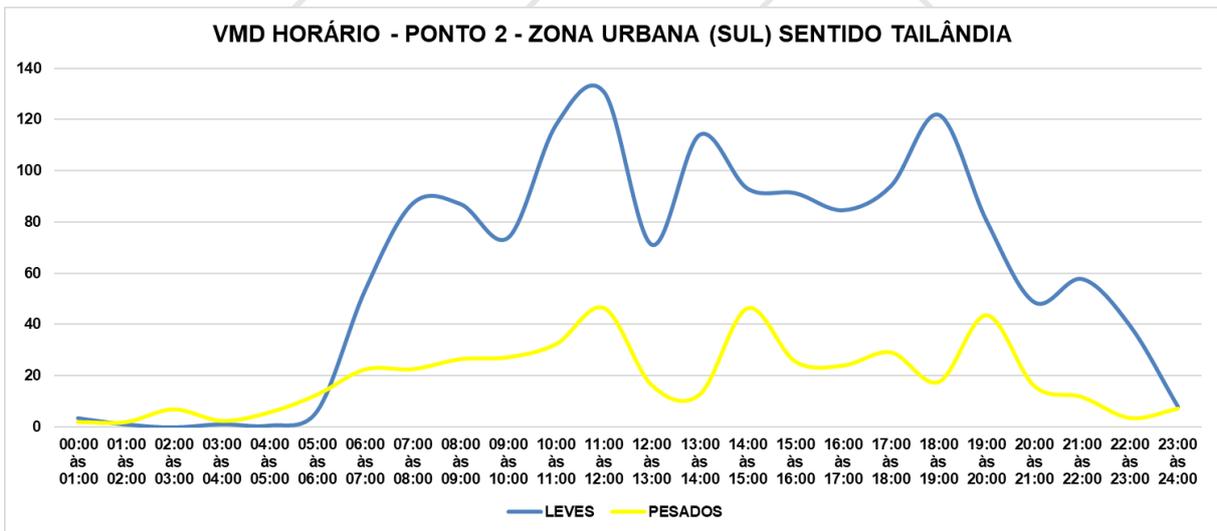


Figura 42: VMD Horário - Ponto 2 - Zona Urbana (Sul) sentido Tailândia

5.1.3 Ponto 3 – Tomé Açu/Marabá/Moju

O posto de pesquisa da PA-475 x PA-150/256 apresentou maior volume no sentido Marabá -> Moju, com volume de 1580 veículos/dia, como visualizado na Figura 43.

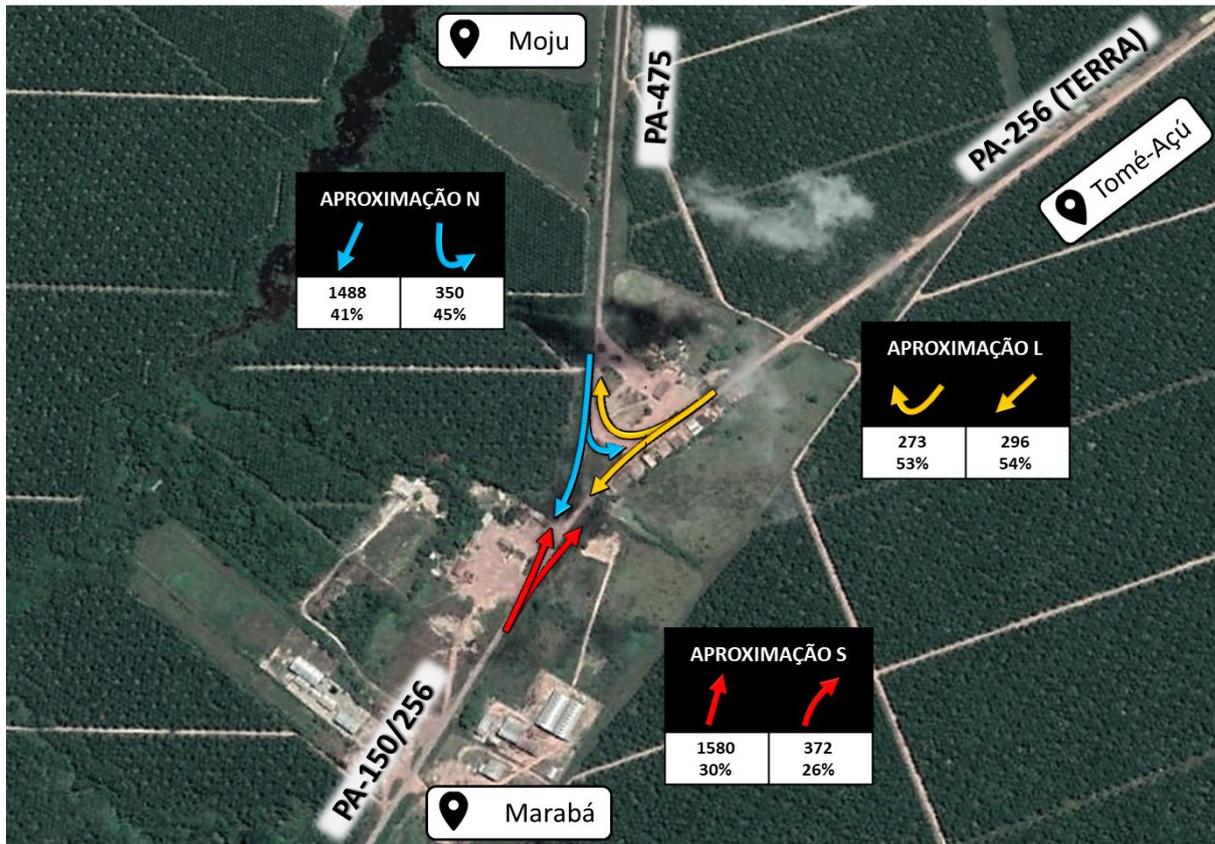


Figura 43: Localização e VMDa - Ponto 3

As figuras a seguir apresentam o comportamento horário do tráfego nos sentidos apresentados.

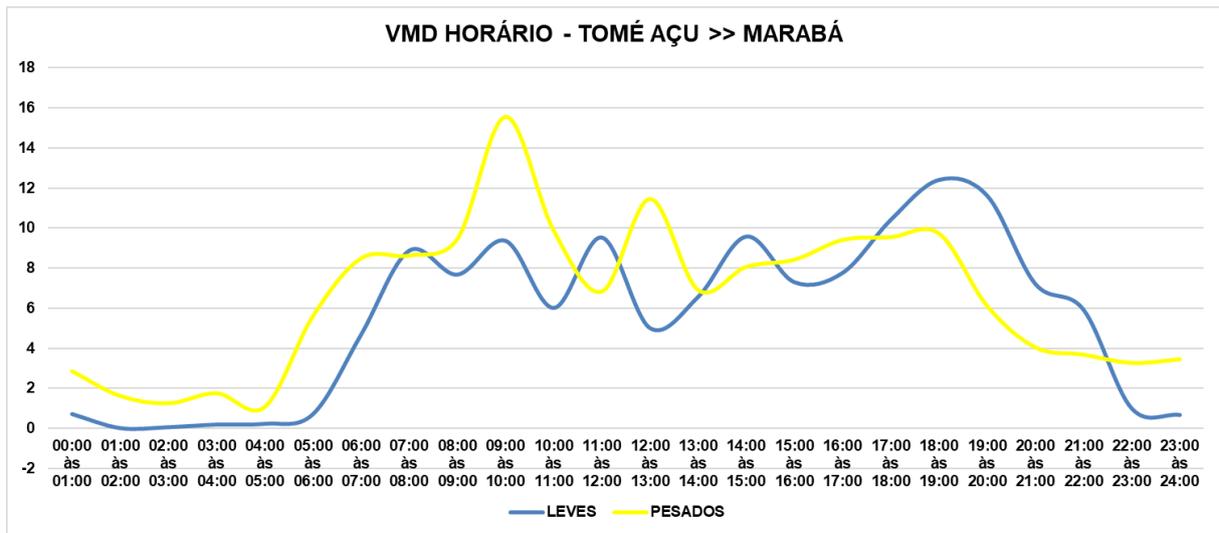


Figura 44: VMD Horário - Tomé-Açu sentido Marabá

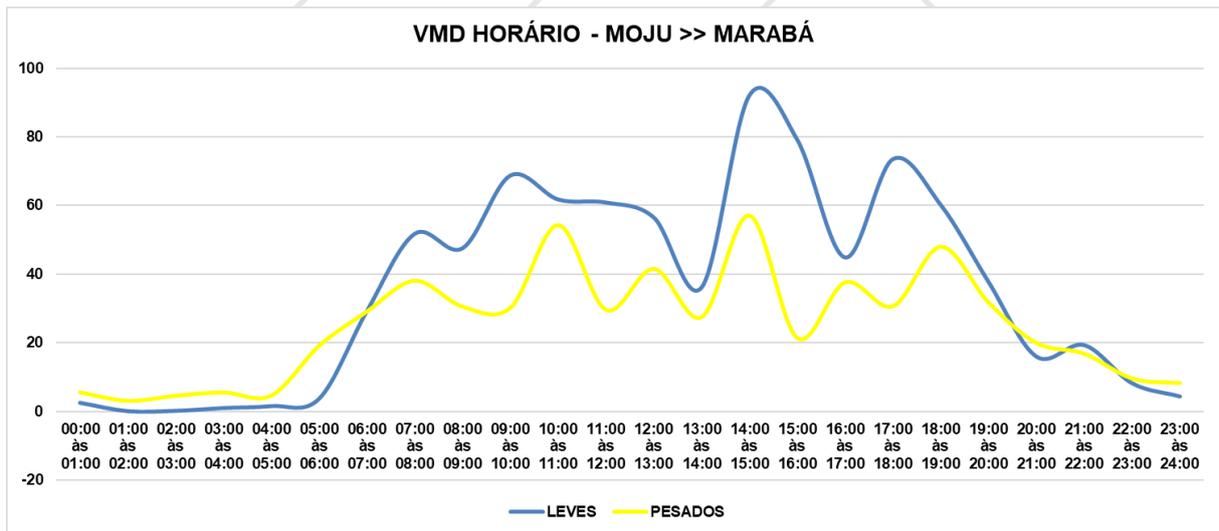


Figura 45: VMD Horário - Moju sentido Marabá

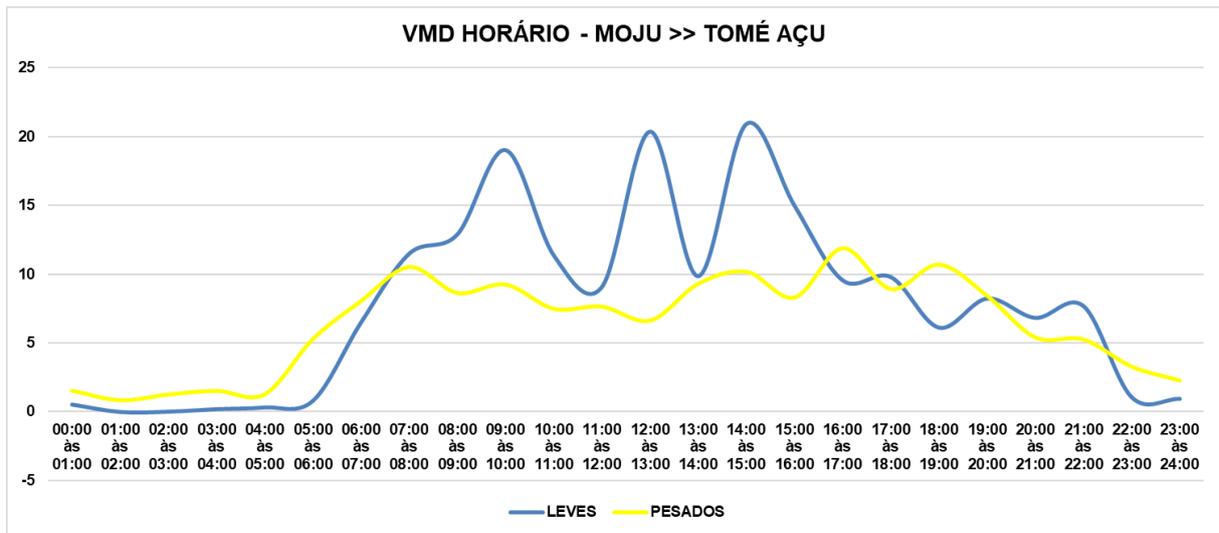


Figura 46: VMD Horário - Moju sentido Tomé-Açu

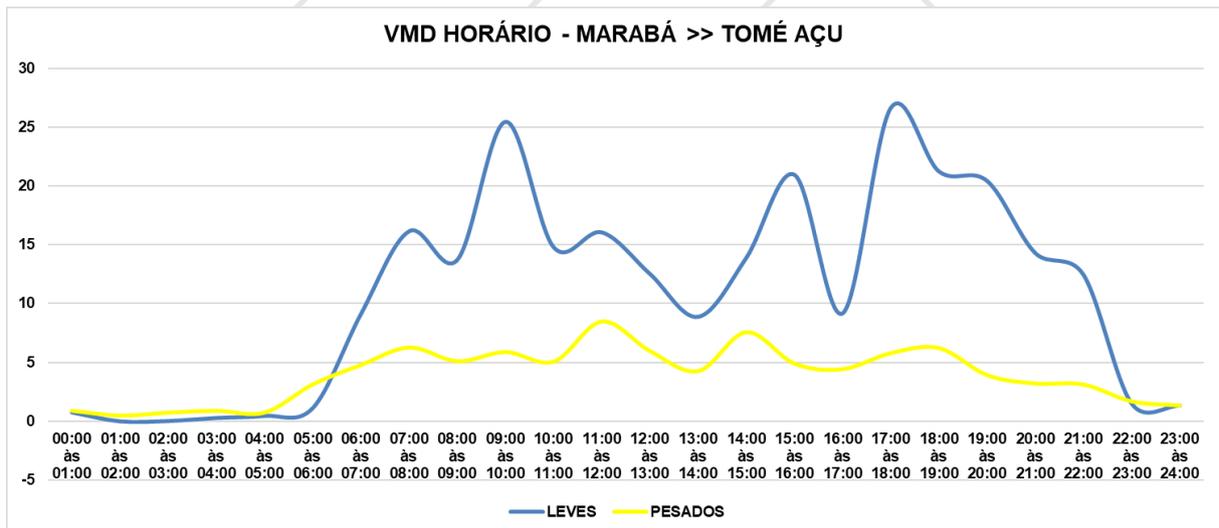


Figura 47: VMD Horário - Marabá sentido Tomé-Açu

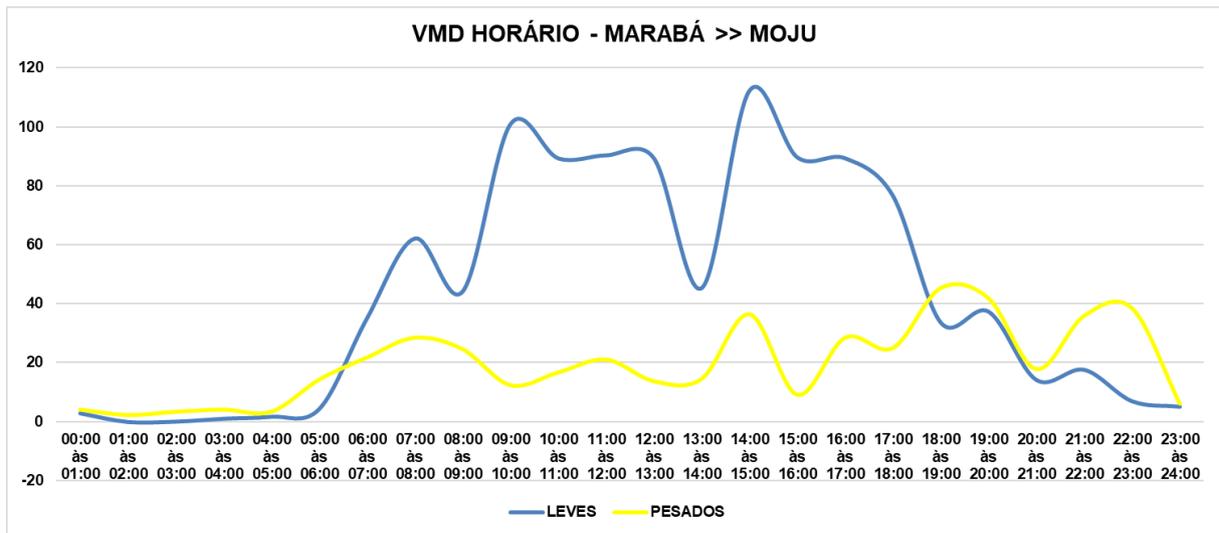


Figura 48: VMD Horário - Marabá sentido Moju

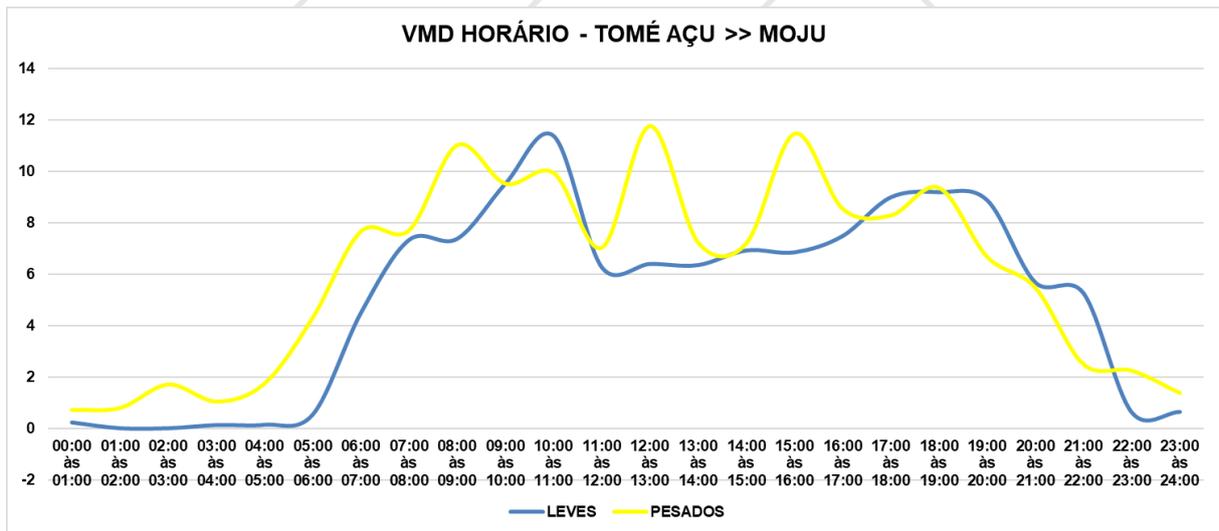


Figura 49: VMD Horário - Tomé-Açu sentido Moju

5.1.4 Ponto 4 – Moju/Acará/Tailândia

No posto de Moju foi contabilizado um volume maior na seção norte em direção a sul, com um total de 1297 veículos/dia. A Figura 50 apresenta os valores encontrados nas contagens.

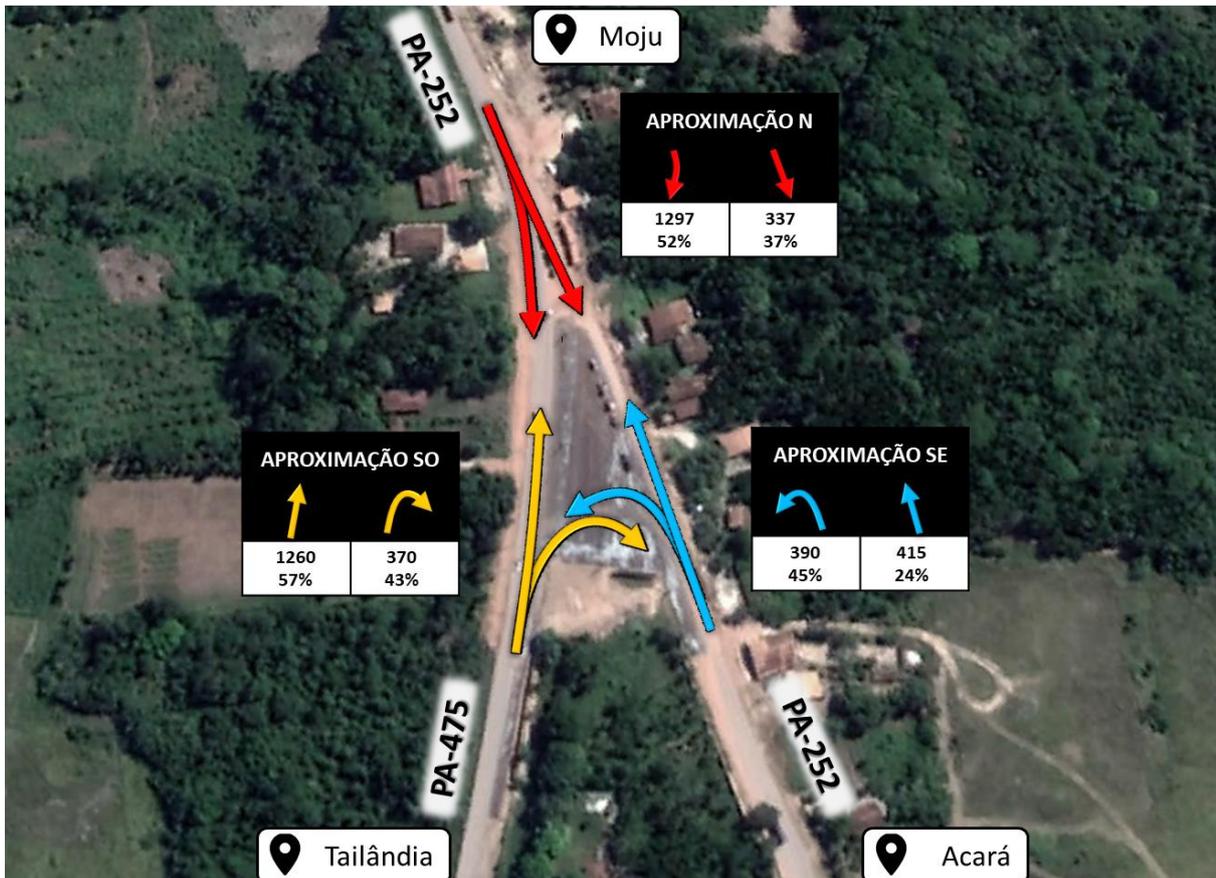


Figura 50: Localização e VMDa - Ponto 4

As figuras a seguir apresentam o comportamento horário do tráfego nos sentidos apresentados.

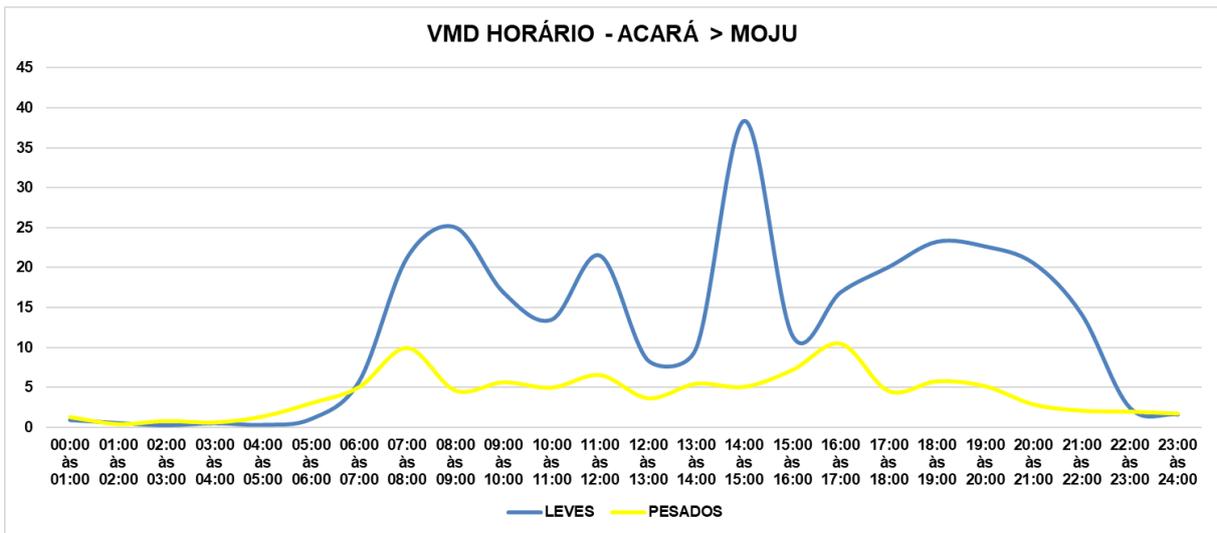


Figura 51: VMD Horário - Acará sentido Moju

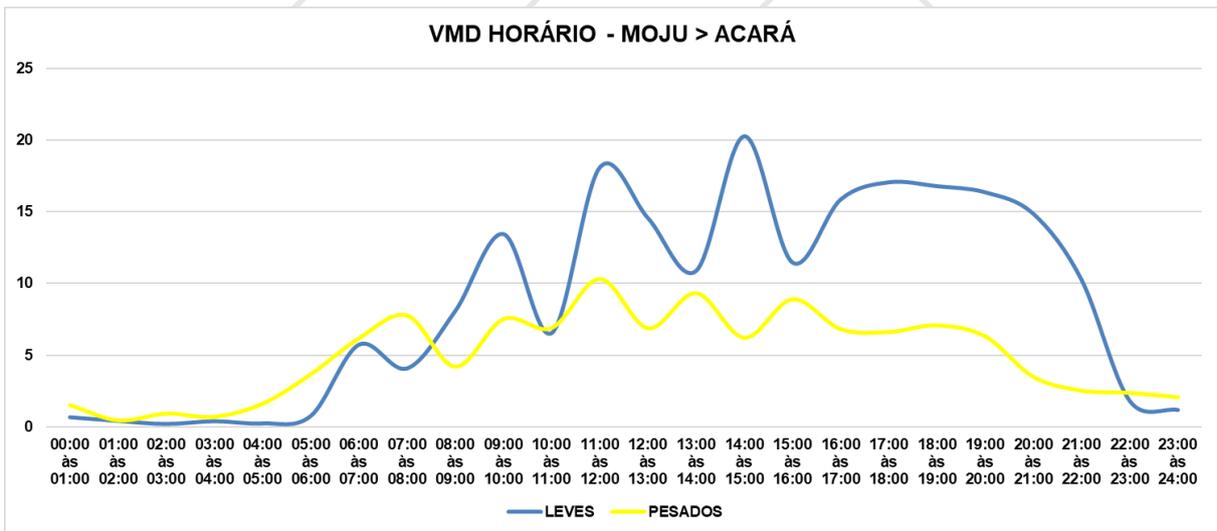


Figura 52: VMD Horário - Moju sentido Acará

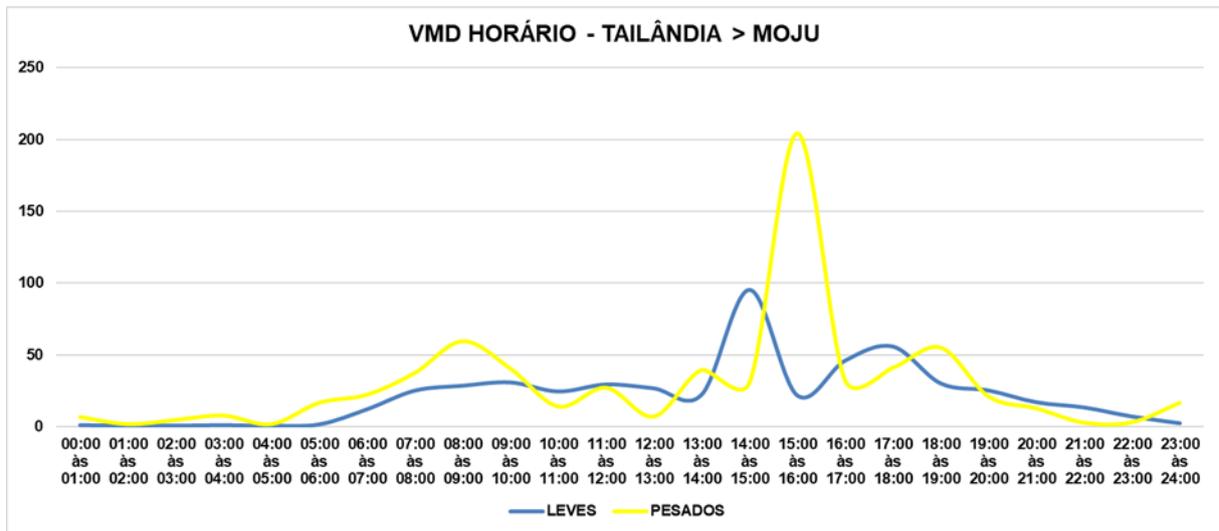


Figura 53: VMD Horário - Tailândia sentido Moju

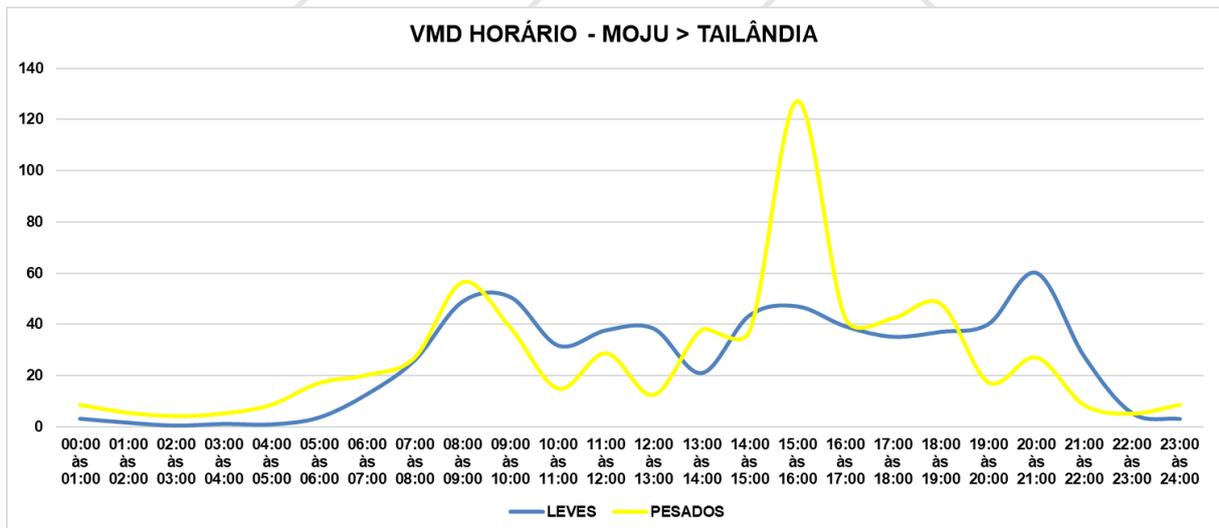


Figura 54: VMD Horário - Moju sentido Tailândia

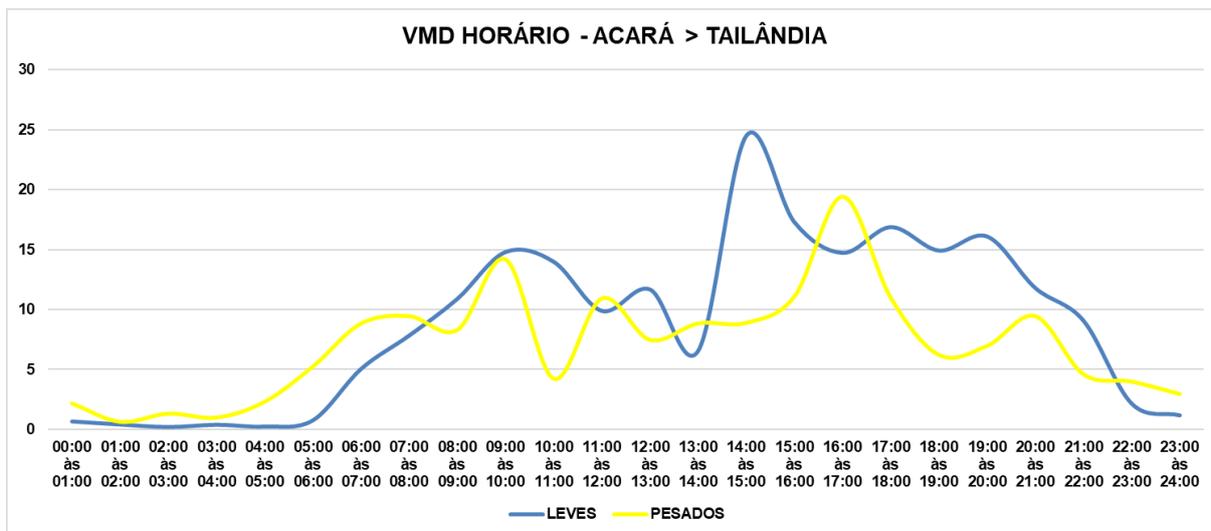


Figura 55: VMD Horário - Acará sentido Tailândia

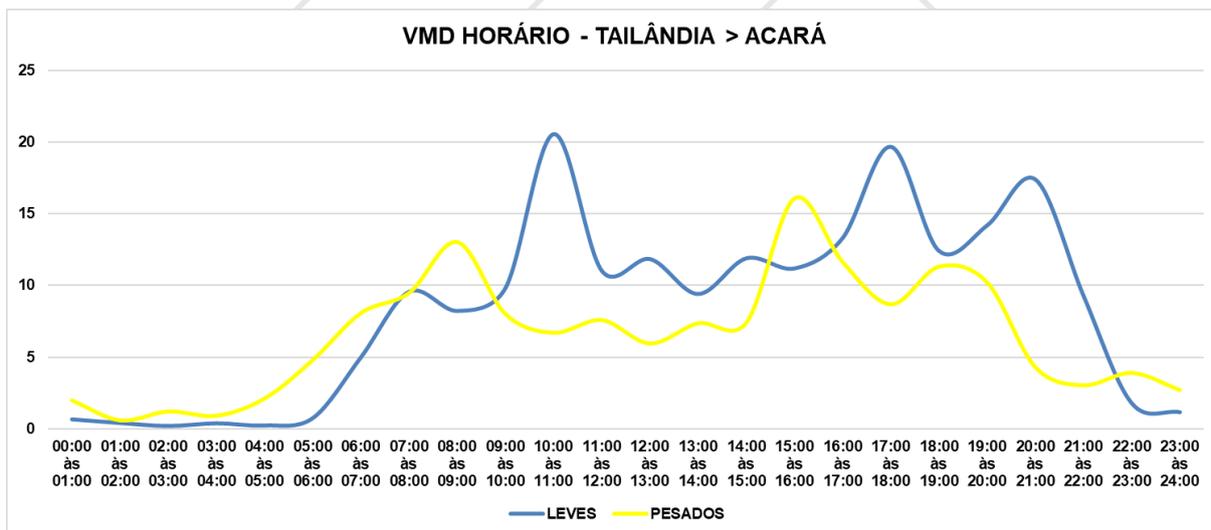


Figura 56: VMD Horário - Tailândia sentido Acará

5.1.5 Ponto 5 – Igarapé-Miri/PA-252/Abaetetuba/Moju

O ponto em análise encontra-se na interseção da PA-252 com a PA-151, como visto na Figura 57. As maiores contagens estão presentes na PA-252, nos sentidos de Abaetetuba e Moju.

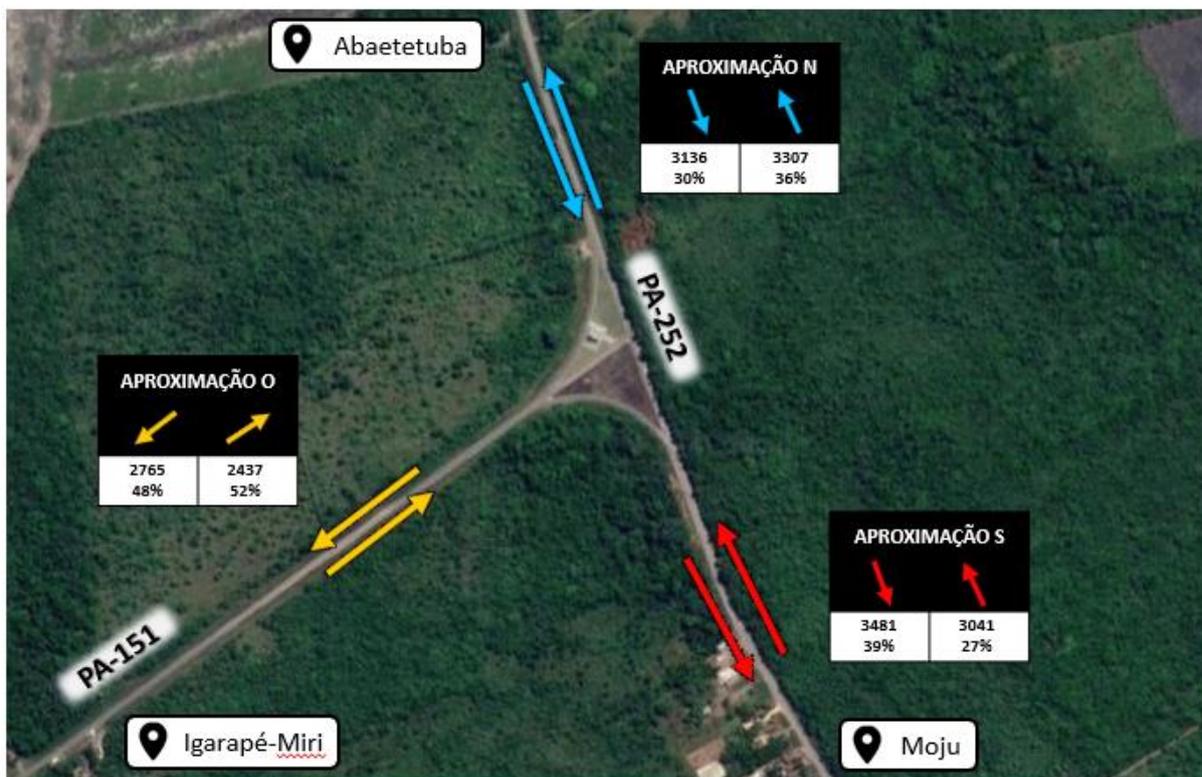


Figura 57: Localização e VMDa - Ponto 5

As figuras a seguir apresentam o comportamento horário do tráfego nos sentidos apresentados.

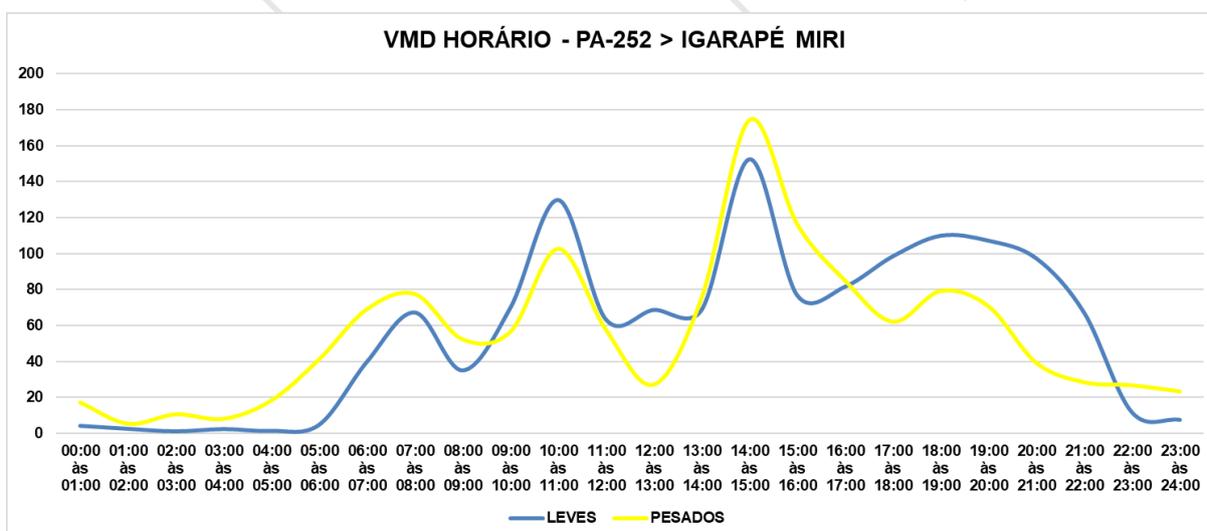


Figura 58: VMD Horário - PA-252 > Igarapé-Miri

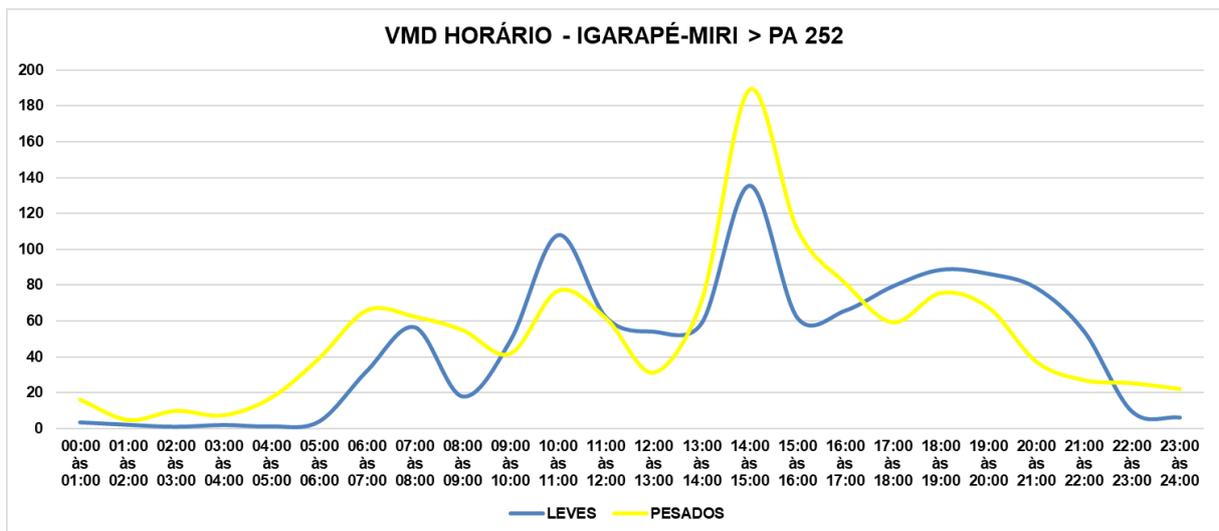


Figura 59: VMD Horário - Igarapé-Miri > PA-252

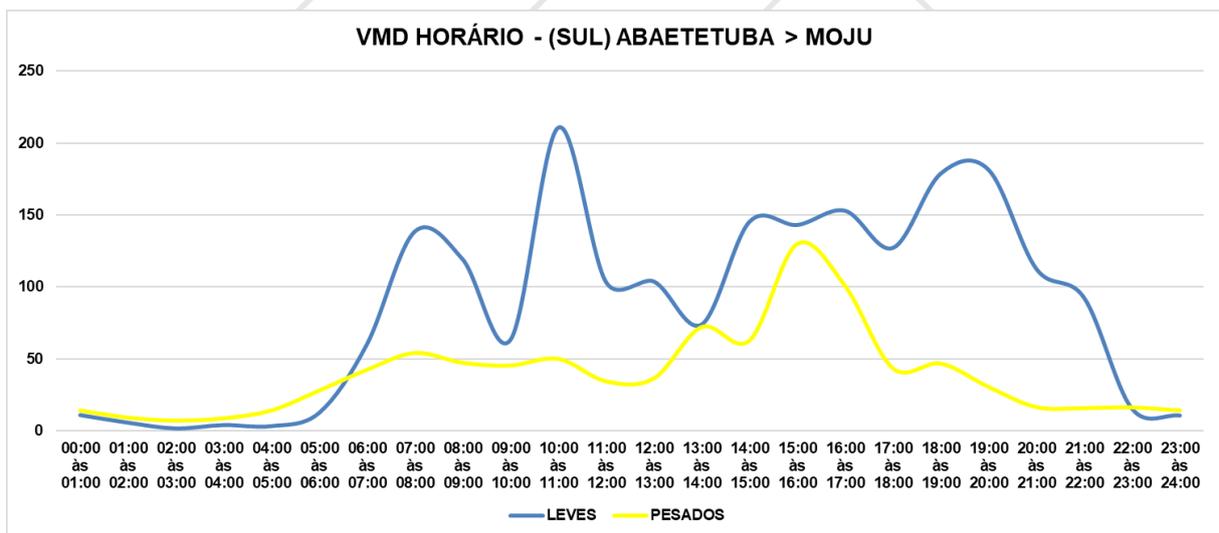


Figura 60: VMD Horário - (Sul) Abaetetuba > Moju

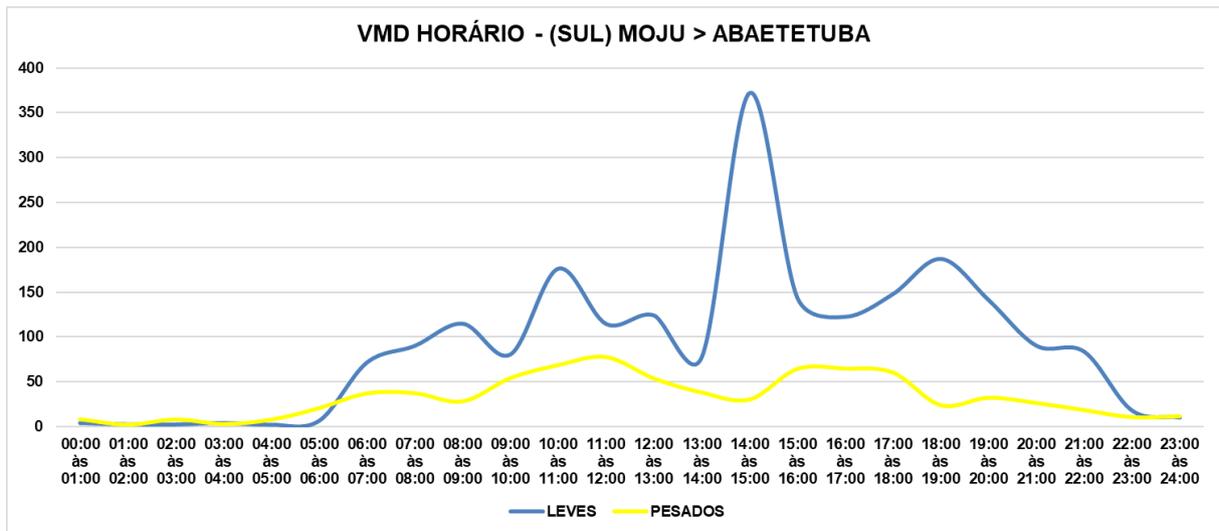


Figura 61: VMD Horário - (Sul) Moju > Abaetetuba

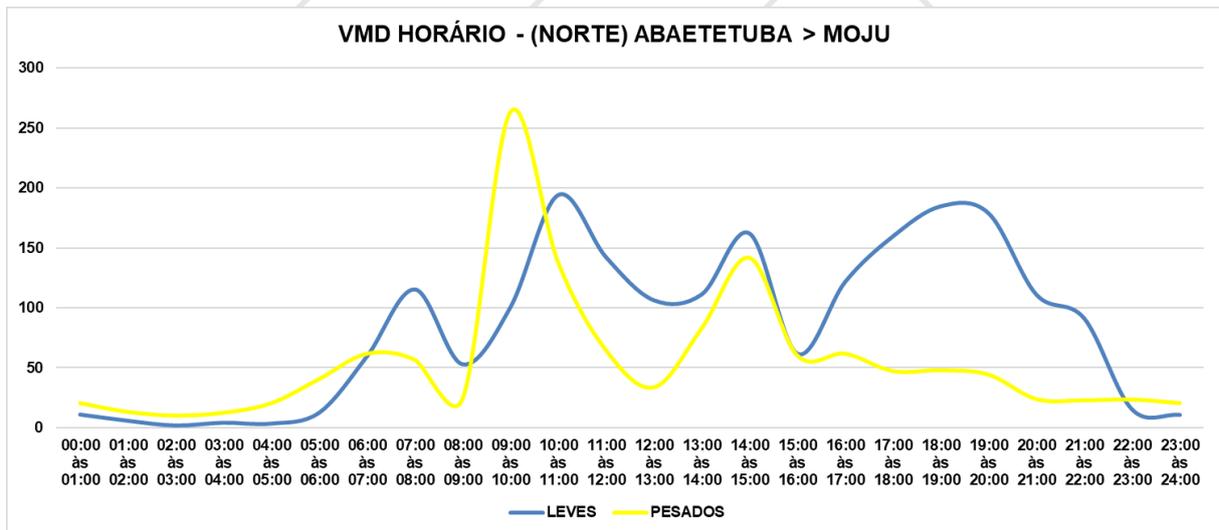


Figura 62: VMD Horário - (Norte) Abaetetuba > Moju

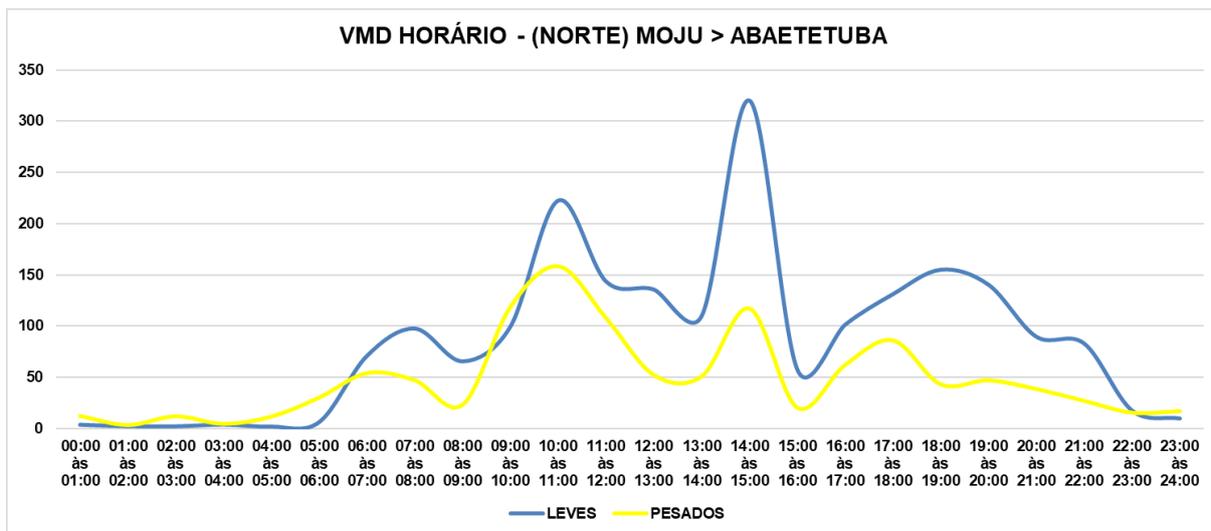


Figura 63: VMD Horário - (Norte) Moju > Abaetetuba

5.1.6 Ponto 6 – Rotatória Barcarena/Arapari/Belém/Abaetetuba

O ponto em análise encontra-se em uma rotatória no entroncamento das PA-151 e PA-483, como visualizado na Figura 64. Os maiores volumes estão presentes na aproximação sudeste, sentido Belém.



Figura 64: Localização e VMDa - Ponto 6

As figuras a seguir apresentam o comportamento horário do tráfego nos sentidos apresentados.

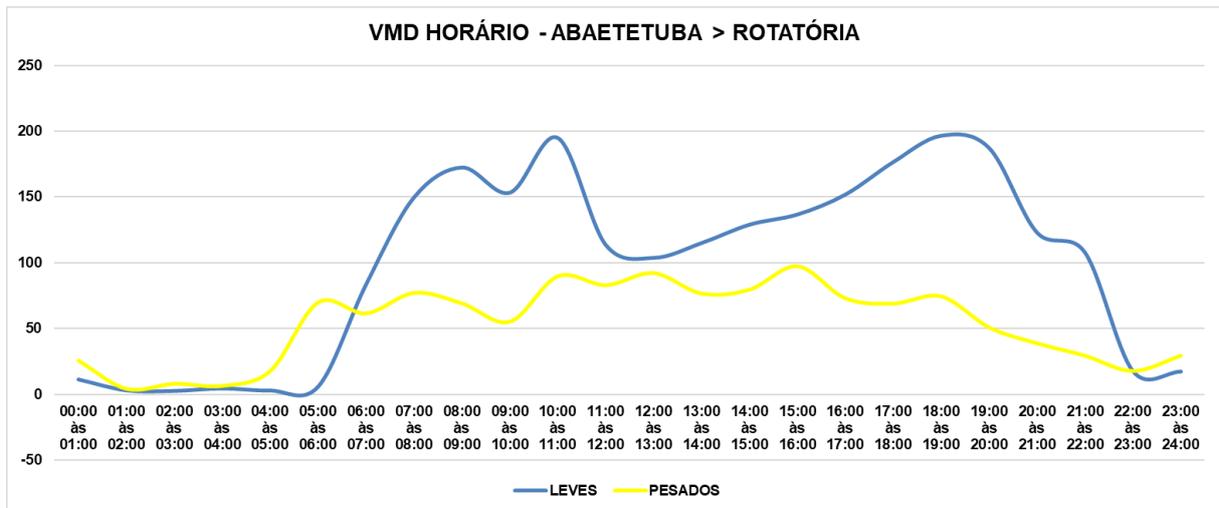


Figura 65: VMD Horário - Abaetetuba > Rotatória

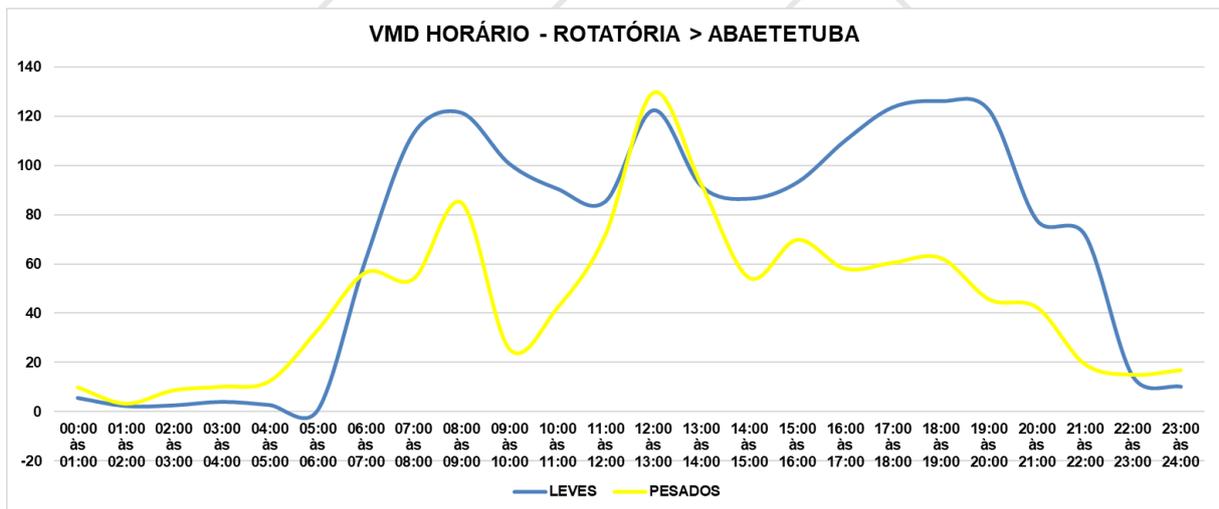


Figura 66: VMD Horário - Rotatória > Abaetetuba

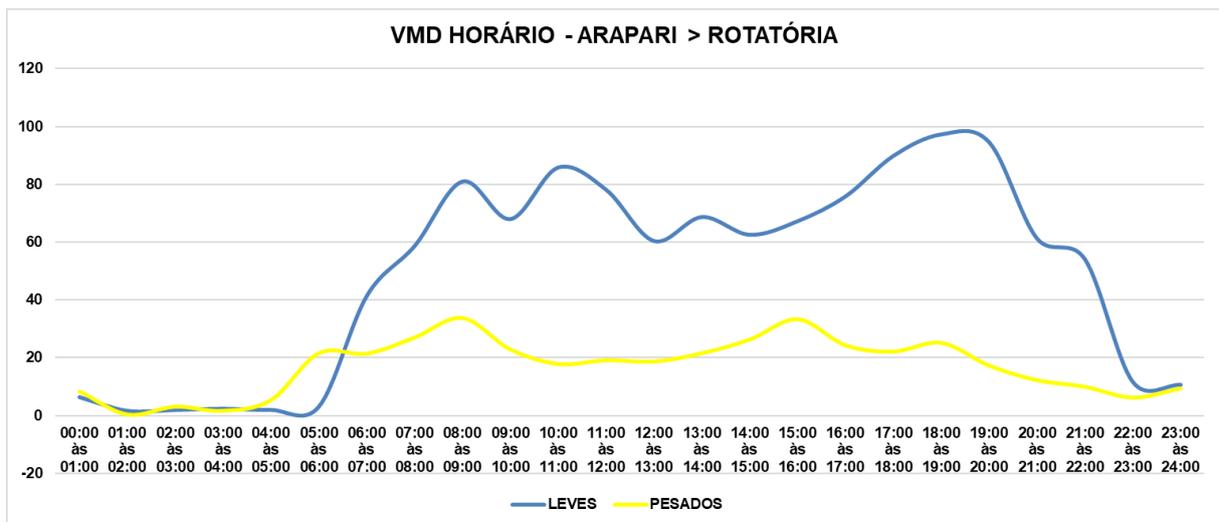


Figura 67: VMD Horário - Arapari > Rotatória

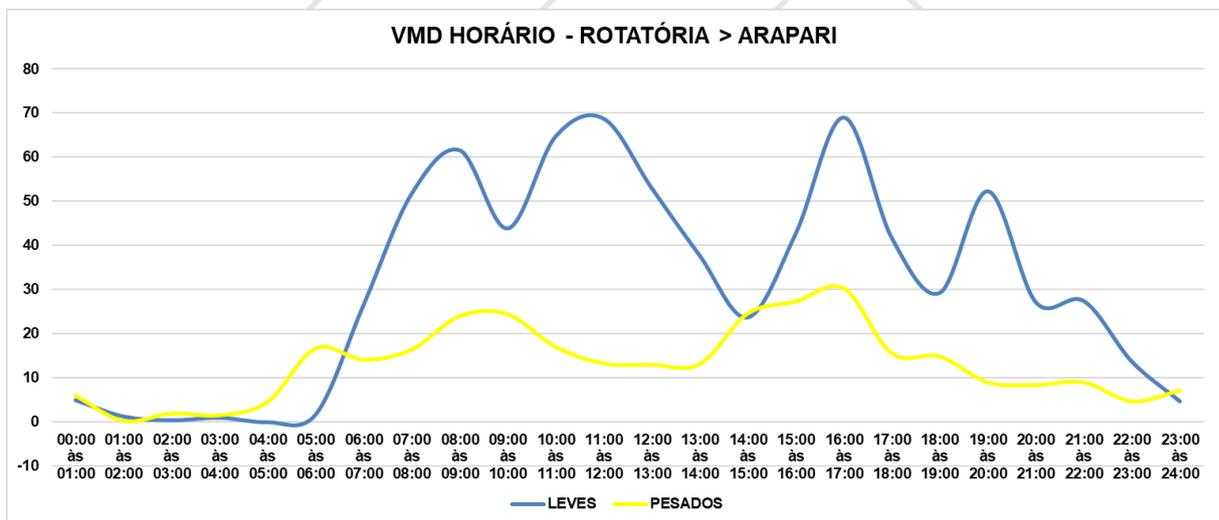


Figura 68: VMD Horário - Rotatória > Arapari

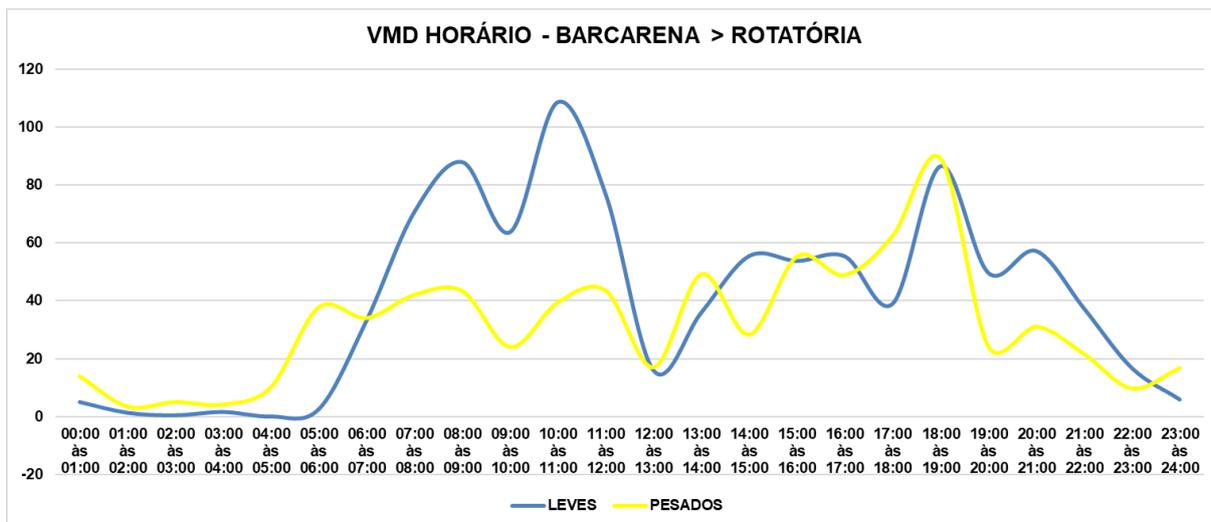


Figura 69: VMD Horário - Barcarena > Rotatória

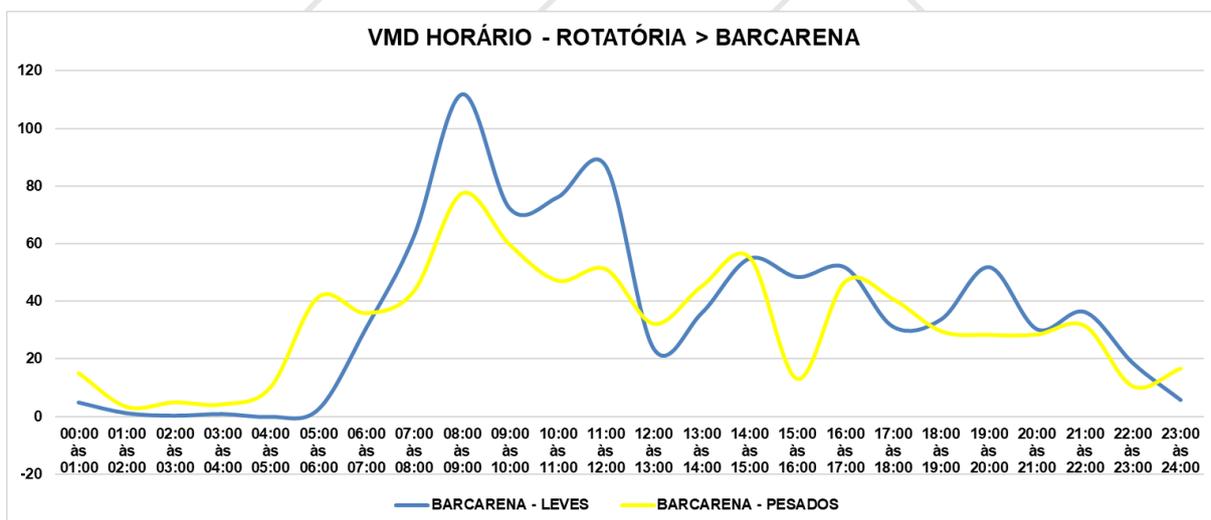


Figura 70: VMD Horário - Rotatória > Barcarena

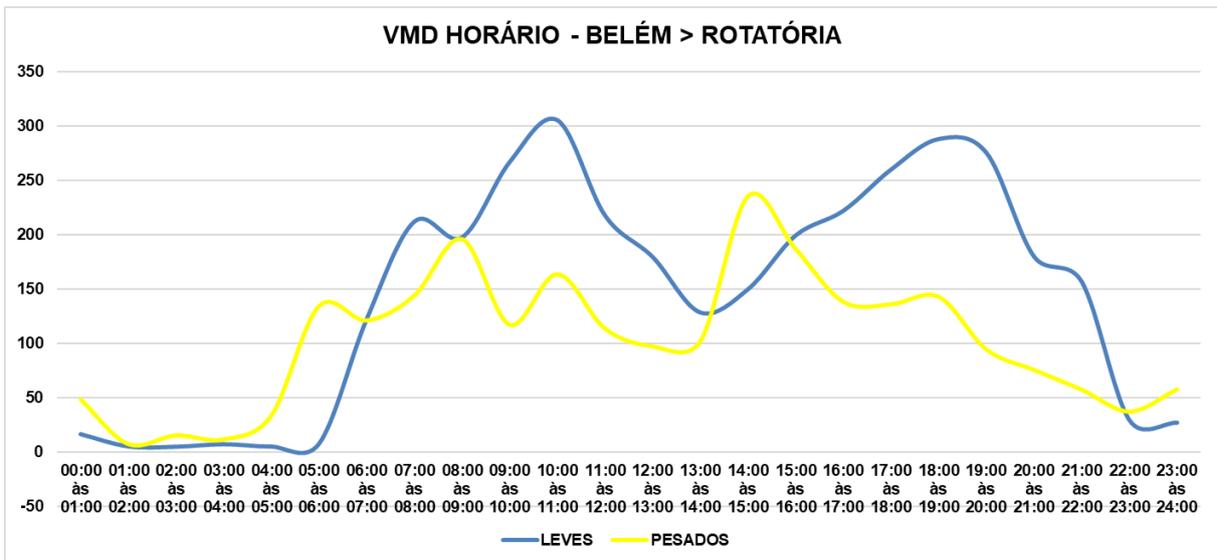


Figura 71: VMD Horário - Belém > Rotatória

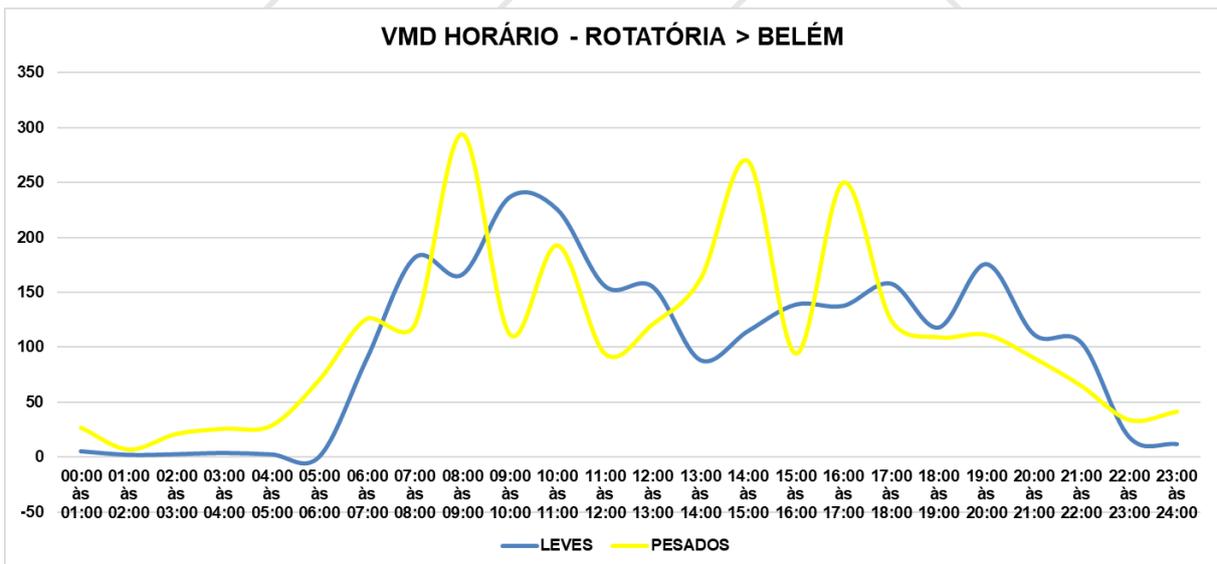


Figura 72: VMD Horário - Rotatória > Belém

5.1.7 Ponto 7 – Belém/Acará/Ponte

O posto de Acará está localizado na Alça Viária, antes do entroncamento com a perna sul e ponte sobre o braço do rio Moju, próximo à saída para o perímetro urbano de Acará. Na Figura 73 estão apresentados os movimentos contabilizados e os respectivos volumes de tráfego.

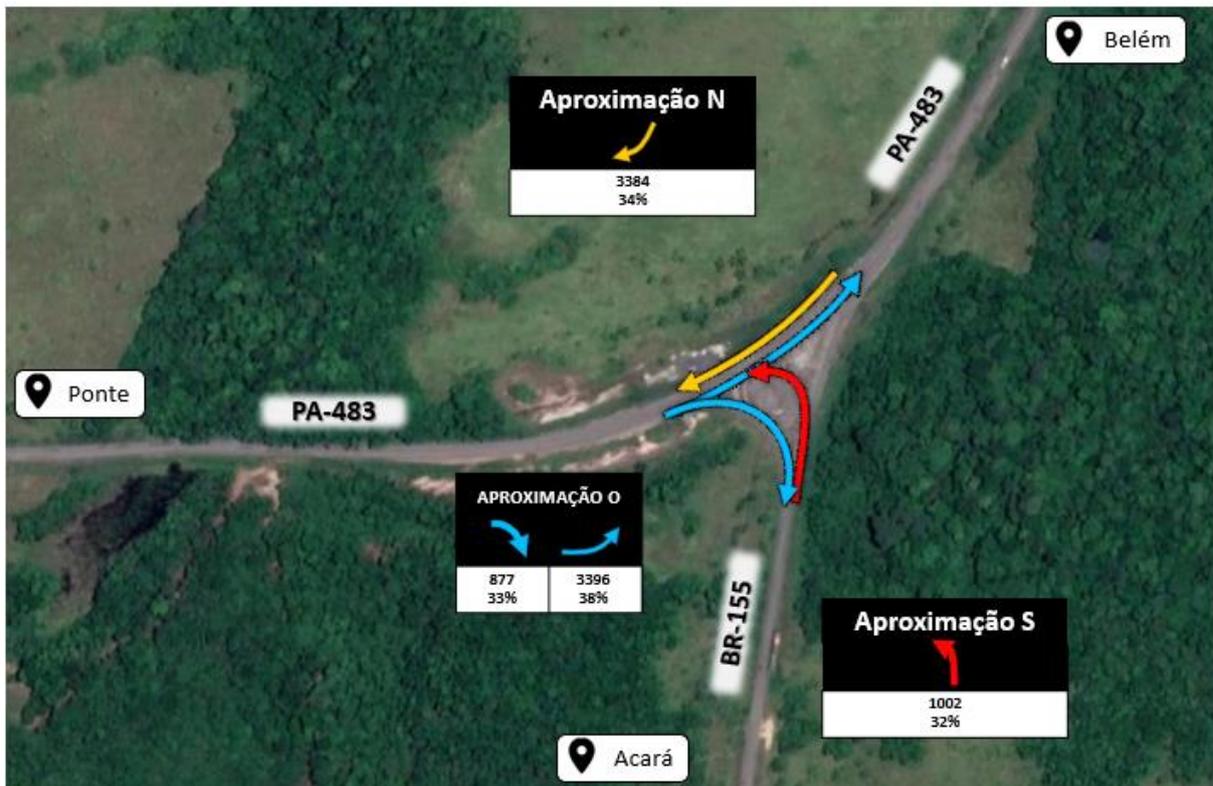


Figura 73: Localização e VMDa - Ponto 7

As figuras a seguir apresentam o comportamento horário do tráfego nos sentidos apresentados.

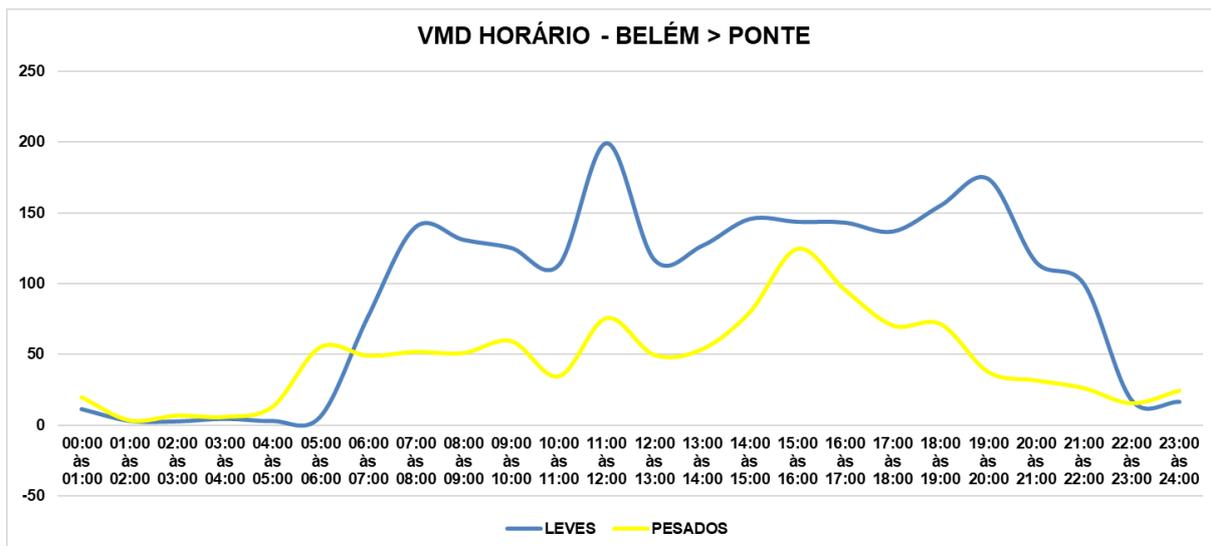


Figura 74: VMD Horário - Belém > Ponte

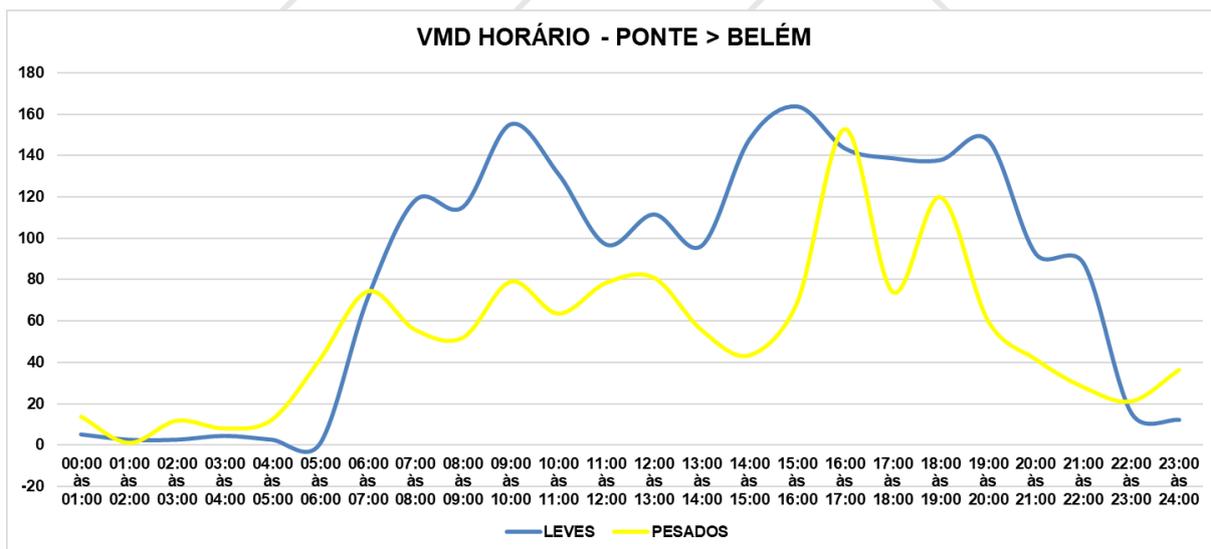


Figura 75: VMD Horário - Ponte > Belém

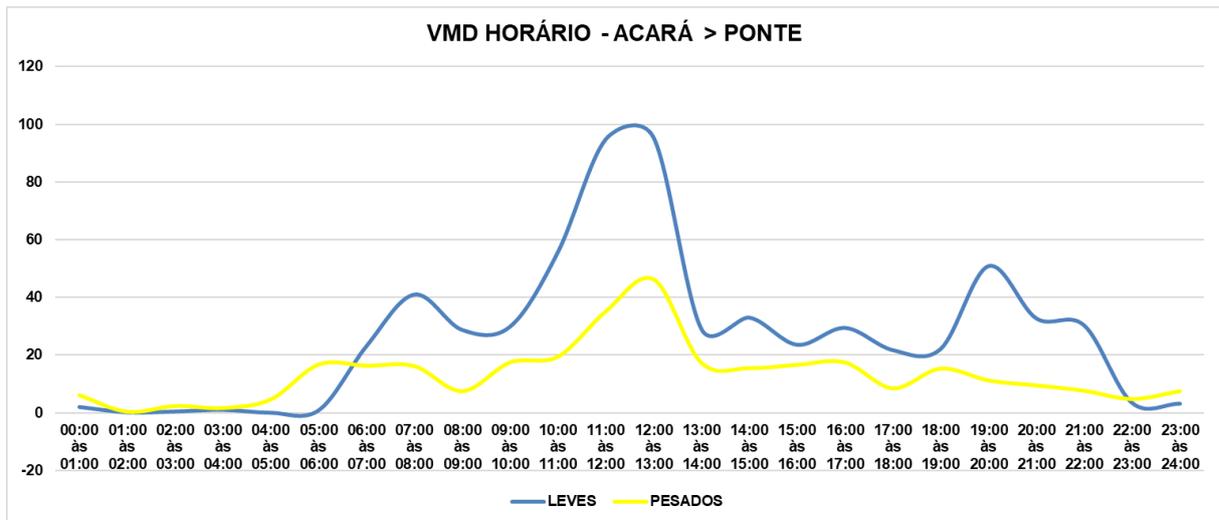


Figura 76: VMD Horário - Acará > Ponte

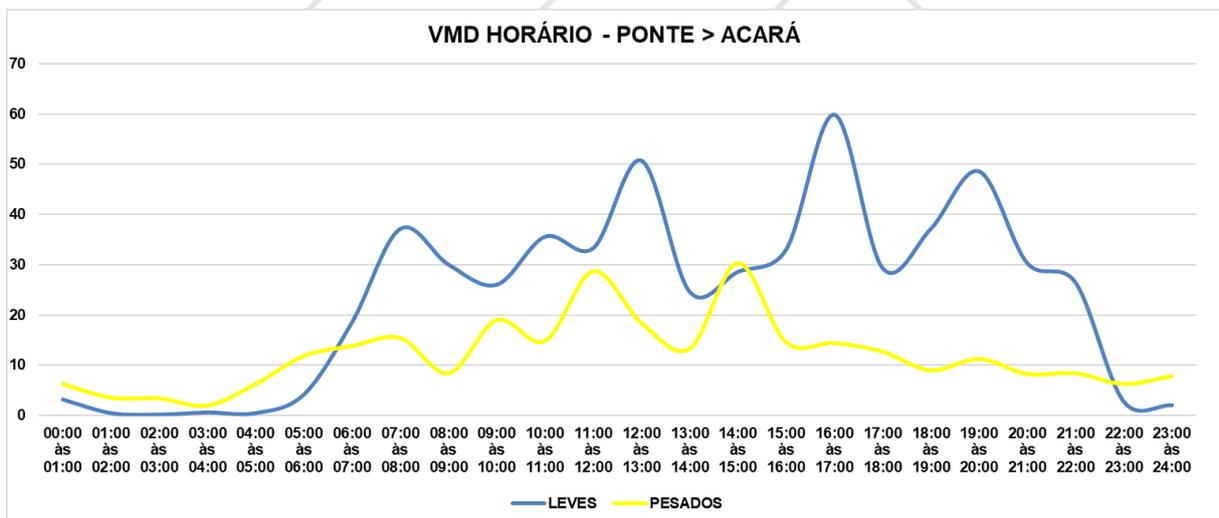


Figura 77: VMD Horário - Ponte > Acará

5.2 CONTAGENS REALIZADAS EM 2019

Os postos apresentados a seguir tiveram contagens realizadas em 2019.

5.2.1 Posto de Castanhal

O posto de Castanhal está localizado na BR-010/PA, nas proximidades do posto da PRF local e do km 403.

Na figura a seguir estão apresentados os movimentos contabilizados com os respectivos volumes de tráfego contabilizados e a partir do gráfico da Figura 79 pode-se notar o comportamento do tráfego ao longo do dia.



Figura 78: Localização e VDM – P01

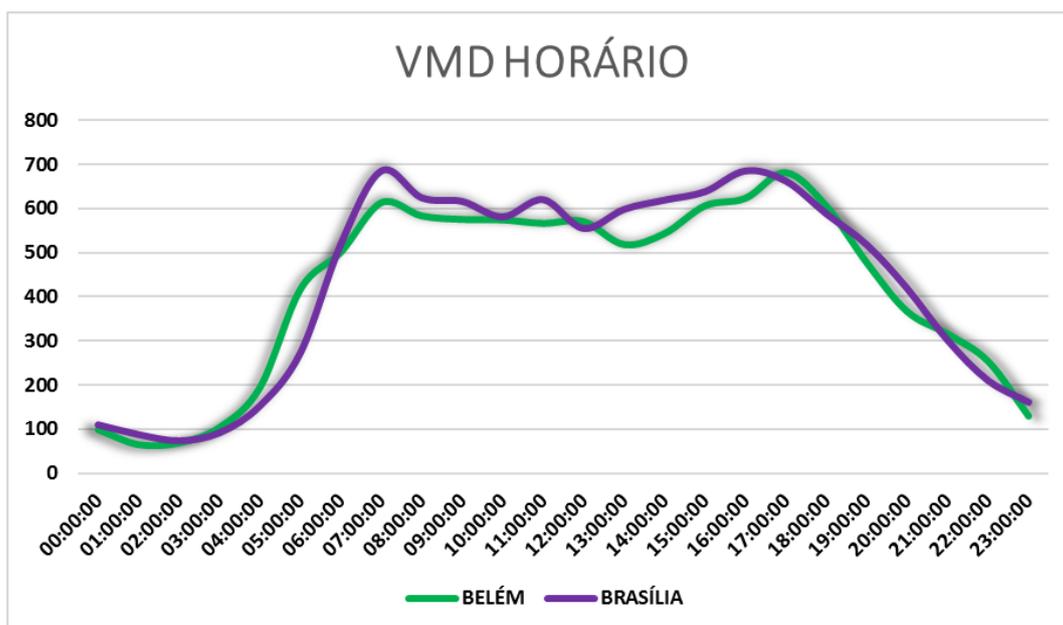


Figura 79: Comportamento horário – P01

Através do gráfico supra notam-se picos de tráfego bem definidos entre as 6h e 7h e posteriormente após as 17h até 18h. No entropicos o volume é bem similar com um volume na ordem de 600 veículos horas.

Os resultados da pesquisa indicaram uma composição do tráfego majoritariamente de veículos leves, com veículos pesados (comercial leve veículos até 4 eixos e comerciais pesados veículos acima de 4 eixos) variando entre 27% e 32% do volume total, conforme observado na Figura 80 .

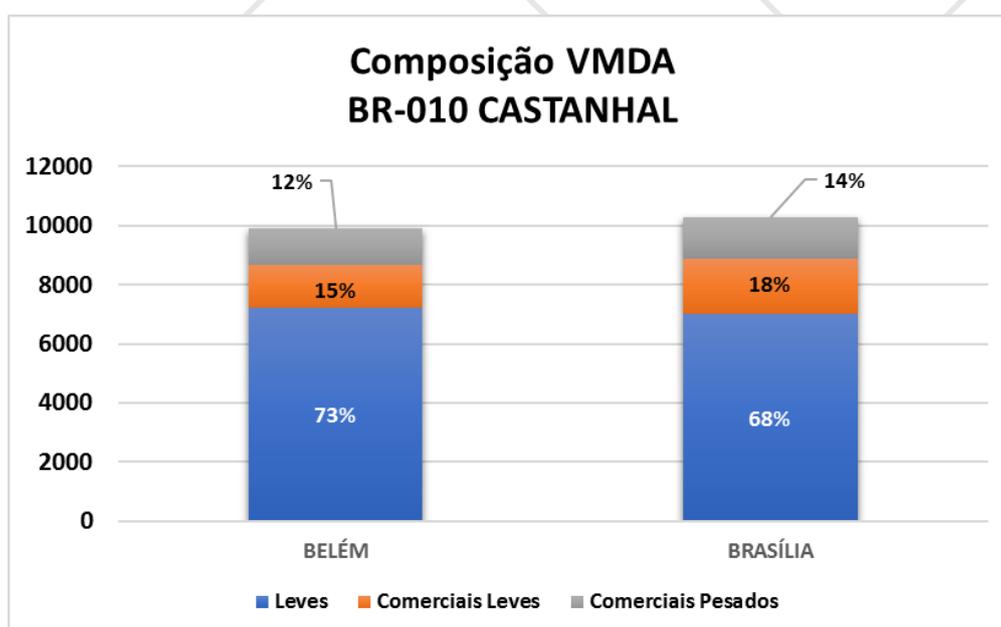


Figura 80: Composição do Tráfego - P01

5.2.2 Posto de Ananindeua

O posto de Ananindeua está localizado na BR-316/PA, altura do km 9, nas proximidades da alça viária do Pará, limite com Marituba.

Na figura a seguir estão apresentados os movimentos contabilizados e os respectivos volumes de tráfego. No do gráfico da Figura 82 pode-se notar o comportamento do tráfego ao longo do dia.



Figura 81: Localização e VDM – P03

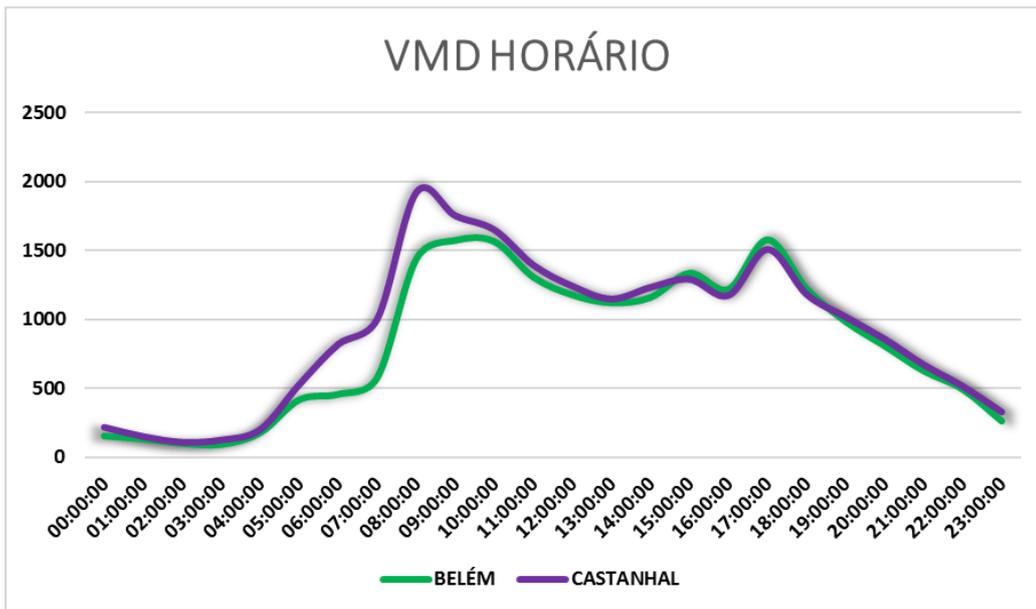


Figura 82: Comportamento horário – P03

Pode-se observar um volume médio horário da ordem 1200 veículos. Há também um comportamento similar entre as pistas sentido Belém e Castanhal. Os maiores picos encontrados são compreendidos entre 8h e 9h, confirmando o comportamento esperado em rodovias muito próximas ou dentro de áreas urbanas.

Os resultados da pesquisa indicaram uma composição do tráfego majoritariamente de veículos leves, com veículos pesados (comercial leve veículos até 4 eixos e comerciais pesados veículos acima de 4 eixos) variando entre 14% e 16% do volume total, conforme observado na Figura 83.

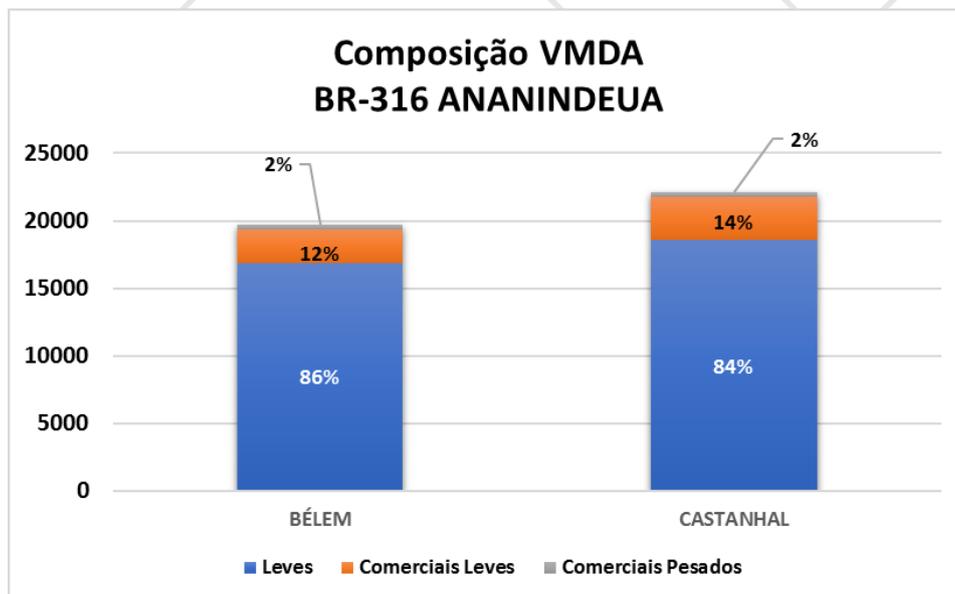


Figura 83: Composição do Tráfego - P03

5.2.3 Posto de Pramajá (Barcarena) – Prox. Ao Trevo do Peteca

O posto de Pramajá, localizado no município de Barcarena/PA, compreende a PA-483 e o acesso ao Porto de Vila do Conde conforme ilustra a Figura 84.

Na figura a seguir estão apresentados os movimentos contabilizados e os respectivos volumes de tráfego. No do gráfico da Figura 85 pode-se notar o comportamento do tráfego ao longo do dia.

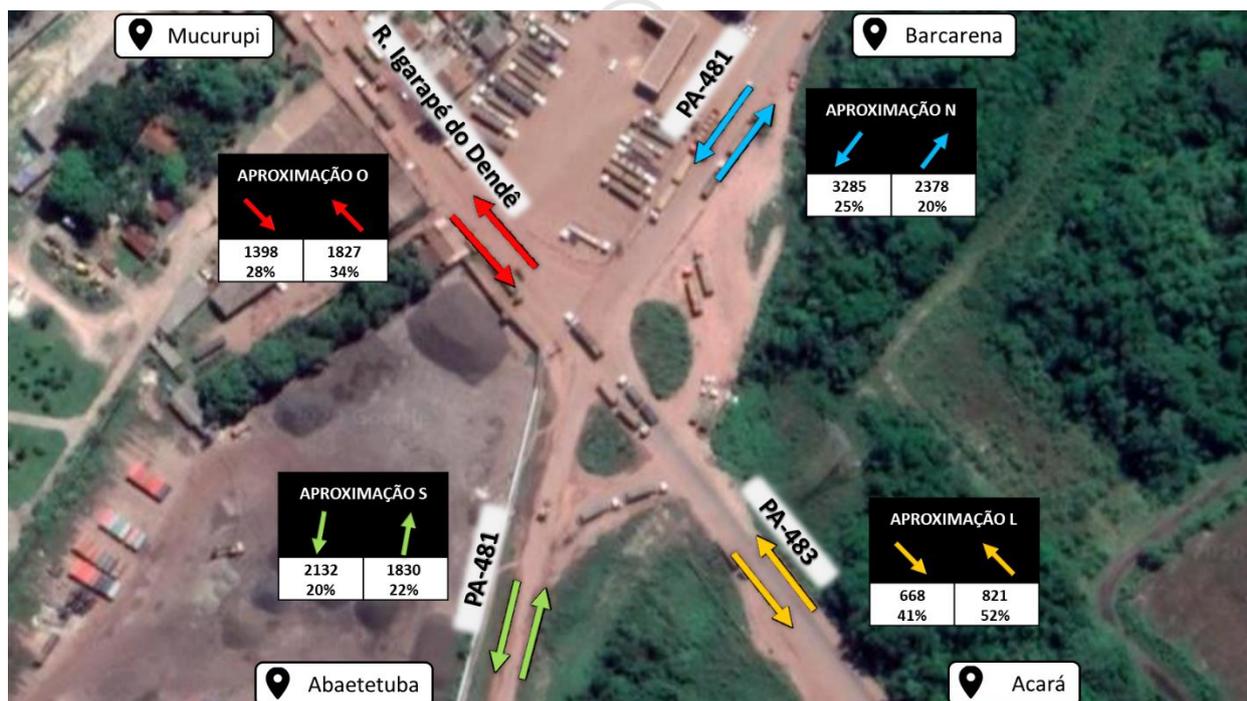


Figura 84: Localização e VDM – P09



Figura 85: Comportamento horário – P09

O gráfico anterior corresponde a soma de todos os movimentos contabilizados nas aproximações e verifica-se um pico de tráfego bem definido, iniciando entre 16h até as 17h, com um volume na ordem de 1.300 veículos hora.

Os levantamentos deste posto resultaram em um volume de pesados de aproximadamente 28% do total de veículos pesquisados, conforme pode ser verificado na Figura 86.

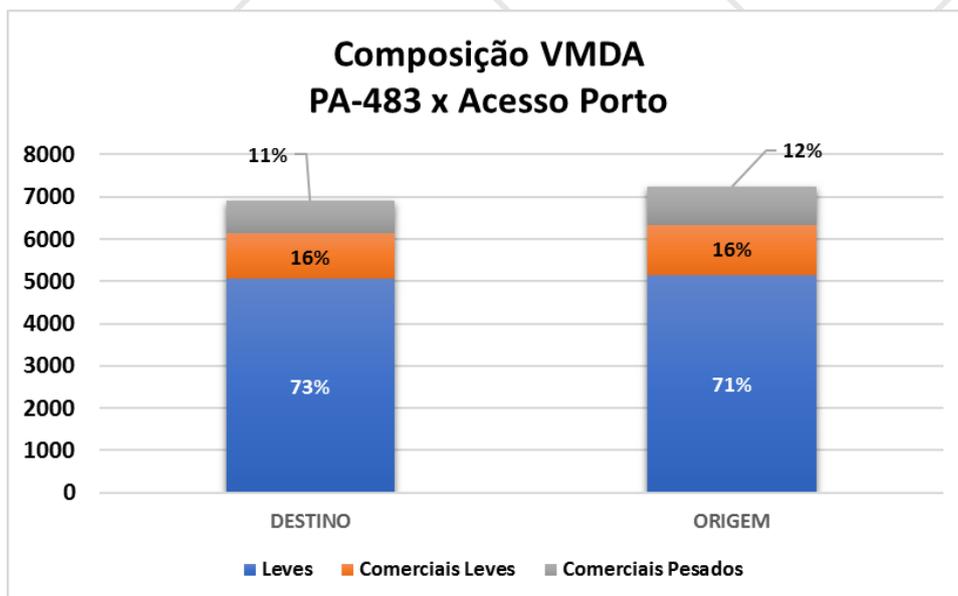


Figura 86: Composição do Tráfego - P09

5.2.4 Posto de Abaetetuba (PA-151)

O posto da PA-151 em Abaetetuba está localizado entre o acesso à PA-483 e o acesso à Igarapé-Miri/PA. O local de pesquisa foi na seção da rodovia próximo ao posto da polícia rodovia estadual.

Na figura a seguir estão apresentados os movimentos contabilizados e os respectivos volumes de tráfego. No do gráfico da Figura 88 tem-se o comportamento diário do tráfego no trecho em questão a partir da média dos sete dias de pesquisa.



Figura 87: Localização e VDM – P05

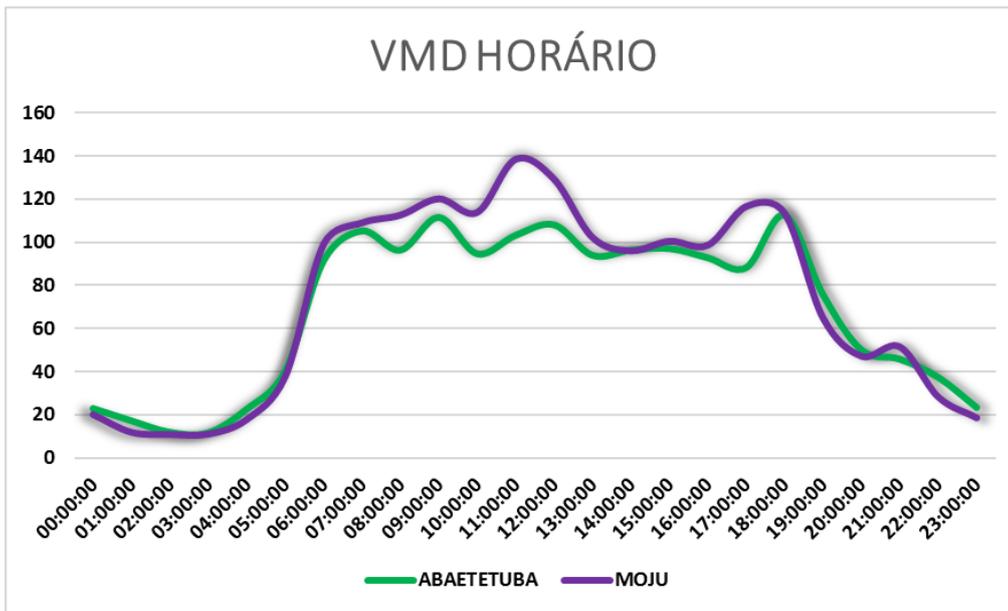


Figura 88: Comportamento horário – P05

Observa-se no gráfico um comportamento similar entre os sentidos de circulação, com um volume médio na ordem de 120 veículo hora, por sentido. A pista em direção à Moju / Marabá é se apresentou mais movimentada ao longo dos dias de pesquisa

A composição do tráfego encontrada no posto de contagem da PA-151 se resume a 33% de veículos pesados e 67% de veículos de passeio, conforme indica a Figura 89.

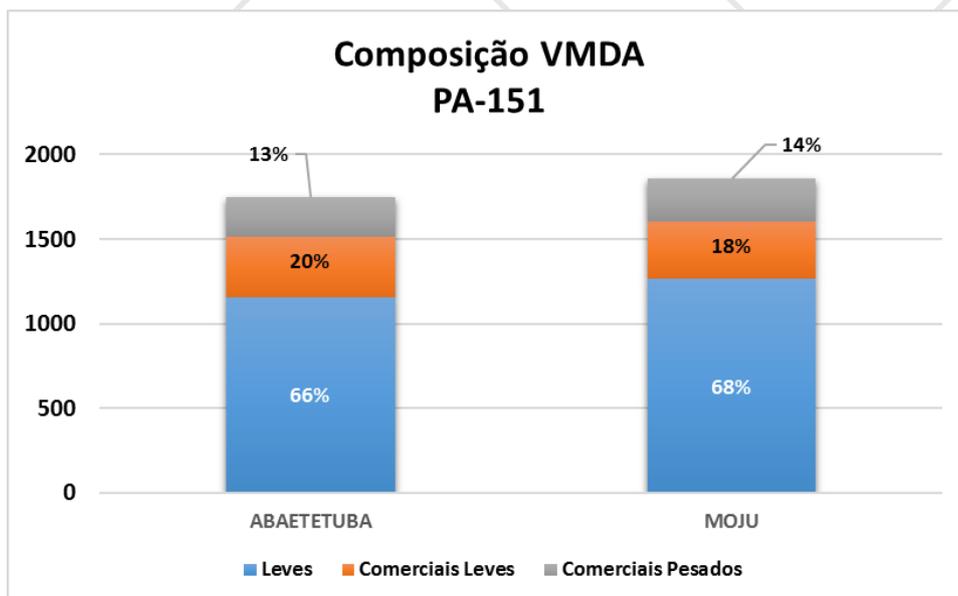


Figura 89: Composição do Tráfego - P05

5.2.5 Postos PA-150, PA-252 e PA-475

Ao longo da rodovia PA-150 entre Marabá e Moju foram estabelecidos postos de contagem, os quais foram alocados sempre nas seções entre cidades entroncamentos. Nas figuras seguintes estão apresentados os movimentos contabilizados e os respectivos volumes de tráfego. No gráfico da Figura 91 tem-se o comportamento diário do tráfego no trecho em questão a partir da média dos sete dias de pesquisa.

O posto da PA-150 nas proximidades de Morada Nova, em Marabá, contabilizou os movimentos de acesso a rodovia estadual bem como os movimentos da BR-222, segundo ilustrado na Figura 90 adiante.

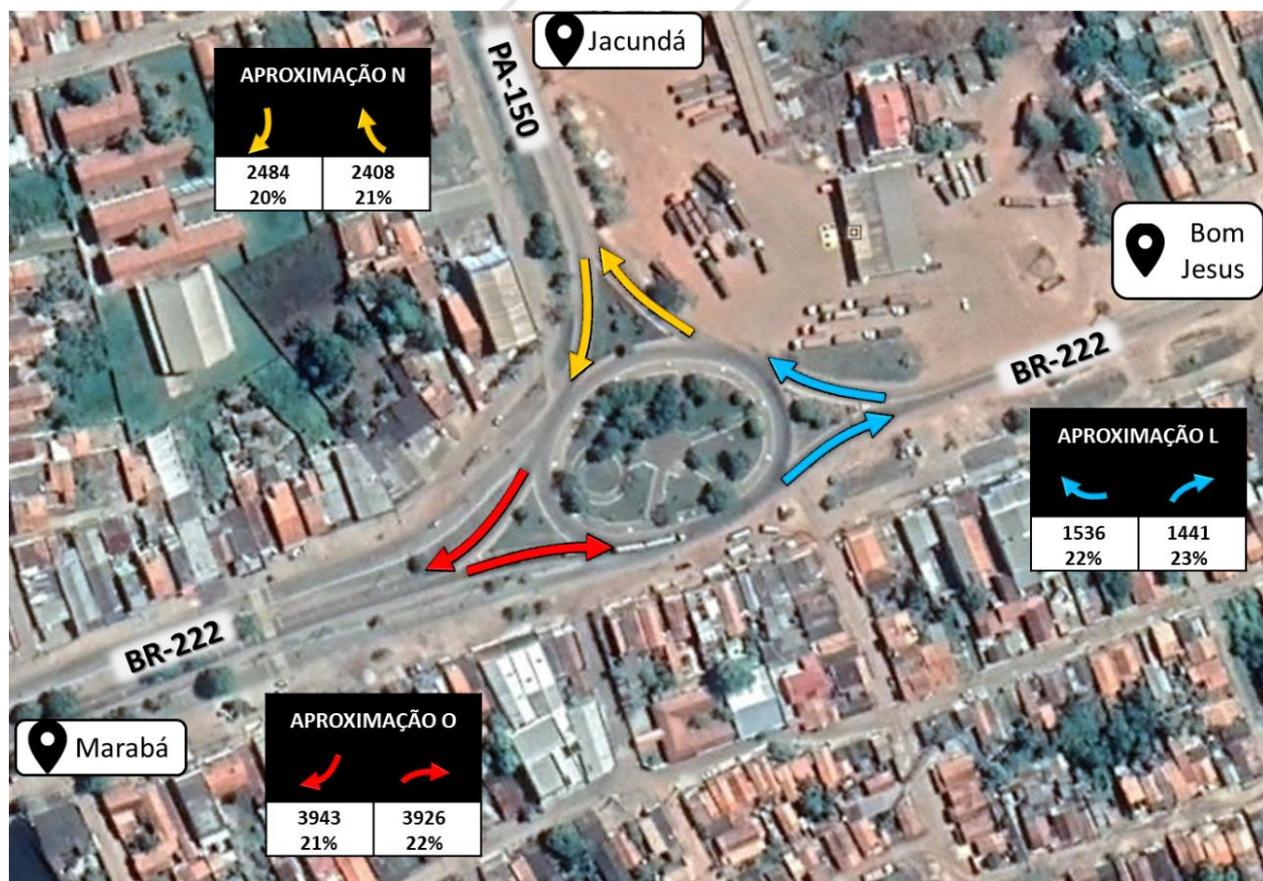


Figura 90: Localização e VDM

No gráfico apresentado na Figura 91 são ilustrados o comportamento do volume por hora, considerando a média dos sete dias de pesquisa.

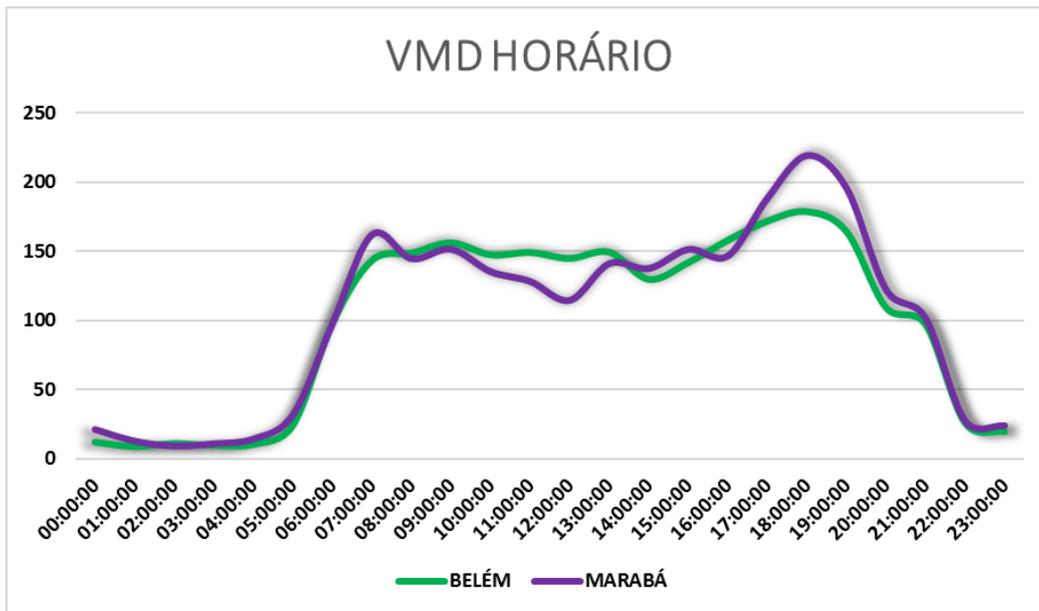


Figura 91: Comportamento horário – P08

Verifica-se um comportamento uniforme na maior parte do dia, com volumes variando entre 150 a 170 veículos por hora. O pico foi encontrado iniciando às 17h, com ápice às 18h até às 19h, e com valores superiores a 200 veículos.

A composição do tráfego se resume a 21% em média de veículos pesados conforme indica a Figura 89.

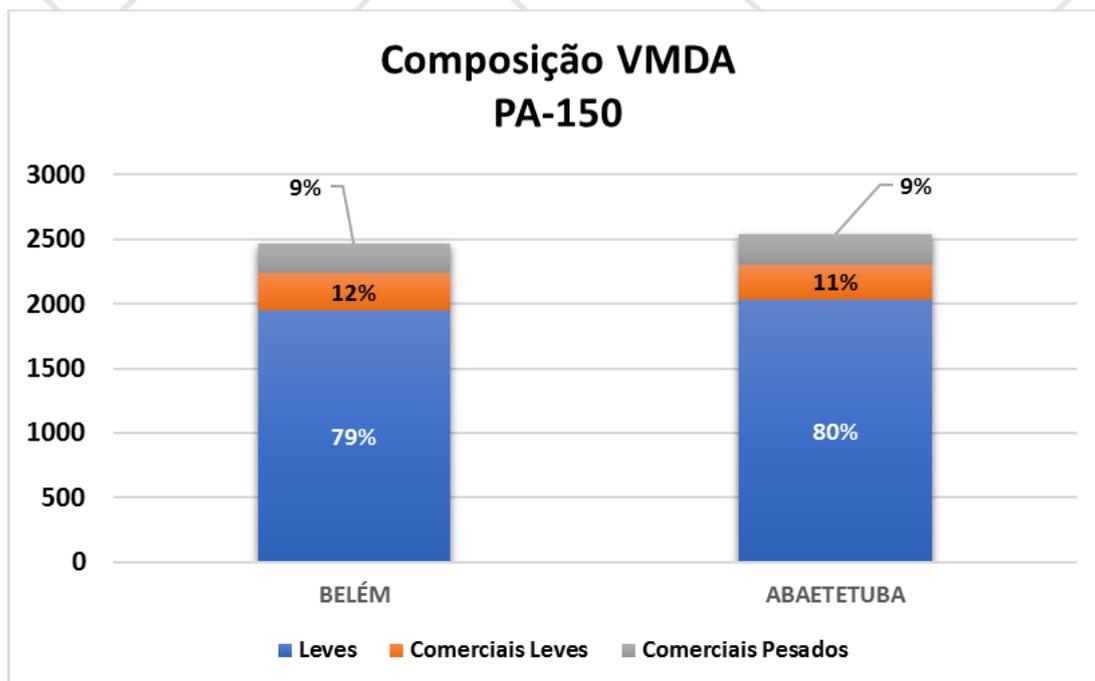


Figura 92: Composição do Tráfego - P05

6 MODELO DE CRESCIMENTO DE TRÁFEGO

6.1 Introdução

Prever como o tráfego varia ao longo dos anos tem sido uma das tarefas mais complexas em estudos de projeção, sobretudo em tempos de crise e incertezas comerciais/econômicas. Por esse motivo e devido à complexidade peculiar no que tange a projeção de tráfego das rodovias em questão, buscou-se diversas fontes para encontrar os resultados mais aderentes ao estado do Pará, o que será explicado mais adiante.

Porém, antes é importante destacar que os estudos de tráfego para previsão dos volumes de veículos futuro utilizam uma projeção geométrica ou exponencial dada pela equação seguinte.

$$V_f = Va \times (1 + t)^n \quad (6.1)$$

Onde:

V_f = Volume futuro no ano n

V_a = Volume atual

t = taxa de crescimento

n = número de anos decorridos em relação ao volume atual

Conforme o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (DNIT, 2006) o tráfego cresce a taxas relativamente lentas, sendo recomendado pelo órgão, uma taxa de crescimento anual de 3%, próxima da taxa de crescimento econômico do país como um todo, o que resulta em uma função exponencial.

A aplicação da taxa de crescimento anual de 3% é recomendada nas situações em que não se é possível a obtenção de modelos de previsão do tráfego em função de variáveis socioeconômicas.

Sempre que possível, os modelos de crescimento do tráfego podem utilizar, por meio da técnica de regressões, para previsão de uma situação futura, variáveis explicativas como: Produto Interno Bruto (PIB), população, emprego, renda, frota de veículos, entre outras, em que a taxa de variação do tráfego é obtida pela taxa de variação da variável explicativa.

Porém o tráfego apresenta características peculiares que variam de região para região em que uma série de fatores podem provocar a sua alteração, que vão desde a melhoria no pavimento, aberturas de empresas

ao longo do trecho ou influências econômicas locais que não são representadas estatisticamente e que tornam a obtenção de modelos de crescimento pouco confiáveis e de difícil obtenção.

De modo geral, admite-se o Produto Interno Bruto (PIB) nacional como sendo a variável de maior influência sobre o tráfego, uma vez que a matriz modal do Brasil se concentra no transporte rodoviário e a utilização do automóvel particular para atividades de trabalho, estudo e lazer ainda é preponderante em relação aos outros modos.

Um outro fator para se adotar o PIB como variável explicativa é o fato de se ter uma longa série histórica do dado e ainda ser possível obter alguma previsão para anos futuros.

Como indicador da variação do tráfego, foram utilizados os dados do índice ABCR (Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias) a nível Brasil.

Tal indicador foi adotado por se ter um histórico de 22 anos (1999 a 2020) e entre os testes realizados com outras variáveis apresentadas a seguir foi a única que apresentou um coeficiente de elasticidade coerente e coeficiente de correlação significativo.

Dessa forma então, o modelo que será demonstrado a seguir possui como variável dependente a variação do tráfego nacional obtida por meio dos índices ABCR de 1.999 a 2020 e, como variável independente (explicativa), a variação do PIB Nacional de 1999 a 2020.

6.2 Obtenção da Elasticidade (η) de Crescimento

Para melhor projeção do crescimento do tráfego ao longo do tempo, é prática comum a análise da elasticidade do tráfego em função de variáveis macroeconômicas de uma região ou país. A análise consiste em se determinar, através de séries históricas de dados disponíveis, a variação do tráfego de veículos em função da variação destas variáveis. No caso do Brasil, devido à escassez de dados e de séries históricas suficientemente longas que permitam a validação das análises a serem realizadas, o PIB Nacional costuma ser a variável independente utilizada na determinação da taxa de crescimento de tráfego.

Uma vez definida a variável do modelo de projeção de crescimento do tráfego, a determinação da Elasticidade (η) foi obtida por meio da técnica de linearização da função de Produção Cobb-Douglas expressa por:

$$\ln(Y) = \ln(\alpha) + \beta \ln(x) \quad (6.2)$$

Onde:

Y = Demanda, nesse caso a variação do tráfego.

X = Variável que explica a demanda, nesse caso a variação do PIB Nacional;

α = representa uma constante;

β = É o parâmetro que, calibrado, representa a elasticidade (η).

A elasticidade é representada por β uma vez que se aplicando uma variação em ambos os lados da equação tem-se que:

$$\beta = \frac{\Delta \ln(Y)}{\Delta \ln(X)} = \eta \quad (6.3)$$

Como é necessário trabalhar com logaritmo Neperiano, não é possível obter resultados para valores menores que zero. Logo, como existem taxas de variação negativa, a solução adotada é a normalização dos dados, ou seja, fixa-se a primeira entrada com valor unitário e os demais valores são calculados de forma a representarem uma proporção do valor inicial, conforme equação seguinte.

$$\mathbf{Indice}_{Ano\ n} = \mathbf{Indice}_{Ano\ n-1} \times (1 + \mathbf{taxa\ de\ variação})$$

Por fim, a taxa de variação do tráfego é dada pela multiplicação da taxa de variação percentual do PIB pela elasticidade.

A tabela seguinte apresenta as taxas de variações, os índices e o Logaritmo Neperiano calculado para o PIB Nacional e ABCR.

Tabela 21: Dados para cálculo de elasticidade

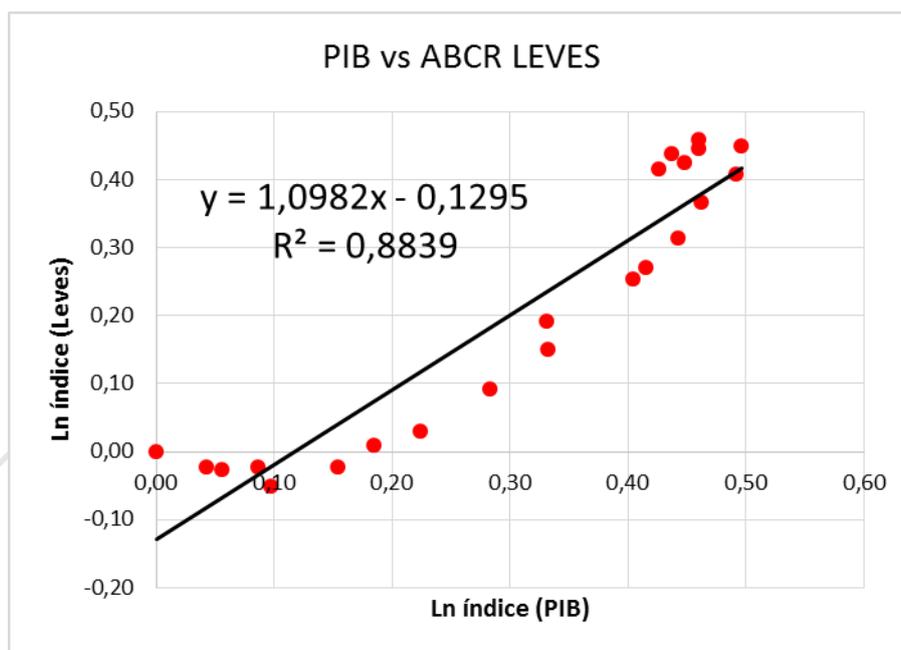
Ano	ABCR LEVES		ABCR PESADOS		PIB NACIONAL		Logaritmo Neperiano		
	Índice ABCR Leves	Taxa de Var Leves	Índice ABCR Pesados	Taxa de Var Pesados	Índice PIB	Taxa de Var. PIB	Ln ABCR Leves	Ln ABCR Pesados	Ln PIB
1999	1,00		1,00		1,00		0,00	0,00	0,00
2000	0,98	-2,39%	1,02	1,60%	1,04	4,39%	-0,02	0,02	0,04
2001	0,97	-0,29%	1,07	5,28%	1,06	1,39%	-0,03	0,07	0,06
2002	0,98	0,39%	1,13	5,47%	1,09	3,05%	-0,02	0,12	0,09
2003	0,95	-2,77%	1,13	0,54%	1,10	1,14%	-0,05	0,13	0,10
2004	0,98	2,78%	1,21	6,30%	1,17	5,76%	-0,02	0,19	0,15
2005	1,01	3,24%	1,22	1,11%	1,20	3,20%	0,01	0,20	0,19
2006	1,03	2,20%	1,23	1,09%	1,25	3,96%	0,03	0,21	0,22
2007	1,10	6,30%	1,30	5,13%	1,33	6,07%	0,09	0,26	0,28
2008	1,16	6,13%	1,36	4,87%	1,40	5,09%	0,15	0,31	0,33
2009	1,21	4,19%	1,32	-2,66%	1,39	-0,13%	0,19	0,28	0,33
2010	1,29	6,30%	1,48	11,66%	1,50	7,53%	0,25	0,39	0,40
2011	1,37	6,30%	1,57	6,14%	1,56	3,97%	0,31	0,45	0,44
2012	1,44	5,34%	1,60	2,38%	1,59	1,92%	0,37	0,47	0,46
2013	1,50	4,25%	1,66	3,18%	1,64	3,00%	0,41	0,50	0,49
2014	1,57	4,19%	1,61	-2,63%	1,64	0,50%	0,45	0,48	0,50
2015	1,56	-0,40%	1,51	-6,17%	1,59	-3,55%	0,44	0,41	0,46
2016	1,51	-2,91%	1,42	-6,10%	1,53	-3,31%	0,41	0,35	0,43
2017	1,55	2,30%	1,44	1,14%	1,55	1,06%	0,44	0,36	0,44
2018	1,53	-1,31%	1,45	1,10%	1,57	1,12%	0,42	0,37	0,45
2019	1,58	3,45%	1,51	4,10%	1,58	1,14%	0,46	0,41	0,46
2020	1,31	-17,09%	1,49	-1,42%	1,52	-4,30%	0,27	0,40	0,42

Fonte: Elaboração Imtraff

A partir dos dados da Tabela 21 foram obtidas as elasticidades para leves e pesados por meio do procedimento de regressão linear.

A figura seguinte apresenta o gráfico de dispersão de pontos da regressão linear para cálculo da elasticidade dos veículos leves. O valor obtido foi de $\eta = 1,0982$, com R^2 de 0,8839 que confere um bom ajuste ao modelo.

Figura 93: Dispersão dos pontos da regressão linear da elasticidade para veículos leves



Fonte: Elaboração Imtraff

A equação calibrada foi submetida aos demais testes estatísticos e se demonstrou válida. O R múltiplo calculado é válido com uma correlação de 0,94 e o R-Quadrado com uma correlação de 0,88, acima de 0,7 (limite usual para variáveis de fenômenos de transportes).

Os testes F, Alfa e Teste T apresentaram valores que confirmam a significância dos coeficientes da equação, uma vez que estão dentro da região crítica de rejeição da hipótese nula. Em outras palavras, há indícios para aceitar a hipótese alternativa dos coeficientes serem significativos com 95% de confiança.

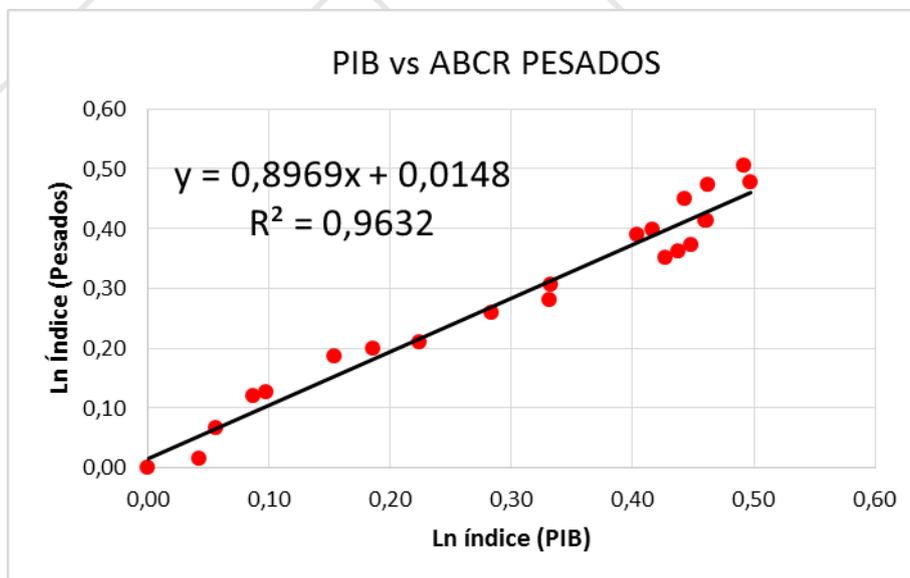
Tabela 22: Análise estatística da elasticidade para veículos leves

RESUMO DOS RESULTADOS											
<i>Estatística de regressão</i>		<i>Validação</i>									
R múltiplo	0,94	OK									
R-Quadrado	0,88	OK									
R-quadrado ajustado	0,88	OK									
Erro padrão	0,07	OK									
Observações	22										
ANOVA											
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F tabelado (0,95;1;20)</i>	<i>Teste F</i>	<i>F de significação</i>	<i>Alfa</i>	<i>Teste Alfa</i>		
Regressão	1	0,72	0,72	152,26	4,35	OK	8,29E-11	0,05	OK		
Resíduo	20	0,09	0,00								
Total	21	0,82									
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>T tabelado (crítico) (0,975;20)</i>	<i>Teste T</i>	<i>valor-P</i>	<i>Alfa</i>	<i>Teste Alfa</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>IC 95%</i>
Interseção	-0,1295	0,03	-4,18	2,086	OK	4,61E-04	0,05	OK	-0,19	-0,06	OK
Ln PIB	1,0982	0,09	12,34	2,086	OK	8,29E-11	0,05	OK	0,91	1,28	OK

Fonte: Elaboração Imtraff

Para os veículos pesados, a elasticidade calculada foi de $\eta = 0,8969$ com um $R^2 = 0,9632$, que demonstra uma boa relação entre as variáveis.

Figura 94: Dispersão dos pontos da regressão linear da elasticidade para pesados



Fonte: Elaboração Imtraff

A equação calibrada foi submetida aos demais testes estatísticos e o intercepto y não apresentou contribuição ao modelo, conforme pode-se verificar adiante.

Tabela 23: Análise estatística da elasticidade para pesados

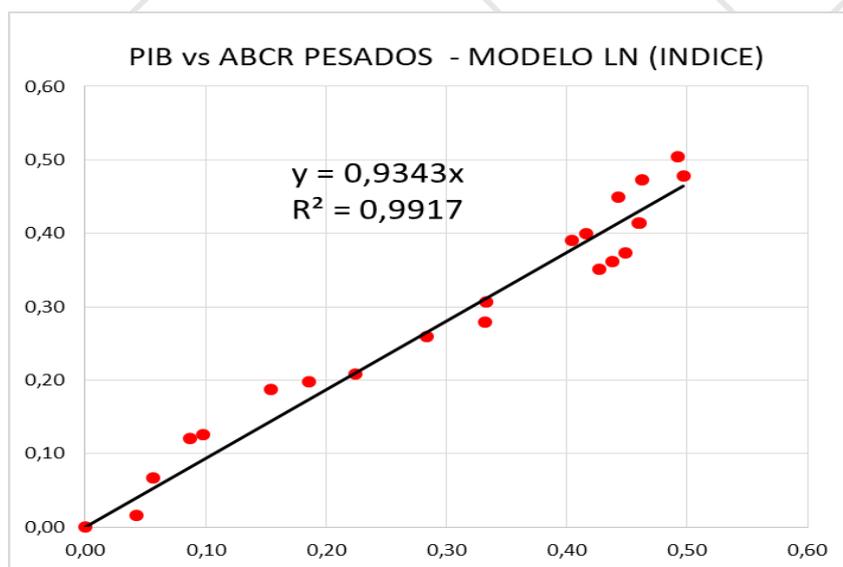
RESUMO DOS RESULTADOS											
<i>Estatística de regressão</i>		Validação									
R múltiplo	0,98	OK									
R-Quadrado	0,96	OK									
R-quadrado ajustado	0,96	OK									
Erro padrão	0,03	OK									
Observações	22										
ANOVA											
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F tabelado (0,95;1;20)</i>	<i>Teste F</i>	<i>F de significação</i>	<i>Alfa</i>	<i>Teste Alfa</i>		
Regressão	1	0,48	0,48	523,97	4,35	OK	8,09E-16	0,05	OK		
Resíduo	20	0,02	0,00								
Total	21	0,50									
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>T tabelado (crítico) (0,975;20)</i>	<i>Teste T</i>	<i>valor-P</i>	<i>Alfa</i>	<i>Teste Alfa</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>IC 95%</i>
Interseção	0,0148	0,01	1,09	2,086	Reprovado	2,91E-01	0,05	OK	-0,01	0,04	OK
Ln PIB	0,8969	0,04	22,89	2,086	OK	8,09E-16	0,05	OK	0,82	0,98	OK

Fonte: Elaboração Imtraff

Logo, um novo modelo foi gerado retirando da análise a interseção y e fixando-a como zero.

Para o novo modelo obteve-se um $\eta = 0,9343$ com um $R^2 = 0,99$ que demonstra uma boa relação entre as variáveis.

Figura 95: Dispersão dos pontos da regressão linear da elasticidade para pesados



O novo modelo foi submetido aos demais testes estatísticos nos quais todos os itens avaliados foram aceitos.

Tabela 24: Análise estatística da elasticidade para pesados

RESUMO DOS RESULTADOS											
<i>Estatística de regressão</i>		<i>Validação</i>									
R múltiplo	1,00	OK									
R-Quadrado	0,99	OK									
R-quadrado ajustado	0,94	OK									
Erro padrão	0,03	OK									
Observações	22										
ANOVA											
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F tabelado (0,95;1;21)</i>	<i>Teste F</i>	<i>F de significação</i>	<i>Alfa</i>	<i>Teste Alfa</i>		
Regressão	1	2,33	2,33	2513,31	4,32	OK	1,66E-22	0,05	OK		
Resíduo	21	0,02	0,00								
Total	22	2,35									
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>T tabelado (crítico) (0,975;21)</i>	<i>Teste T</i>	<i>valor-P</i>	<i>Alfa</i>	<i>Teste Alfa</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>IC 95%</i>
Ln PIB	0,9343	0,02	50,13	2,080	OK	2,40E-23	0,05	OK	0,90	0,97	OK

Por fim, resumem-se as elasticidades calculadas:

Tabela 25: Resumo das Elasticidades

Elasticidade Leves	Elasticidade Pesados
1,0982	0,9343

Fonte: Elaboração Imtraff

6.3 Projeção de Taxas de Crescimento Para o Horizonte de Concessão

Para os anos futuros de concessão as elasticidades irão sofrer atenuações, de modo que ao passar dos anos as taxas sofrem ligeiras reduções de crescimento.

A metodologia para atenuação das elasticidades consiste em analisar a sua interação com o PIB per capita. Conforme estudo “Better Traffic and Revenue Forecasting” de Willumsen, o PIB per capita pode ser utilizado como variável proxy do driver da variação da elasticidade, tanto para veículos comerciais quanto pesados. Segundo o estudo, observa-se uma queda de 0,03 do valor da elasticidade para cada variação de US\$ 1000 ao PIB per capita. Dessa forma, com base nas projeções do PIB Nacional (Bacen) e população (IBGE), foi gerada a curva de atenuação da elasticidade ao longo dos anos. A tabela do item 6.3.2 a seguir apresenta a atenuação dos valores de elasticidade para o período de concessão da rodovia.

6.3.1 Conversão de PIB corrente para PIB constante segundo base de dados do Banco Mundial

Neste texto, está descrito como obter a variável PIB per capita em US\$ constantes para o ano de 2010 segundo método do Banco Mundial.

Segundo o Banco Mundial, a diferença entre uma variável constante e corrente é que aquela é igual a esta deduzida pela inflação. Por exemplo, se no ano₁ o PIB foi de 100 M de reais e no ano₂ o PIB foi de 110 M de reais, com inflação para o período de 4%, então o valor do PIB no ano₂, em valores constantes, seria de $110/(1+4\%)$, ou 106 M aproximadamente (exemplo disponível na página do Banco Mundial).

Para obter os valores em dólar constante para 2010, o Banco Mundial usa um método do deflator do PIB que preserva a taxa de crescimento nas séries em valores constantes de moeda local. No entanto pode-se assumir que esta variável é encontrada através do índice de preços ao consumidor tendo como referência o valor de 100 para o ano de 2010.

Exemplo: para um dado ano, tem-se o valor do PIB. Ao dividir esse valor de PIB pelo valor do IPCA acumulado desde o ano 2010 até o ano em questão, obtém-se o valor do PIB no ano em questão em valor constante para 2010. Para obter o valor em dólar constante do ano de 2010 (US\$ 2010), basta dividir pelo valor médio do dólar nesse ano, a saber R\$ 1,7592.

A obtenção deste IPCA constante para o ano de 2010 é simples: segundo o Banco Mundial, o valor para 2018 foi igual à 161,37. Para obter o valor de 2019, basta multiplicar este valor pelo IPCA de 2019 (pela variação do ano de 2019, o fechamento anual do IPCA). O exemplo abaixo detalha melhor o cálculo.

6.3.2 Cálculo do PIB per capita em US\$ 2010 com dados de 2019

A título de exemplo, abaixo está calculado o PIB per capita em US\$ 2010. A população brasileira em 2019 era estimada em 210.147.125 habitantes. O crescimento do PIB previsto segundo expectativa de mercado foi de de 2,53%. Logo no ano de 2019, o valor do PIB foi de R\$ 7.000.323.925.800. O PIB per capita foi de R\$33.311,53 (até aqui, tudo está em R\$ correntes).

O IPCA previsto segundo expectativa de mercado para 2019 foi de 4,11%. Logo o IPCA em valor constante para 2010 será de 168,0062779, que é o valor de 2018 multiplicado por 1,0411. Dividindo este valor por 100 e em seguida dividindo o PIB per capita pelo resultado obtido, tem-se:

$$PIB \text{ per capita em R\$ } 2010 = \frac{R\$33311,53}{1,68006} = 19827,55$$

Aplicando a taxa de câmbio de 2010, tem-se que o PIB per capita em US\$ 2010 será de US\$ 11270,78. Observa-se que através desse cálculo e com os dados obtidos obtém-se uma queda contínua do valor do PIB per capita em valores constantes para o período de concessão. A Tabela 26 apresenta os valores calculados do PIB per capita em US\$ 2010 e a respectiva variação na elasticidade para cada ano.

Tabela 26: Valores calculados do PIB per capita em US\$ 2010 e a variação na elasticidade entre 2021 e 2055

ANO	PIB/capita (US\$ 2010)	Var. Elasticidade	ANO	PIB/capita (US\$ 2010)	Var. Elasticidade
2021	10189,32	-0,00318	2038	8527,54	-0,00191
2022	10017,88	-0,00514	2039	8464,48	-0,00189
2023	9865,95	-0,00456	2040	8401,88	-0,00188
2024	9728,12	-0,00414	2041	8339,75	-0,00186
2025	9596,90	-0,00394	2042	8278,08	-0,00185
2026	9470,26	-0,00380	2043	8216,86	-0,00184
2027	9348,09	-0,00367	2044	8156,09	-0,00182
2028	9230,28	-0,00353	2045	8095,78	-0,00181

ANO	PIB/capita (US\$ 2010)	Var. Elasticidade	ANO	PIB/capita (US\$ 2010)	Var. Elasticidade
2029	9116,68	-0,00341	2046	8035,91	-0,00180
2030	9049,26	-0,00202	2047	7976,48	-0,00178
2031	8982,34	-0,00201	2048	7917,49	-0,00177
2032	8915,91	-0,00199	2049	7858,94	-0,00176
2033	8849,98	-0,00198	2050	7800,82	-0,00174
2034	8784,53	-0,00196	2051	7743,13	-0,00173
2035	8719,56	-0,00195	2052	7685,87	-0,00172
2036	8655,08	-0,00193	2053	7629,03	-0,00171
2037	8591,08	-0,00192	2054	7572,61	-0,00169
			2055	7516,61	-0,00168

6.3.3 Cenários de Projeção de Taxa de Crescimento do Tráfego

Através do cálculo de atenuação da elasticidade, foi proposto o cenário base de taxa de crescimento do tráfego, a saber:

- Cenário base: a atenuação calculada através da variação do PIB per capita é considerada, ou seja, a variação da elasticidade calculada é adotada com fator de multiplicação igual a 1 (um). Este é o cenário utilizado na sequência do estudo de tráfego;

Por fim, a tabela seguinte apresenta as taxas projetadas para os anos de concessão. Ressalta-se que as taxas do PIB foram extraídas da projeção realizada pelo Banco Central (BACEN) no período de dezembro de 2021 (Cenário PIB Brasil - item 4.5.1.1.)

Após definidas as taxas de crescimento se procede com a expansão do tráfego através da seguinte equação:

$$Volume_{futuro} = Volume_{atual} \times (1 + taxa)^n$$

Onde n representa o ano futuro e *taxa* corresponde ao valor de projeção a ser adotado para crescimento de acordo com o cenário.

Tabela 27: Resumo das Taxas de Crescimento

ANO	PIB BACEN (%)	Cenário base	
		Var. LEVES (%)	Var. PESADOS (%)
2022	0,5	0,55%	0,47%
2023	1,85	2,01%	1,72%
2024	1,85	2,00%	1,71%
2025	1,85	1,99%	1,70%
2026	1,85	1,99%	1,70%
2027	1,85	1,98%	1,69%
2028	1,85	1,97%	1,68%
2029	1,85	1,96%	1,68%
2030	1,85	1,96%	1,67%
2031	1,85	1,95%	1,66%
2032	1,85	1,95%	1,66%
2033	1,85	1,94%	1,66%
2034	1,85	1,94%	1,65%
2035	1,85	1,94%	1,65%
2036	1,85	1,93%	1,64%

ANO	PIB BACEN (%)	Cenário base	
		Var. LEVES (%)	Var. PESADOS (%)
2037	1,85	1,93%	1,64%
2038	1,85	1,93%	1,64%
2039	1,85	1,92%	1,63%
2040	1,85	1,92%	1,63%
2041	1,85	1,91%	1,63%
2042	1,85	1,91%	1,62%
2043	1,85	1,91%	1,62%
2044	1,85	1,90%	1,62%
2045	1,85	1,90%	1,61%
2046	1,85	1,90%	1,61%
2047	1,85	1,89%	1,61%
2048	1,85	1,89%	1,60%
2049	1,85	1,89%	1,60%
2050	1,85	1,88%	1,60%
2051	1,85	1,88%	1,59%
2052	1,85	1,88%	1,59%
2053	1,85	1,87%	1,59%

ANO	PIB BACEN (%)	Cenário base	
		Var. LEVES (%)	Var. PESADOS (%)
2054	1,85	1,87%	1,58%
2055	1,85	1,87%	1,58%
2056	1,85	1,87%	1,58%

7 MATRIZ ORIGEM DESTINO

7.1 Matriz Origem-Destino Base (2019) e expandida para 2021

Os dez principais Origens e Destinos das rodovias podem ser verificadas nas tabelas seguintes, nas quais estão elencados os maiores valores verificados das viagens da matriz por categoria (leves, comercial leve e comercial pesado).

Foram contabilizadas ao todo 54.429 viagens diárias de veículos de passeio e 9.815 viagens de veículos comerciais leves e 4.209 viagens de veículos comerciais pesados, contabilizando-se assim 68.453 viagens diárias nas rodovias estudadas.

Tabela 28: Principais origens e destinos verificados para as viagens de veículos leves

MATRIZ PASSEIO				
ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
CASTANHAL-PA	SANTA ISABEL DO PARÁ-PA	1	7,03%	3828
BELÉM-PA	BENEVIDES-PA	2	4,79%	2606
MARITUBA-PA	BENEVIDES-PA	3	4,64%	2526
BELÉM-PA	CASTANHAL-PA	4	3,84%	2091
BENEVIDES-PA	MARITUBA-PA	5	3,33%	1812
BELÉM-PA	BELÉM-PA	6	3,22%	1755
ANANINDEUA-PA	BENEVIDES-PA	7	3,15%	1713
BENEVIDES-PA	BELÉM-PA	8	2,82%	1533
MARITUBA-PA	MARITUBA-PA	9	2,78%	1514
CASTANHAL-PA	BELÉM-PA	10	2,64%	1438

Tabela 29: Principais origens e destinos verificados para as viagens de veículos comerciais leves

MATRIZ COMERCIAIS LEVES				
ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
CASTANHAL-PA	BELÉM-PA	1	13,66%	1341
ANANINDEUA-PA	BENEVIDES-PA	2	4,94%	485
BELÉM-PA	CASTANHAL-PA	3	4,07%	400
BELÉM-PA	BENEVIDES-PA	4	3,36%	330
ANANINDEUA-PA	BELÉM-PA	5	3,09%	303
BENEVIDES-PA	BELÉM-PA	6	2,77%	272
BELÉM-PA	BELÉM-PA	7	2,41%	237
MARITUBA-PA	BENEVIDES-PA	8	2,24%	220
MARITUBA-PA	BENEVIDES-PA	9	2,24%	220
BELÉM-PA	MARITUBA-PA	10	2,18%	214

Tabela 30: Principais origens e destinos verificados para as viagens de veículos comerciais pesados

MATRIZ COMERCIAIS PESADOS				
ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
ANAPURUS-MA	CAPANEMA-PA	1	14,95%	629
BELÉM-PA	CAPANEMA-PA	2	14,95%	629
ANANINDEUA-PA	MÃE DO RIO-PA	3	10,82%	455
BARCARENA-PA	MARABÁ-PA	4	7,44%	313
BELÉM-PA	SANTA MARIA DO PARÁ-PA	5	6,41%	270
MARABÁ-PA	BARCARENA-PA	6	4,64%	195
BELÉM-PA	RECIFE-PE	7	4,27%	180
SÃO PAULO-SP	BELÉM-PA	8	3,25%	137
PARAGOMINAS-PA	BELÉM-PA	9	2,19%	92
PARAGOMINAS-PA	BENEVIDES-PA	10	2,19%	92

Nas análises que se seguem estão caracterizadas e resumidas algumas das respostas mais relevantes dos usuários entrevistados. Na Figura 96, que resume os motivos respondidos durante a entrevista nota-se que a causa mais citada (75,29%) pelos entrevistados foi “Trabalho”, seguido de “Lazer/Passeio” (15,62%).

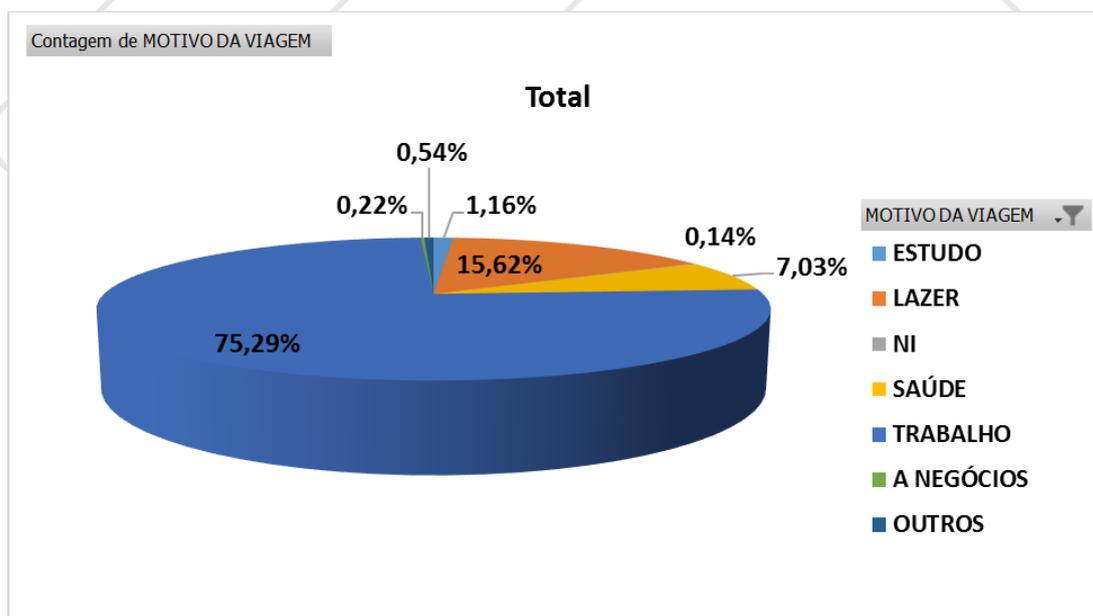


Figura 96: Motivo para a realização das viagens

No que diz respeito à frequência das viagens, a Figura 97 pode-se observar que 35,09% das viagens acontecem diariamente, 37,74% acontecem de 1 a 3 vezes na semana.

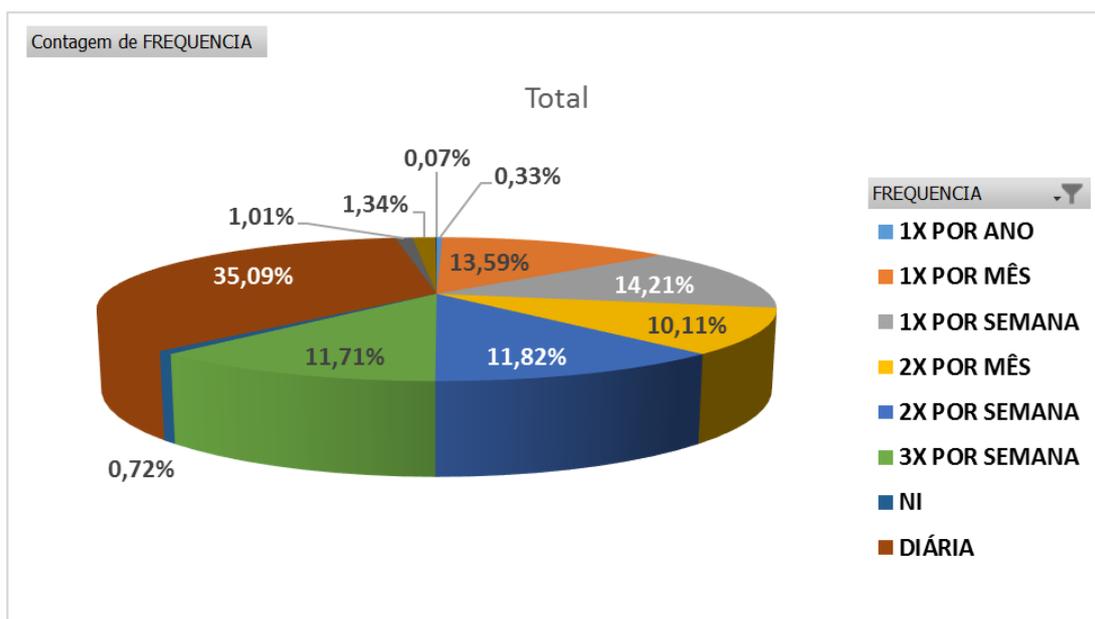


Figura 97: Frequência das viagens

Analisando as respostas dos veículos comerciais (caminhões leves e pesados) percebe-se que, conforme apresenta a Figura 98, aproximadamente 47% dos entrevistados trafegavam “cheios”, ou seja, carga plena e que 32,6% estavam vazios.

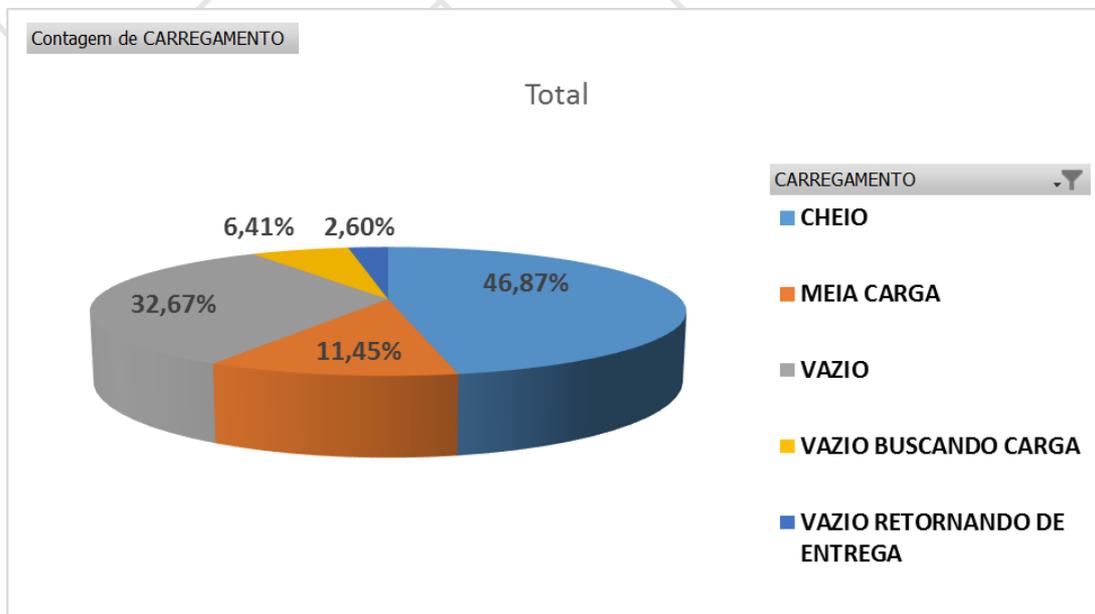


Figura 98: Carregamento da Frota de veículos comerciais

A Figura 99 a seguir indica que a maioria dos caminhões (aproximadamente 57%) que trafegavam na região durante as entrevistas possuem 5 eixos ou mais. Caminhões de 2 e 3 eixos representam aproximadamente 36% da amostra.

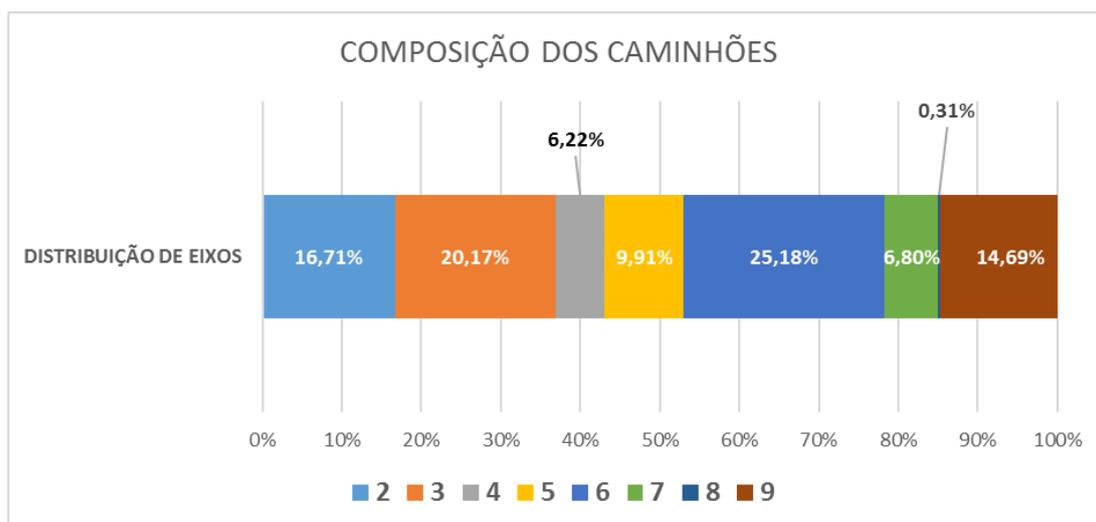


Figura 99: Composição dos caminhões por quantidade de eixos

Durante a análise de quais são os produtos transportados pelos veículos comerciais chegou-se nos seguintes itens, os quais são capazes de representar os tipos de cargas verificados durante as entrevistas.

- Madeiras (6%)
- Produtos Alimentícios (20,4%)
- Carga Viva (1,6%)
- Eletrônicos (7,1%)
- Grãos (8,25%)
- Minério (12%)

Há também respostas variadas e menos frequentes, como por exemplo:

- Combustíveis (gasolina, álcool, diesel).
- Cimento;
- Papel;
- Veículos (cegonha).

8 CALIBRAÇÃO DO MODELO LOGIT – TIPO A

8.1 RESULTADOS DO MODELO VEÍCULOS DE PASSEIO

Para calibração do modelo Logit, estimou-se primeiramente um modelo com a aplicação de todas as variáveis: Tarifa do Pedágio, Economia de Tempo na Rodovia Pedagiada, Distância a mais a ser percorrida na rodovia não pedagiada.

São apresentadas, a seguir, as medidas de desempenho do modelo Logit estimado para o cálculo de adesão da rota pedagiada dos veículos de passeio, bem como os respectivos coeficientes da função utilidade.

Conforme pode ser visto na Tabela 31, as variáveis: Economia de Tempo e Distância adicional não passaram no teste T e do valor-p o que leva a concluir que tais variáveis não possuem relação e não contribuem de forma significativa com a variável dependente, ou seja, adesão ao pedágio.

Tabela 31: Análise de regressão com todas as variáveis

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,79
R-Quadrado	0,62
R-quadrado ajustado	0,53
Erro padrão	2,05
Observações	17

ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F tabelado (0,95;3,13)	Teste F	F de significação	Alfa	Teste Alfa
Regressão	3	89,04	29,68	7,09	3,41	OK	4,57E-03	0,05	OK
Resíduo	13	54,42	4,19						
Total	16	143,46							

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	T tabelado (0,95;13)	Teste T	valor-P	Alfa	Teste Alfa	95% inferiores	95% superiores	Intervalo de confiança
Interseção	4,97	2,61	1,90	2,16	Não	0,08	0,05	Não	-0,67	10,60	OK
Economia de tempo	0,03	0,05	0,50	2,16	Não	0,63	0,05	não	-0,09	0,14	OK
Distâncias a mais	0,04	0,11	0,37	2,16	Não	0,72	0,05	não	-0,19	0,28	OK
Pedágios	-0,96	0,21	-4,61	2,16	OK	0,00	0,05	OK	-1,41	-0,51	OK

Diante dessa análise, descarta-se o uso destas variáveis. Neste sentido, foi estimado um novo modelo somente com a variável tarifa. Para estimativa do modelo foi utilizado o Software SPSS que utiliza, para regressão, o método da máxima verossimilhança.

O modelo obtido foi submetido a testes de hipótese nos quais tanto as variáveis quanto o efeito da equação mostraram-se capazes de prever a adesão do usuário.

Para verificar a adequação das variáveis e da equação as significâncias (Sig) devem ser menor que 0,05 (p-valor).

Tabela 32 - Ajuste do modelo (passeio)

Adequação do ajuste			
	Qui-quadrado	df	Sig.

Pearson	12,814	1	0,000
Desviância	11,046	1	0,001

As variáveis do modelo também apresentaram significâncias menores que 0,05.

Tabela 33: Ajuste das variáveis do modelo (passeio)

Estimativas do parâmetro								
Adesão ^a	B	Erro Padrão	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Intervalo de Confiança para Exp(B)	
							Limite inferior	Limite superior
1,00	Interceptação	6,945	0,372	348,268	1	0,000		
	Pedágio	-1,027	0,053	376,990	1	0,000	0,358	0,323 0,397

Além dos testes acima realizados foram avaliados também o pseudo R² e a classificação do modelo.

O pseudo R² é comparável ao R-quadrado da regressão linear. Ou seja, indica o percentual das variações ocorridas no Log da razão de chances são explicadas pelo conjunto das variáveis independentes. Seu valor varia de 0 a 1 em que valores de 0,2 a 0,4 já indicam um bom modelo, sendo comparado ao intervalo de 0,7 a 0,9 nos modelos de regressão linear.

Conforme pode ser visto na tabela seguinte, pelos diferentes métodos de cálculo do pseudo R² o modelo apresentou valores superiores a 0,4. Comprovando a qualidade da equação calibrada.

Tabela 34: Valores de pseudo R² (passeio)

Pseudo R quadrado	
Cox e Snell	0,506
Nagelkerke	0,676
Mcfadden	0,510

Por último, observa-se que que o modelo apresenta uma classificação satisfatória, quanto ao uso de variáveis independentes como estimadores da adesão.

Tabela 35: Classificação do modelo (passeio)

Observado	Previsto		
	0,00	1,00	Porcentagem Correta
0,00	471	112	80,8%
1,00	39	602	93,9%

Porcentagem global	41,7%	58,3%	87,7%
--------------------	-------	-------	-------

Por fim, é apresentado a equação do modelo calibrado para veículos de passeio.

$$Y(\text{Passeio}) = 6,945 - 1,027 \times P$$

Onde:

P = Valor do pedágio em R\$.

A transformação de Y em % da probabilidade de adesão é apresentada na equação seguinte.

$$\%Prob_A = \frac{e^Y}{1 + e^Y}$$

Para demonstração da aplicação do modelo, foi obtido o gráfico da Figura 100, o qual demonstra os percentuais de adesão em função da variação da tarifa de pedágio. Nesta situação, foi realizada a variação do valor do pedágio de R\$0,10 a R\$ 10,00.

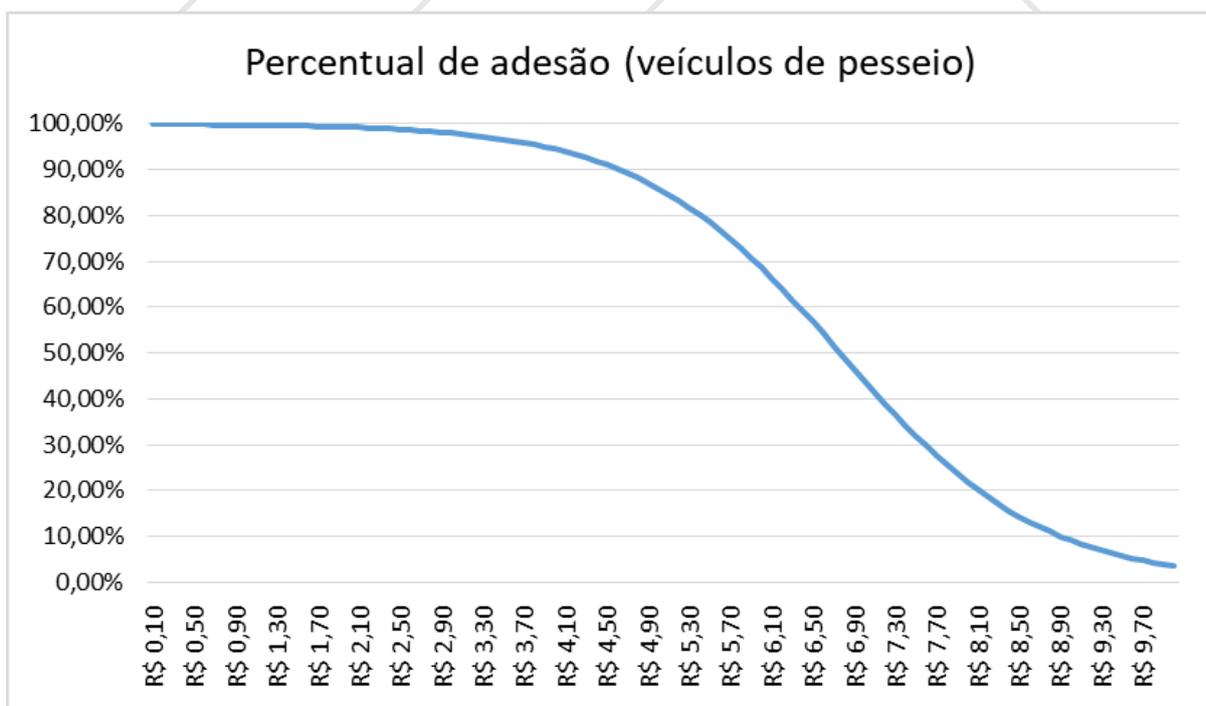


Figura 100: Variação da adesão em função da tarifa

Como era de ser esperado, quanto maior o valor da tarifa, menor é a adesão ao pedágio.

A partir da variação do percentual de adesão em função do valor da tarifa é possível obter a tarifa ótima. O cálculo da tarifa ótima é obtido conforme a equação seguinte, em que ela é o valor de X que maximiza a função.

$$\text{Tarifa } \acute{o}\text{tima} = \arg \max R$$

Onde R é a função Receita, definida como:

$$R = \%Prob_A \times P$$

Onde:

$$\%Prob_A = \frac{e^Y}{1 + e^Y}$$

P = Preço do pedágio

Importante salientar que R, que representa a função Receita (R) é diferente da receita (arrecadação) da rodovia.

A arrecadação da rodovia anual é definida, por:

$$\text{Arrecadação} = R \times VMD_{A+B} \times 365$$

Onde:

R = Função receita

VDM_{A+B} = Somatório do VDM no sentido A e B.

Logo, verifica-se que se a função receita é maximizada e arrecadação também será.

O gráfico de R em função da tarifa está apresentado na Figura 101.

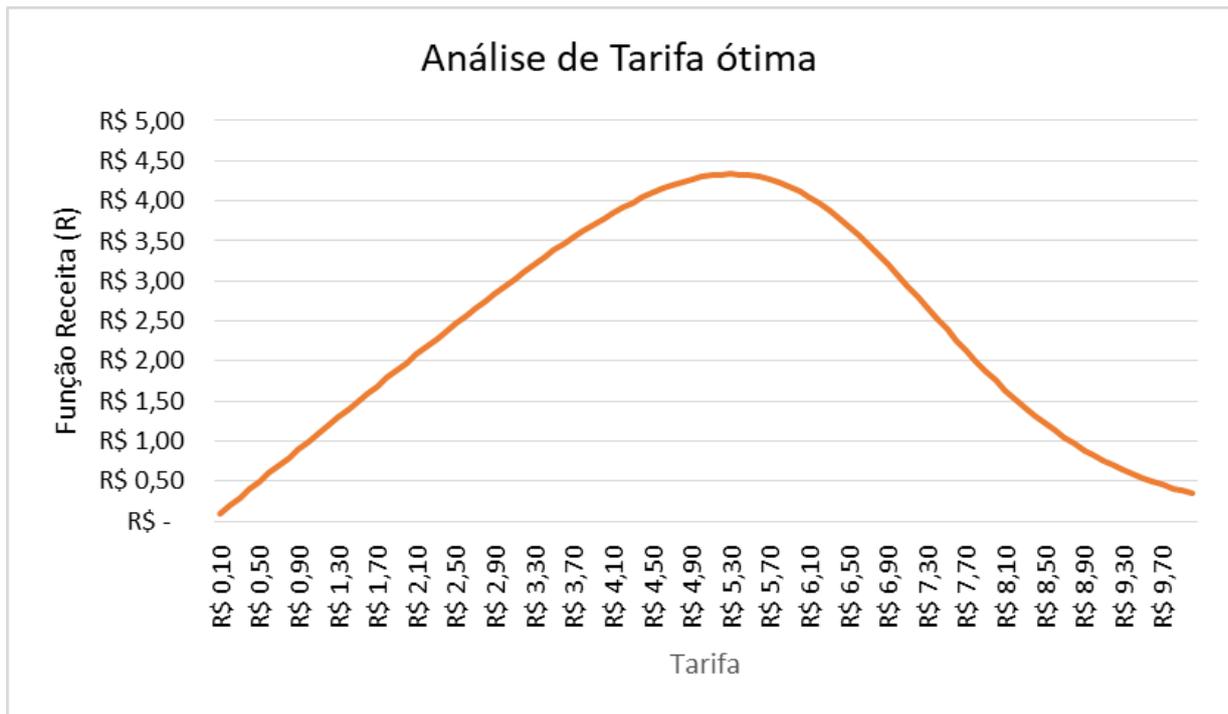


Figura 101: Estimativa de tarifa ótima

Obteve-se, portanto, o valor de tarifa ótima de **R\$5,30** com percentual de adesão de **81,79%**.

8.2 RESULTADOS DO MODELO VEÍCULOS COMERCIAIS

Para calibração do modelo Logit, estimou-se primeiramente um modelo com a aplicação de todas as variáveis: Tarifa do Pedágio, Economia de Tempo na Rodovia Pedagiada, Distância a mais a ser percorrida na rodovia não pedagiada.

São apresentadas, a seguir, as medidas de desempenho do modelo Logit estimado para o cálculo de adesão da rota pedagiada dos veículos comerciais, bem como os respectivos coeficientes da função utilidade.

Conforme pode ser visto na Tabela 31, as variáveis: Economia de Tempo e Distância adicional apresentaram significâncias maiores que o valor-p (0,05) o que leva a concluir que tais variáveis não possuem relação e não contribuem de forma significativa com a variável dependente, ou seja, adesão ao pedágio.

Tabela 36: Análise de regressão com todas as variáveis

Adesão ^a	B	Erro Padrão	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Intervalo de Confiança para Exp(B)	
							Limite inferior	Limite superior
Interceptação	4,055	,755	28,815	1	,000			
Pedágio	-,647	,069	87,955	1	,000	,524	,458	,600
Tempo_Adicional	,006	,015	,152	1	,697	1,006	,977	1,036
Distância_Adicional	,012	,030	,164	1	,685	1,012	,955	1,072

Diante dessa análise, descarta-se o uso destas variáveis. Neste sentido, foi estimado um novo modelo somente com a variável tarifa. Para estimativa do modelo foi utilizado o Software SPSS que utiliza, para regressão, o método da máxima verossimilhança.

O modelo obtido foi submetido a testes de hipótese nos quais tanto as variáveis quanto o efeito da equação mostraram-se capazes de prever a adesão do usuário.

Para verificar a adequação das variáveis e da equação as significâncias (Sig) devem ser menor que 0,05 (p-valor).

Tabela 37 - Ajuste do modelo (comercial)

Adequação do ajuste			
	Qui-quadrado	df	Sig.
Pearson	22,679	1	,000
Desviância	26,754	1	,000

As variáveis do modelo também apresentaram significâncias menores que 0,05.

Tabela 38: Ajuste das variáveis do modelo (comercial)

		Estimativas do parâmetro					95% Intervalo de Confiança para Exp(B)		
Adesão ^a		B	Erro Padrão	Wald	df	Sig.	Exp(B)	Limite inferior	Limite superior
1,00	Interceptação	4,346	,462	88,374	1	,000			
	Pedágio	-,645	,069	88,040	1	,000	,525	,459	,600

Além dos testes acima realizados foram avaliados também o pseudo R^2 e a classificação do modelo.

O pseudo R^2 é comparável ao R-quadrado da regressão linear. Ou seja, indica o percentual das variações ocorridas no Log da razão de chances são explicadas pelo conjunto das variáveis independentes. Seu valor varia de 0 a 1 em que valores de 0,2 a 0,4 já indicam um bom modelo, sendo comparado ao intervalo de 0,7 a 0,9 nos modelos de regressão linear.

Conforme pode ser visto na tabela seguinte, pelos diferentes métodos de cálculo do pseudo R^2 o modelo apresentou valores satisfatórios. Comprovando a qualidade da equação calibrada.

Tabela 39: Valores de pseudo R^2 (comercial)

Pseudo R quadrado	
Cox e Snell	,327
Nagelkerke	,441
McFadden	,292

Por último, observa-se que o modelo apresenta uma classificação satisfatória, quanto ao uso de variáveis independentes como estimadores da adesão.

Tabela 40: Classificação do modelo (comercial)

Observado	Previsto		
	,00	1,00	Porcentagem Correta
,00	76	63	54,7%
1,00	28	169	85,8%
Porcentagem global	31,0%	69,0%	72,9%

Por fim, é apresentado a equação do modelo calibrado para veículos comerciais.

$$Y(\text{Comercial}) = 4,346 - 0,645 \times P$$

Onde:

P = Valor do pedágio em R\$.

A transformação de Y em % da probabilidade de adesão é apresentada na equação seguinte.

$$\%Prob_A = \frac{e^Y}{1 + e^Y}$$

Para demonstração da aplicação do modelo, foi obtido o gráfico da Figura 102, o qual demonstra os percentuais de adesão em função da variação da tarifa de pedágio. Nesta situação, foi realizada a variação do valor do pedágio de R\$0,10 a R\$ 10,00.

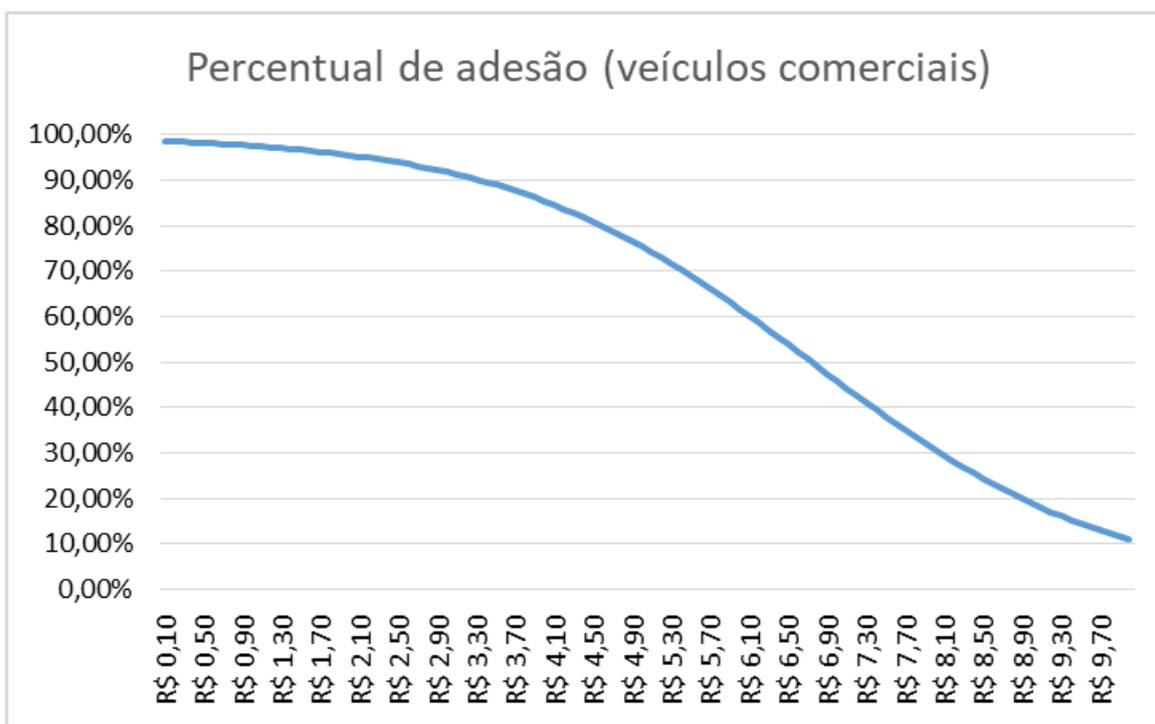


Figura 102: Variação da adesão em função da tarifa

Assim como previsto no modelo para leves, quanto maior o valor da tarifa, menor é a adesão ao pedágio para os veículos comerciais.

A partir da variação do percentual de adesão em função do valor da tarifa é possível obter a tarifa ótima. O cálculo da tarifa ótima é obtido conforme a equação seguinte, em que a mesma é o valor de X que maximiza a função.

$$\text{Tarifa ótima} = \arg \max R$$

Onde R é a função Receita, definida como:

$$R = \%Prob_A \times P$$

Onde:

$$\%Prob_A = \frac{e^Y}{1 + e^Y}$$

P = Preço do pedágio

Importante salientar que R, que representa a função Receita (R) é diferente da receita (arrecadação) da rodovia.

A arrecadação da rodovia anual é definida, por:

$$\text{Arrecadação} = R \times VMD_{A+B} \times 365$$

Onde:

R = Função receita

VMD_{A+B} = Somatório do VDM no sentido A e B.

Logo, verifica-se que se a função receita é maximizada e arrecadação também será.

O gráfico de R em função da tarifa está apresentado na Figura 103.

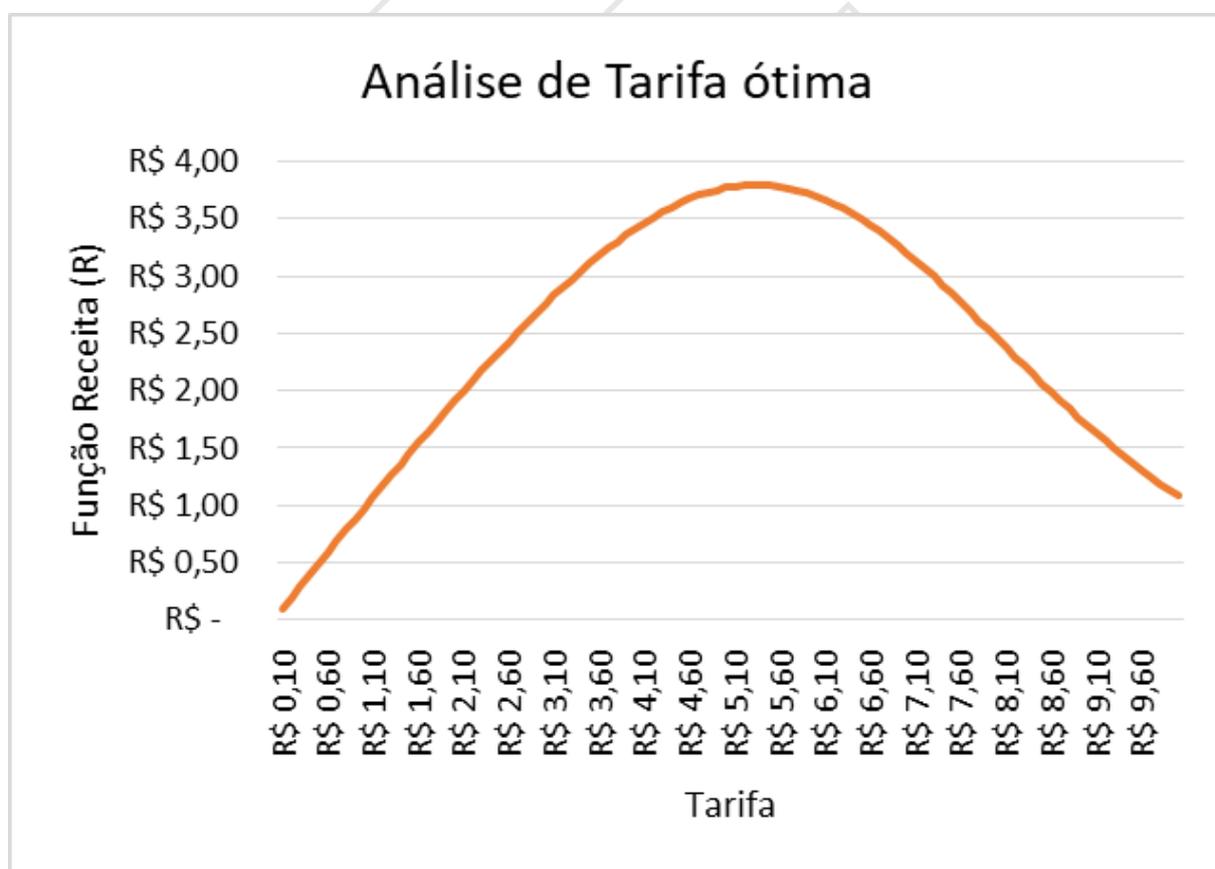


Figura 103: Estimativa de tarifa ótima

Obteve-se, portanto, o valor de tarifa ótima de **R\$5,30** com percentual de adesão de **71,66%**.

9 CALIBRAÇÃO DO MODELO LOGIT – TIPO B

9.1 RESULTADOS DO MODELO veículos de passeio

Para calibração do modelo Logit, estimou-se primeiramente um modelo com a aplicação de todas as variáveis: Tarifa do Pedágio, Tempo Adicional na rota alternativa e Serviço.

São apresentadas, a seguir, as medidas de desempenho do modelo Logit estimado para o cálculo de adesão da rota pedagiada dos veículos de passeio, bem como os respectivos coeficientes da função utilidade.

Conforme pode ser visto na Tabela 41, as variáveis: Serviço e Tempo adicional não passaram no teste T e do valor-p o que leva a concluir que tais variáveis não possuem relação e não contribuem de forma significativa com a variável dependente, ou seja, adesão ao pedágio.

Tabela 41: Análise de regressão com todas as variáveis

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,85
R-Quadrado	0,72
R-quadrado ajustado	0,66
Erro padrão	0,47
Observações	18

ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F tabelado (0,95,3,13)	Teste F	F de significação	Alfa	Teste Alfa
Regressão	3	7,90	2,63	12,14	3,34	OK	3,48E-04	0,05	OK
Resíduo	14	3,04	0,22						
Total	17	10,94							

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	T tabelado (0,95;14)	Teste T	valor-P	Alfa	Teste Alfa	95% inferiores	95% superiores	Intervalo de confiança
Interseção	2,80	0,51	5,50	2,14	OK	0,00	0,05	OK	1,71	3,89	OK
Tarifas	-0,26	0,04	-5,75	2,14	OK	0,00	0,05	OK	-0,35	-0,16	OK
Serviço	-0,26	0,22	-1,19	2,14	Não	0,25	0,05	Não	-0,73	0,21	OK
Tempo adicional	-0,01	0,01	-1,37	2,14	Não	0,19	0,05	Não	-0,03	0,01	OK

Diante dessa análise, descarta-se o uso destas variáveis. Neste sentido, foi estimado um novo modelo somente com a variável tarifa. Para estimativa do modelo foi utilizado o Software SPSS que utiliza, para regressão, o método da máxima verossimilhança.

O modelo obtido foi submetido a testes de hipótese no qual foi rejeitado o uso da equação pois apresentou significâncias (Sig) maior do que 0,05 (p-valor).

Tabela 42: Ajuste do modelo (passeio Tipo B)

Adequação do ajuste			
	Qui-quadrado	df	Sig.
Pearson	0,048	1	0,826
Desviância	0,048	1	0,826

Um outro indicador de fracasso na obtenção do modelo foi o pseudo R^2 que apresentou, nos diferentes métodos, valores menores que 0,2.

Tabela 43: Valores de pseudo R^2 (passeio Tipo B)

Pseudo R quadrado	
Cox e Snell	0,077
Nagelkerke	0,105
McFadden	0,061

9.2 RESULTADOS DO MODELO VEÍCULOS COMERCIAIS

Para calibração do modelo Logit, estimou-se primeiramente um modelo com a aplicação de todas as variáveis: Tarifa do Pedágio, Tempo Adicional na rota alternativa e Serviço.

São apresentadas, a seguir, as medidas de desempenho do modelo Logit estimado para o cálculo de adesão da rota pedagiada dos veículos comerciais, bem como os respectivos coeficientes da função utilidade.

Conforme pode ser visto na Tabela 44, as variáveis: Serviço e Tempo adicional não passaram no teste T e do valor-p o que leva a concluir que tais variáveis não possuem relação e não contribuem de forma significativa com a variável dependente, ou seja, adesão ao pedágio.

Tabela 44: Análise de regressão com todas as variáveis

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,85
R-Quadrado	0,72
R-quadrado ajustado	0,66
Erro padrão	0,47
Observações	18

ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F tabelado (0,95;3,14)	Teste F	F de significação	Alfa	Teste Alfa
Regressão	3	7,90	2,63	12,14	3,34	OK	3,48E-04	0,05	OK
Resíduo	14	3,04	0,22						
Total	17	10,94							

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	T tabelado (0,95;14)	Teste T	valor-P	Alfa	Teste Alfa	95% inferiores	95% superiores	Intervalo de confiança
Interseção	2,80	0,51	5,50	2,14	ok	0,00	0,05	OK	1,71	3,89	OK
Tarifas	-0,26	0,04	-5,75	2,14	ok	0,00	0,05	OK	-0,35	-0,16	OK
Serviço	-0,26	0,22	-1,19	2,14	Não	0,25	0,05	Não	-0,73	0,21	OK
Tempo adicional	-0,01	0,01	-1,37	2,14	Não	0,19	0,05	Não	-0,03	0,01	OK

Diante dessa análise, descarta-se o uso destas variáveis. Neste sentido, foi estimado um novo modelo somente com a variável tarifa. Para estimativa do modelo foi utilizado o Software SPSS que utiliza, para regressão, o método da máxima verossimilhança.

O modelo obtido foi submetido a testes de hipótese no qual foi rejeitado o uso da equação pois apresentou significâncias (Sig) maior do que 0,05 (p-valor).

Tabela 45 - Ajuste do modelo (comercial Tipo B)

Adequação do ajuste			
	Qui-quadrado	df	Sig.
Pearson	1,031	1	0,310
Desviância	1,046	1	0,306

Um outro indicador de fracasso na obtenção do modelo foi o pseudo R^2 que apresentou, nos diferentes métodos, valores menores que 0,2.

 Tabela 46: Valores de pseudo R^2 (comercial Tipo B)

Pseudo R quadrado	
Cox e Snell	0,017
Nagelkerke	0,023
McFadden	0,013

10 MODELAGEM DE REDE GEORREFERENCIADA

O processo de modelagem para o presente estudo, tem por objetivo realizar análises de sensibilidade que permite obter a tarifa ótima do projeto, levando-se em consideração os segmentos de demanda dos usuários de veículos de passeio e veículos comerciais. Para simulação do tráfego utilizou-se *software Transcad*®.

A rede de macrossimulação é baseada em um banco de dados georreferenciado, subdividido em bases: viária, municípios, as quais são alimentadas com informações necessárias para o processo de modelagem.

Para efeito da modelagem de rede, considera-se dois aspectos fundamentais, (1) o primeiro são que as viagens geradas (obtidas pela matriz OD) devem estar atreladas a uma zona de tráfego, a qual possui um centroide que a representa e (2) que as zonas estejam devidamente conectadas a base viária.

Para definição das zonas de tráfego conforme já explanado no item 4.3, adotou-se como insumo inicial a divisão política dos municípios, ajustando as condições próprias do projeto. A Figura 104 apresenta o zoneamento, ainda de forma macro, proposto com base nos limites territoriais dos municípios que definem a área de influência do projeto.

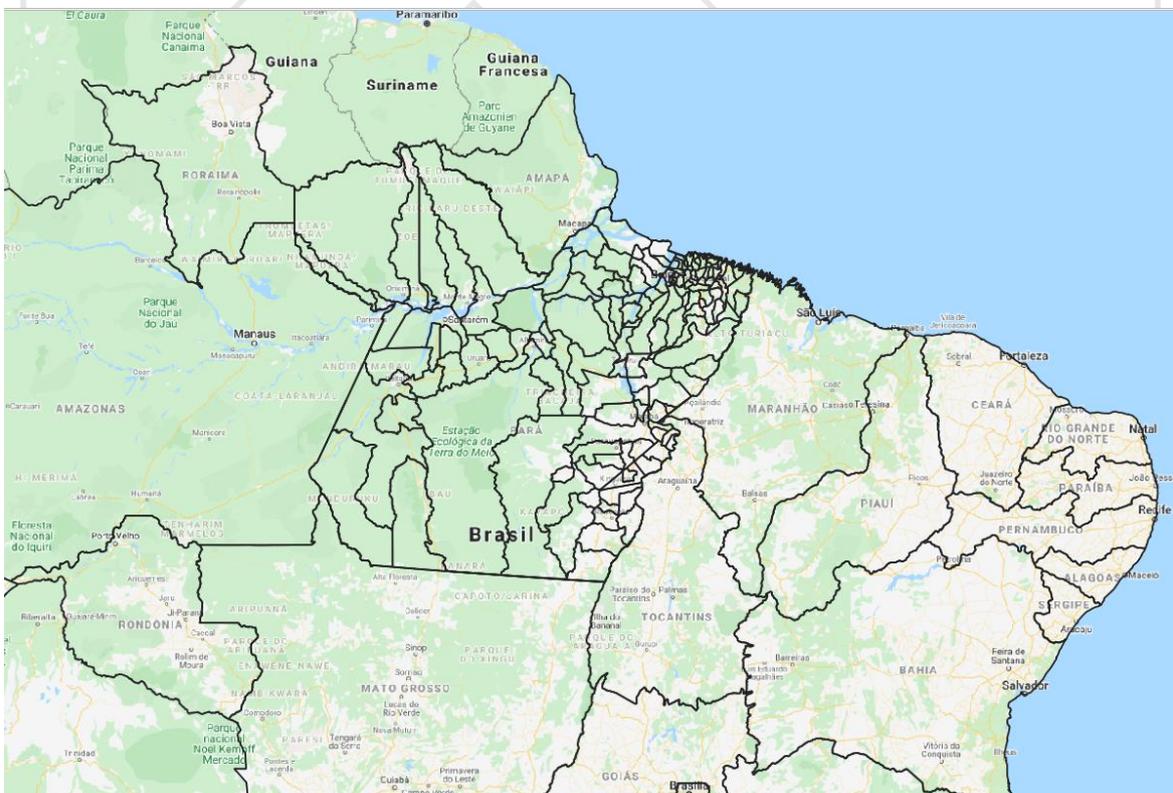


Figura 104: Zoneamento adotado

10.1 BASE VIÁRIA

A base viária, composta por links (segmentos lineares) é formada por rodovias pertencentes às malhas viárias federal e estadual do território nacional. A base viária federal é alimentada com atributos do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e com valores levantados em campo pelo GPS e outros obtidos por via do software Google Earth.

Na Figura 105 pode-se observar a representação da rodovia através de links, com detalhe para os links (base viária) do Pará;

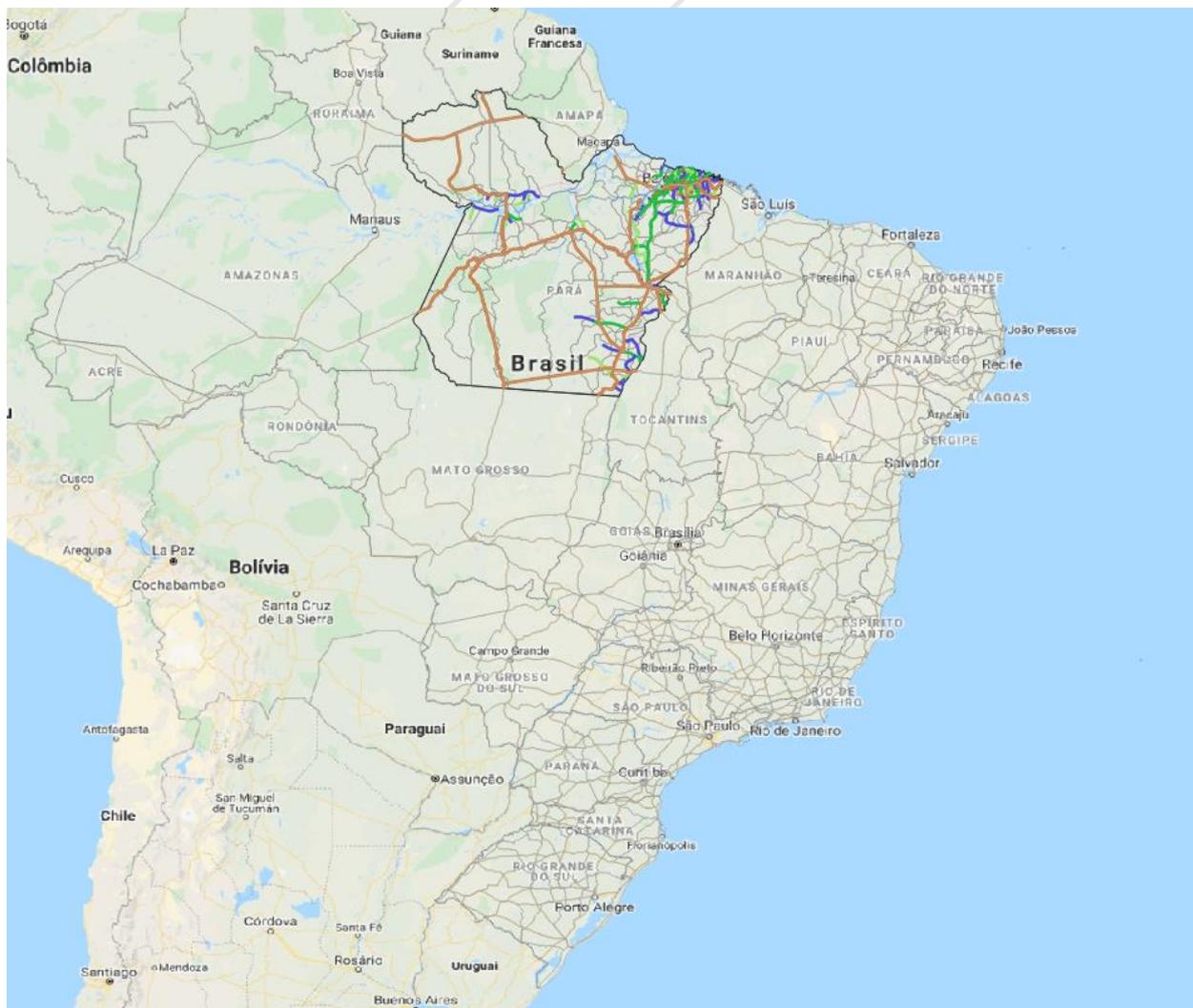


Figura 105: Base viária do estado do Pará utilizada no modelo

É importante mencionar que a maioria dos atributos utilizados para a modelagem de tráfego foram tomados da base georreferenciada do DNIT. Quando necessário, os atributos foram inseridos manualmente com base nas visitas a campo.

10.2 SISTEMA DE TRANSPORTES

Atualmente não há modos de transportes concorrentes às rodovias em avaliação, dado que a região em estudo no estado do Pará possui escassez de infraestruturas de transporte, conforme pode-se observar no mapa da Figura 106, que foi recortado do PELT do estado do Pará. Nota-se que há uma deficiência de infraestrutura, sobretudo na porção oeste do estado, há também a necessidade de implantação de vias transversais (ligação Leste-Oeste).

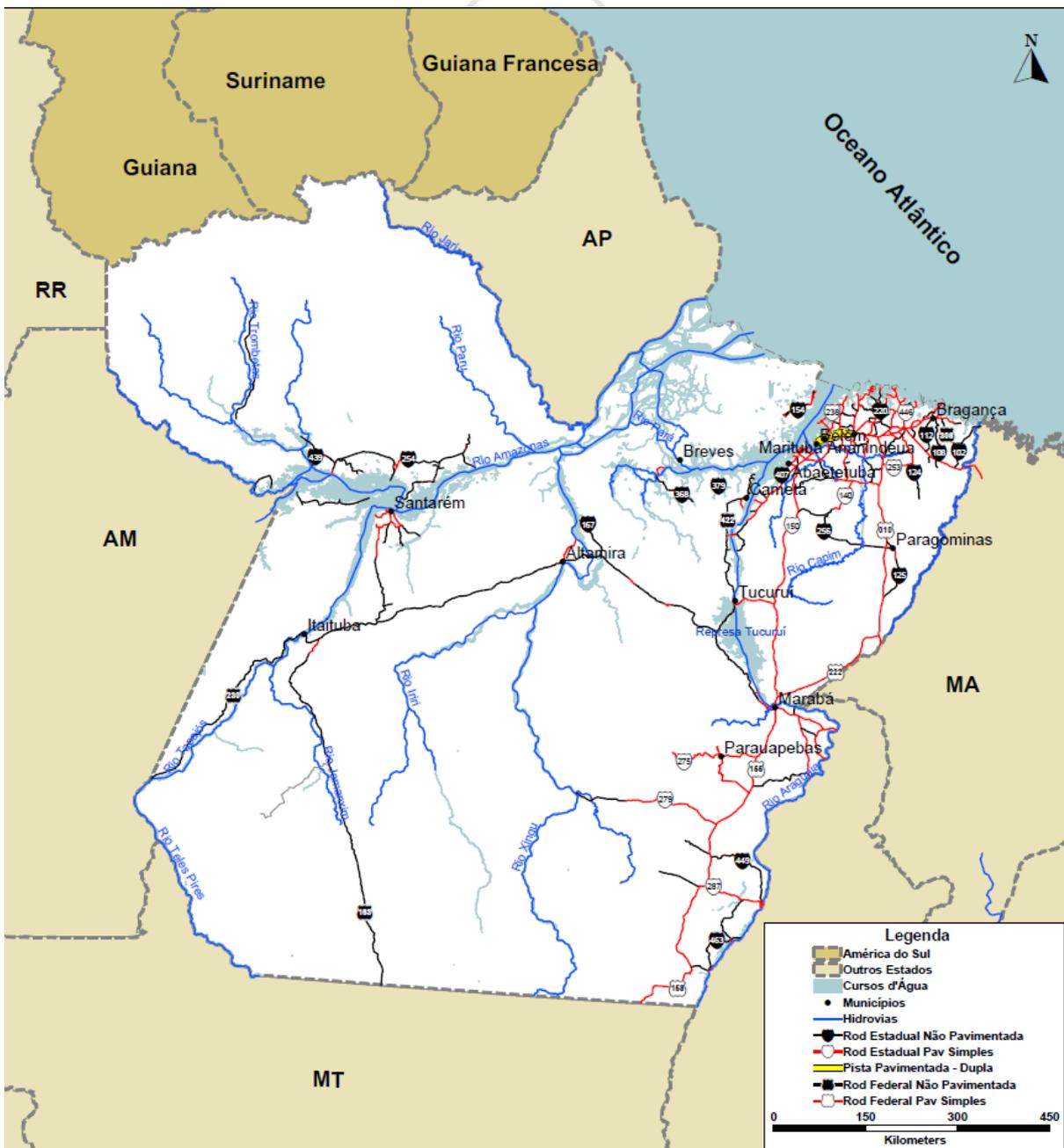


Figura 106: Mapa da Rede Rodoviária do Pará (Fonte: PELT PA)

Segundo o PELT, há também a pretensão de construir o trecho entre Barcarena (PA) até Açailândia (MA) da ferrovia Norte-Sul, um trecho de aproximadamente 477 quilômetros de extensão, como ilustra a Figura 107.

A implantação deste ramal auxiliaria na logística regional do transporte de minério de ferro e do agronegócio na área de influência da ferrovia, uma vez que teria interligação com o Porto de Vila do Conde.

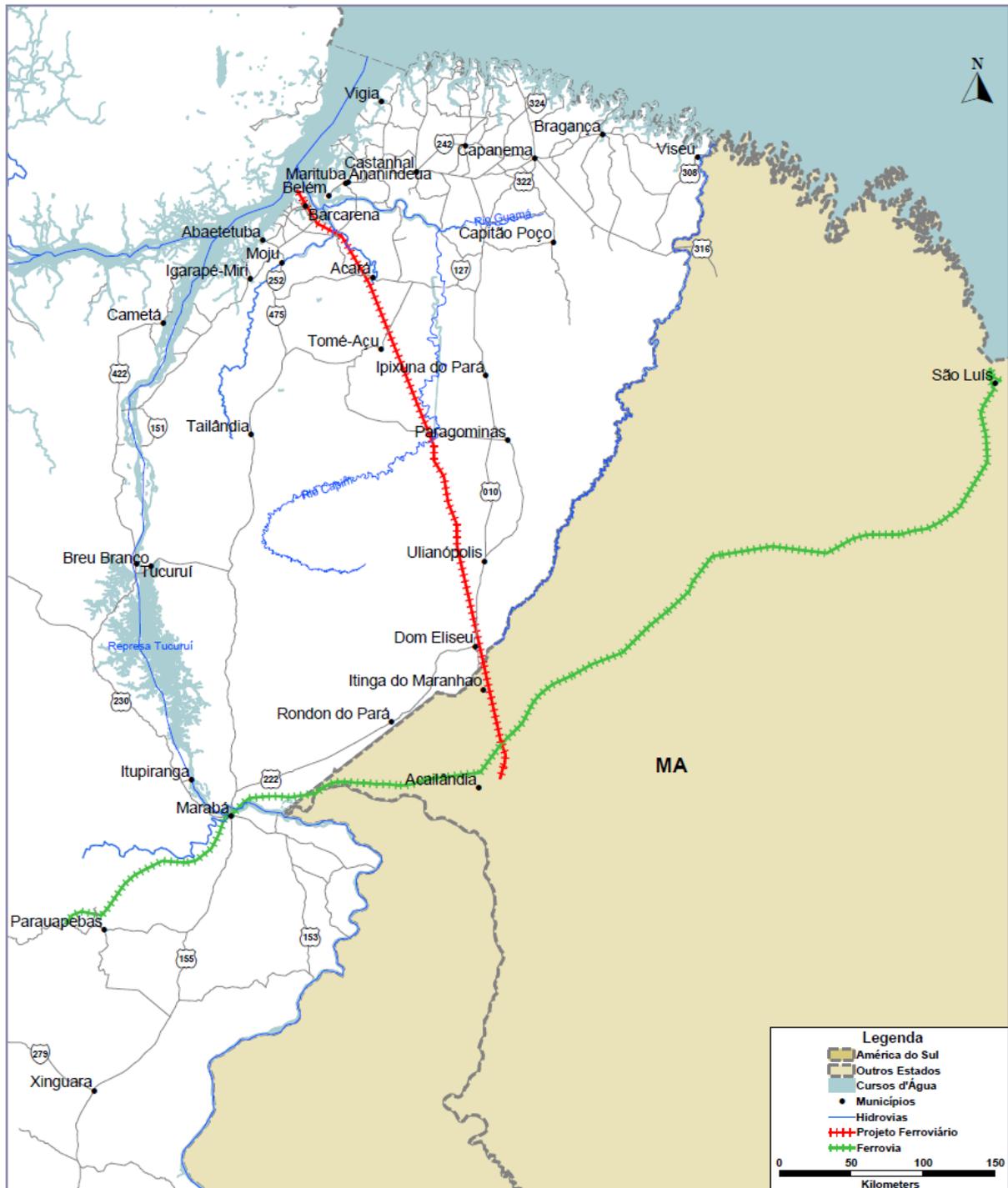


Figura 107: Detalhe da Ferrovia Norte-Sul entre Açailândia (MA) e Barcarena (PA) (fonte: PELT Pará)

Embora o trecho da ferrovia Norte-Sul tenha um traçado similar ao da PA-150 e demais rodovias em análise, não será considerado, na modelagem de tráfego, nenhum impacto, seja ele positivo ou negativo de um possível construção da ferrovia no tráfego das rodovias, dado que o projeto está em *stand by* por muito tempo e quando vier a pauta novamente demoraria mais alguns anos para licitação, projeto e construção.

Além disso, há também a previsão no PELT-PA da implantação do projeto de viabilização da navegação da Hidrovia do Tocantins. O principal empecilho para o uso do Rio Tocantins como via de escoamento é a existência de pedrais que impedem a navegação em períodos de baixa o nível d'água. O Pedral do Lourenço, localizado entre o lago de Tucuruí e o Marabá é o primeiro pedral a ser derrocado, o que permitirá a navegação no trecho durante todo o ano.

0

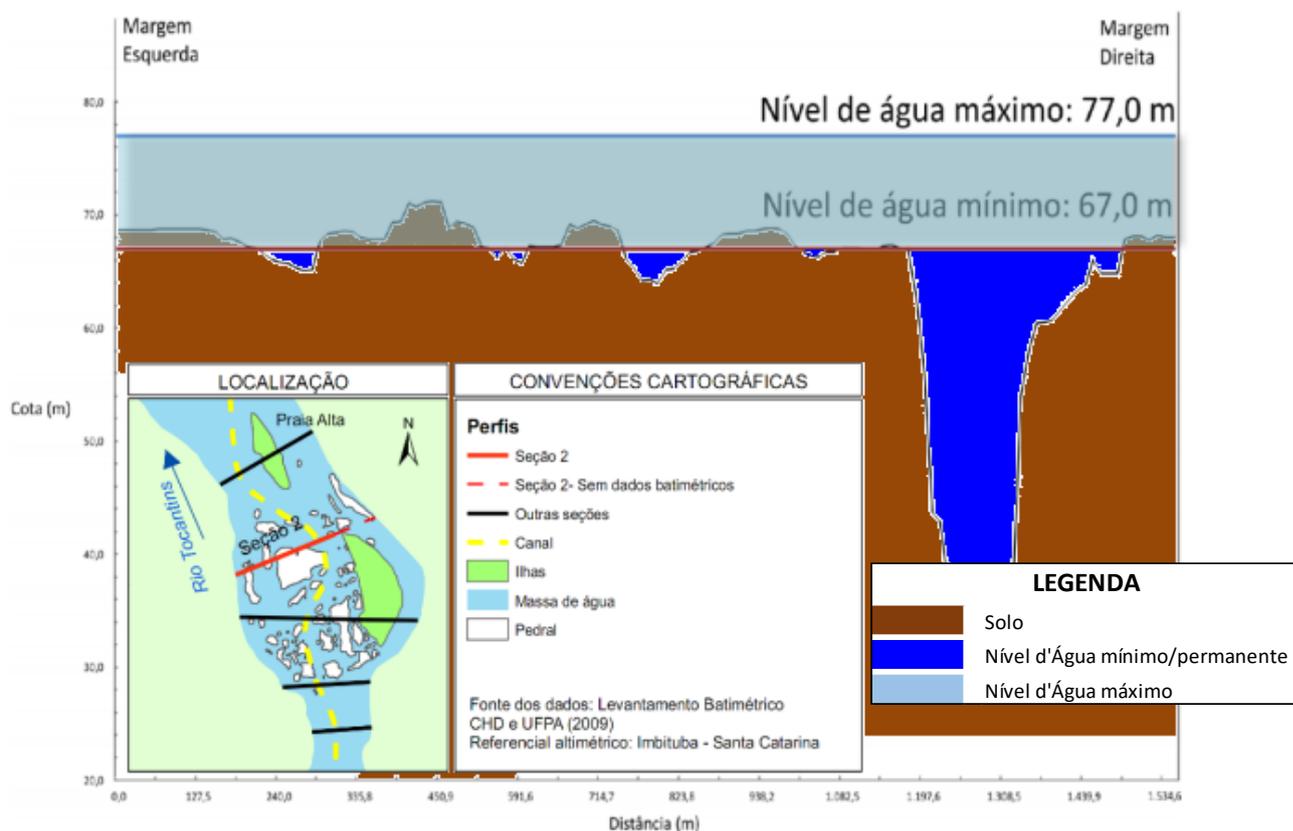


FIGURA 5 – EXEMPLO DE SEÇÃO TRANSVERSAL NA REGIÃO DOS PEDRAIS.

Figura 108: Detalhe da seção transversal do Rio Tocantins na região dos pedrais (fonte: Anteprojeto de derrocamento do Pedral do Lourenço. Adaptado.)

Destaque deve ser dado ao sistema de Eclusas da Barragem de Tucuruí, que representará grande restrição de capacidade ao sistema hidroviário em questão. A Figura 109, retirada do PELT-PA apresenta o projeto da hidrovia, que deverá conectar a região de Tucuruí até nas proximidades de Redenção/PA quase divisa com Mato Grosso.

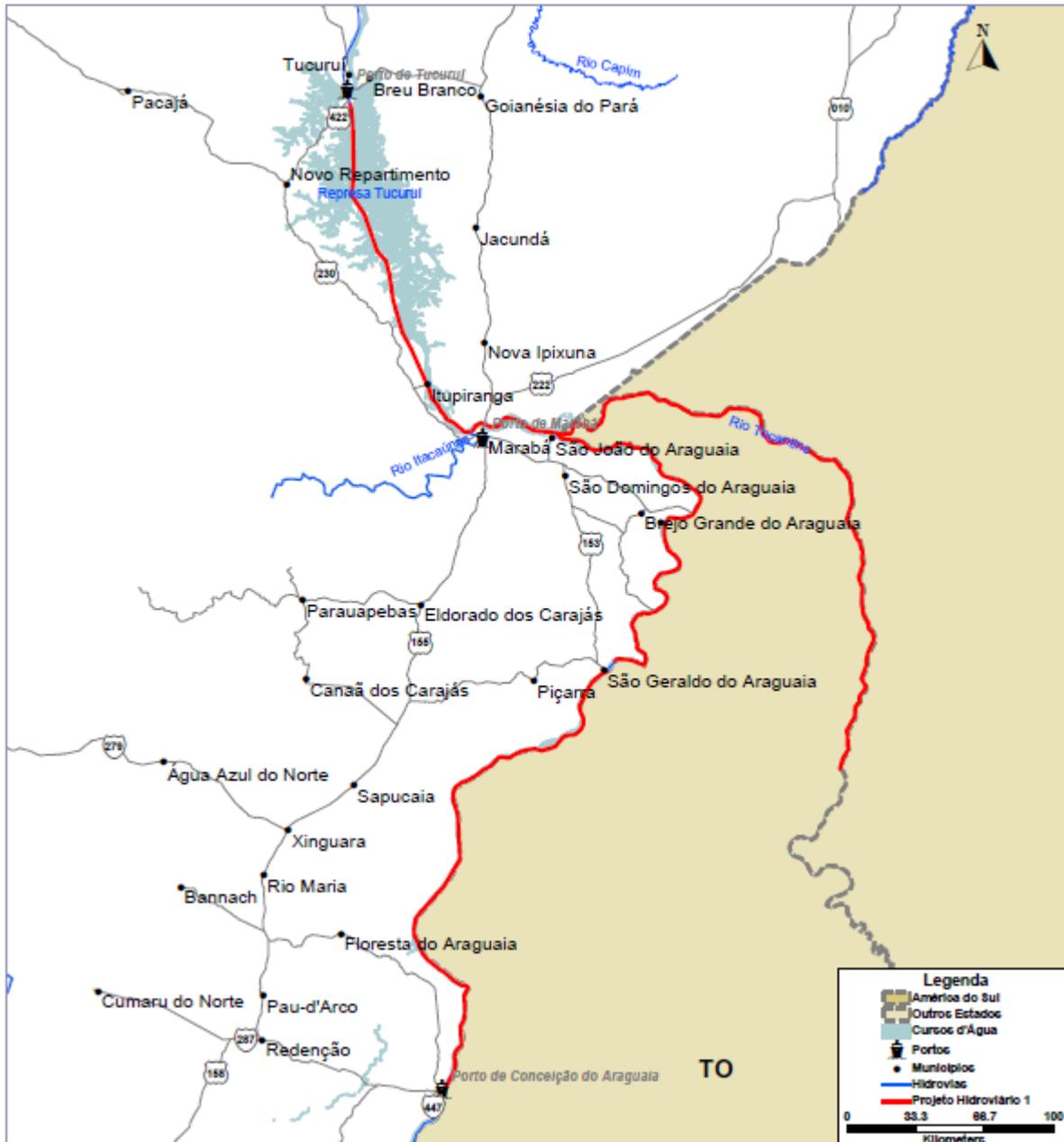


Figura 109: Detalhe da Hidrovia do Tocantins-Araguaia entre Tucuruí (PA) e Conceição do Araguaia (PA) (fonte: PELT Pará)

10.3 ZONEAMENTO

A divisão por zonas foi baseada nos limites territoriais e refinada a partir da matriz OD, que possibilita, através do par Origem-Destino, uma visão espacial acerca das viagens, agrupando-as em grandes zonas, quando for o caso.

O zoneamento seguiu a seguinte lógica:

- Em primeiro nível, denominada área de estudo, tem-se cada um dos municípios do estado do Pará, que foram numeradas de 1 a 223;
- Em segundo nível, os demais estados da federação, com ênfase para as capitais e regiões metropolitanas

Foram definidas um total de 225 zonas de tráfego para este trabalho, na Figura 110 apresenta um breve detalhe do zoneamento adotado.



Figura 110: Detalhe para o zoneamento adotado

10.4 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

A distribuição das viagens é obtida de forma direta da matriz diária, adequada ao zoneamento proposto. A seleção de caminho baseou-se nos resultados das pesquisas de preferência declarada por meio do modelo Logit e obteve-se também os valores subjetivos do tempo (R\$/h) e do deslocamento (R\$/km), os quais são insumos para a seleção de caminhos e permitem realizar a sensibilidade da demanda tarifária.

O valor do tempo, ou valor subjetivo do tempo de viagem – SVTTS, é definido como uma possibilidade que um usuário ou grupo de usuários possui em aumentar a qualidade da viagem um uma unidade.

Para cálculo do valor subjetivo de tempo levou-se em consideração a renda média ponderada dos usuários da rodovia reveladas na pesquisa dividida por uma jornada mensal de 180 horas. Este procedimento foi aplicado para a categoria de veículos de passeio e comercial.

$$\text{Valor do tempo} = \frac{\text{Renda média}}{180}$$

Considerando o salário mínimo de 2021 de R\$ 1.100,00 têm-se na Tabela 47 os valores em R\$/h por faixa salarial.

Tabela 47: Valores considerados por faixa salarial (veículos leves)

Salários Mínimos	Renda Média (mensal)	R\$/h
1--2	R\$ 1.567,50	R\$ 8,91
2--3	R\$ 2.612,50	R\$ 14,84
3--4	R\$ 3.657,50	R\$ 20,78
4--5	R\$ 4.702,50	R\$ 26,72

Então, após se obter o valor do tempo, verifica-se a composição dos entrevistados em cada faixa salarial (média ponderada). O resultado é o produto do percentual de cada faixa salarial pelo valor do tempo (R\$/h). As tabelas seguintes apresentam os resultados obtidos para as rodovias considerando os veículos de passeio.

Tabela 48: Valores calculados em R\$/h (veículos passeio)

Salários Mínimos	R\$/h	%	Composição
1--2	R\$ 8,91	19%	R\$ 1,66
2--3	R\$ 14,84	41%	R\$ 6,04
3--4	R\$ 20,78	23%	R\$ 4,70
4--5	R\$ 26,72	18%	R\$ 4,83
TOTAL			R\$ 17,22

Após obtido o custo por hora (R\$/h), considera-se também o fator de desgaste/manutenção do veículo. Portanto, para veículos de passeio o custo de manutenção considerado foi de 20% sobre o custo total, isto é, o R\$/h + 20%. Logo os valores finais para veículos de passeio estão demonstrados na Tabela 49.

Tabela 49: Custo final R\$/min + custo de manutenção (20%) - Veículos de passeio

Salários Mínimos	R\$/h	%	Composição
1--2	R\$ 8,91	19%	R\$ 1,66
2--3	R\$ 14,84	41%	R\$ 6,04
3--4	R\$ 20,78	23%	R\$ 4,70
4--5	R\$ 26,72	18%	R\$ 4,83
TOTAL			R\$ 20,67

No que diz respeito aos veículos comerciais de modo geral, o processo de obtenção do custo por hora é semelhante ao demonstrado anteriormente.

Considerando a composição (% de usuários) dentro de cada faixa salarial obteve-se o valor final do custo por hora (Tabela 50) e o custo consolidado considerando o acréscimo de 50% devido a manutenção (Tabela 51).

Tabela 50: Valores calculados em R\$/h (veículos comerciais)

Salários Mínimos	R\$/h	%	Composição
1--2	R\$ 8,91	21%	R\$ 1,88
2--3	R\$ 14,84	54%	R\$ 8,00
3--4	R\$ 20,78	19%	R\$ 3,88
4--5	R\$ 26,72	6%	R\$ 1,69
TOTAL			R\$ 15,45

Tabela 51: Custo final R\$/min + Manutenção (50%) – Veículos Comerciais

Salários Mínimos	R\$/h	%	Composição
1--2	R\$ 8,91	21%	R\$ 2,82
2--3	R\$ 14,84	54%	R\$ 12,01
3--4	R\$ 20,78	19%	R\$ 5,82
4--5	R\$ 26,72	6%	R\$ 2,54
TOTAL			R\$ 23,18

É oportuno esclarecer que a parcela do custo de manutenção é resultante de uma média ponderada dos eixos dos veículos comerciais mais recorrentes nas rodovias em análise, portanto, sendo adotado em igual forma para comerciais leves e pesados.

No que tange a composição dos custos de deslocamento, foi calculado também o desembolso dos usuários por km deslocado. Para obtenção desse valor para veículos de passeio e comercial, foi realizada a média ponderada em R\$/km, de acordo com as repostas dos usuários quando questionados sobre o combustível utilizado e autonomia (km/l) do veículo.

Os valores de referência para litro de combustível foram retirados da Agência Nacional do Petróleo (ANP), considerando o valor médio dos estados de Minas e Espírito Santo disponível em www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Index.asp (2021).

As tabelas a seguir apresentam os valores considerados dos combustíveis bem como os valores médios de autonomia de veículos declarados pelos usuários, o valor final é R\$/km dos usuários.

Tabela 52: Valores em R\$/km por tipo de combustível (veículos de passeio)

COMBUSTIVEL	PREÇO	AUTONOMIA / RENDIMENTO	R\$/km	COMPOSIÇÃO	PREÇO
	PARÁ				
Gasolina	R\$ 4,68	10,9	R\$ 0,43	62%	R\$ 0,27
Álcool	R\$ 4,01	10,41	R\$ 0,39	1%	R\$ 0,00
Diesel	R\$ 4,03	6,22	R\$ 0,65	37%	R\$ 0,24
TOTAL					R\$ 0,51

Tabela 53: Valores em R\$/km – Diesel (veículos comerciais)

COMBUSTIVEL	PREÇO	AUTONOMIA / RENDIMENTO	R\$/km	COMPOSIÇÃO	PREÇO
	PARÁ				
Diesel	R\$ 4,03	3,6	R\$ 1,12	100%	R\$ 1,12

A equação final de custo de rota será dada então da seguinte forma:

$$\text{Custo de Rota} = \text{Distância} \times C_{R\$/km} + \text{Tempo} \times C_{R\$/h} + C_{pedágio}$$

10.5 PROCESSO DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

O processo de alocação consiste em, através das viagens entre pares OD, denominadas também como zonas de tráfego, estimar o tráfego passante em cada segmento de tráfego (base viária), já predefinidos. Além das viagens entre zonas, o processo de alocação considera também o custo de rota.

Nesse caso a alocação de tráfego ocorre através do método denominado SUE (Stochastic User Equilibrium) ou Equilíbrio Estocástico de Usuário o qual faz diversas interações com a rede viária definindo o melhor caminho entre o par O/D considerando que os usuários não percebem o custo de rota de forma idêntica (por exemplo, uns consideram tempo de viagem, outro custo de rota, outro liberdade de fluxo, outro paisagem e etc.). No entanto, a maioria significativa das viagens que possuem custos muito diferentes, são alocados no caminho que possui o menor custo de rota.

Segundo Daganzo e Sheffi (1977) um fluxo em redes corresponde a solução de Equilíbrio Estocástico do Usuário quando nenhum usuário acredita ser possível diminuir seu próprio tempo de viagem através de uma mudança unilateral de rota.

Esse método de alocação é o que melhor se adéqua ao modelo devido a aleatoriedade de escolhas diante de uma rota, caso contrário, ou seja, excluído essa aleatoriedade, o tráfego seria alocado no caminho de menor custo, o que pode não acontecer.

Em suma, se há, por exemplo, três possíveis rotas entre a origem A e o destino B, essas rotas possuem custos diferentes entre si (diferença em função das distâncias e velocidades de cada rota), então, os custos são Rota 1 = 20 , Rota 2 = 22 e Rota 3 = 32, como em duas das três rotas os custos são próximos (rota 1 e rota 2) a alocação pelo método SUE aloca uma parcela de tráfego na rota 2 e uma parcela mais expressiva, compondo o total, na rota 1, o que representa a aleatoriedade entre os usuários. Já a rota 3 por apresentar um custo muito alto (se comparada as outras) não entra em cena.

11 INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO

Para indicação da localização das praças de pedágio deve-se levar em consideração os trechos homogêneos com maiores VDMs, ao mesmo tempo que, de acordo com a recomendação da ANTT, as praças de pedágio não devem ser localizadas próximas a cidades e povoados sujeitos a futura conurbação, evitando a tarifação de viagens curtas ou muito frequentes.

Deve-se evitar também a proximidade com locais de preservação ambiental, trechos de mata nativa ou cursos d'água.

É importante ressaltar que o sistema de pedagiamento (conjunto de praças) está diretamente atrelado ao desempenho da concessão, de modo que se as praças estão bem localizadas no quesito volume de tráfego a arrecadação tende a ser maior ou o oposto. Ou seja, a localização das praças impacta na capacidade de captação de receita.

Para o trecho em estudo foram analisados dois cenários de pedagiamento, a saber:

Cenário base: 7 praças de pedágio entre Marabá e Alça Viária (Ananindeua), conforme ilustra a Figura 111. É importante mencionar que a numeração das praças de pedágio se inicia a partir de Marabá em direção à norte.

Neste cenário as praças estão localizadas conforme Tabela 54.

Tabela 54: Localização das Praças de Pedágio – Cenário Base

SEG. HOM.	PRAÇA DE PEDÁGIO	TRECHOS / SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	RODOVIA	KM INÍCIO	KM FIM	SEGMENTO
04	PP1	Fim PU Nova Ipixiuna - Início PU de Jacundá	PA-150	35,00	87,00	RURAL
06	PP2	Fim PU de Jacundá - Início PU de Goianésia do Pará	PA-150	91,40	159,00	RURAL
08	PP3	Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará) - Posto da Polícia Rodoviária de Goianésia	PA-150	164,80	183,92	RURAL
08	PP4	Posto da Polícia Rodoviária de Goianésia - Início PU de Tailândia	PA-150	183,92	267,40	RURAL
10	PP5	Fim de PU de Tailândia - Entrº PA-475/256	PA-150	271,90	333,00	RURAL
15	PP6	Entrº PA-252 - Entrº PA-483/Alça Viária	PA-151	0,00	21,50	RURAL
18	PP7	Entrº PA-151/483 - Início PU de Ananindeua	Alça Viária	0,00	67,50	RURAL

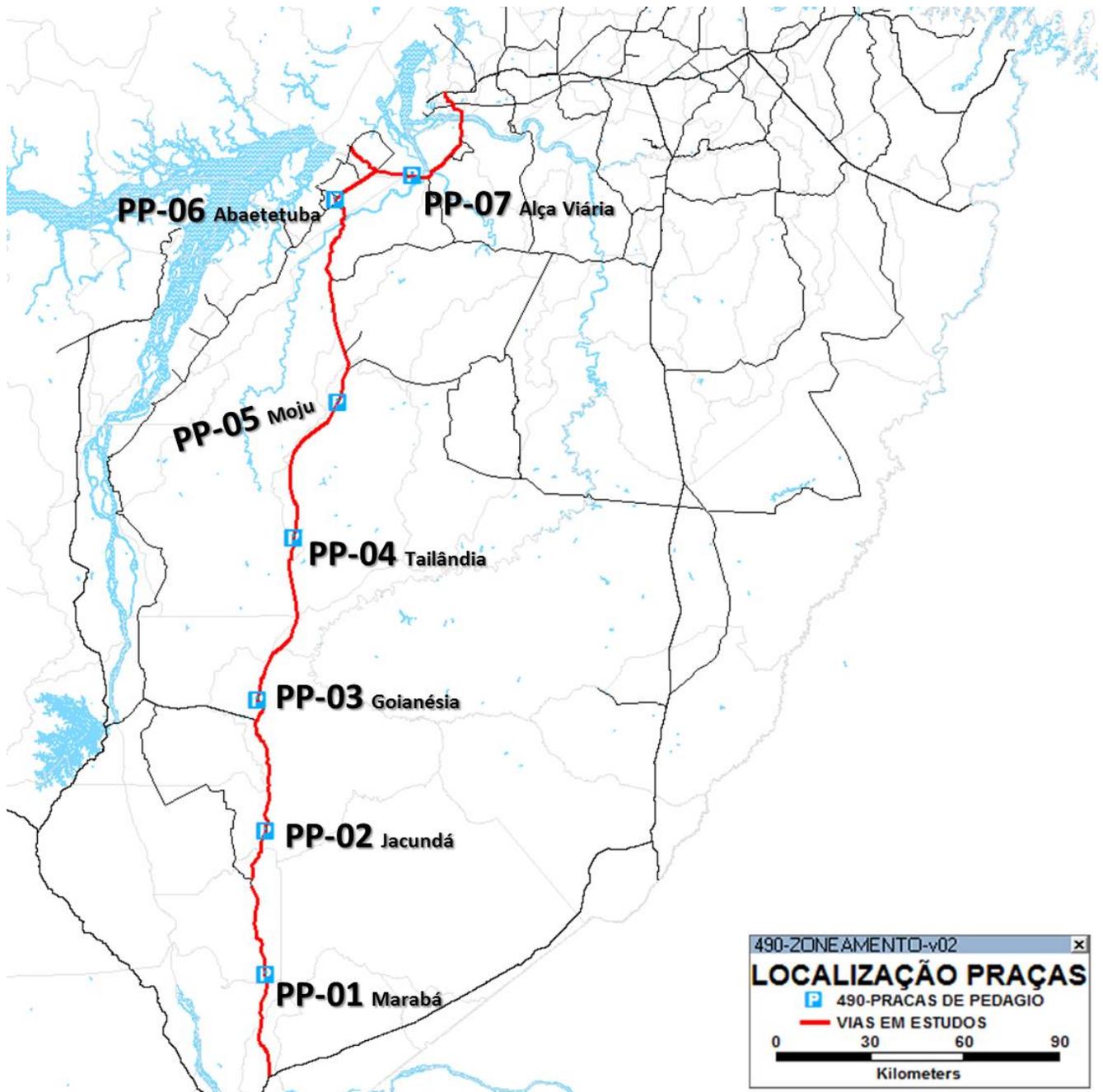


Figura 111: Localização das Praças de Pedágio – Cenário Base

Conforme já explanado, neste cenário de concessão somente do eixo da PA-150 até Ananindeua estão dispostas 7 praças de pedágio com uma distância média entre elas de 75km.

A Tabela 55 a seguir apresenta a localização das praças em seus respectivos segmentos homogêneos.

Tabela 55: Localização das Praças de Pedágio

SEG. HOM.	PRAÇA DE PEDÁGIO	TRECHOS / SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	RODOVIA	KM INÍCIO	KM FIM	SEGMENTO
04	PP1	Fim PU Nova Ipixiuna - Início PU de Jacundá	PA-150	35,00	87,00	RURAL
06	PP2	Fim PU de Jacundá - Início PU de Goianésia do Pará	PA-150	91,40	159,00	RURAL
08	PP3	Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará) - Posto da Polícia Rodoviária de Goianésia	PA-150	164,80	183,92	RURAL
08	PP4	Posto da Polícia Rodoviária de Goianésia - Início PU de Tailândia	PA-150	183,92	267,40	RURAL
10	PP5	Fim de PU de Tailândia - Entrº PA-475/256	PA-150	271,90	333,00	RURAL
15	PP6	Entrº PA-252 - Entrº PA-483/Alça Viária	PA-151	0,00	21,50	RURAL
18	PP7	Entrº PA-151/483 - Início PU de Ananindeua	Alça Viária	0,00	67,50	RURAL

11.1 IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS ROTAS ALTERNATIVAS E/OU DE DESVIO

Antes de apresentar as avaliações das possíveis rotas alternativas e/ou de fuga é importante elucidar o conceito adotado para cada uma. A Figura 112 apresenta uma breve ilustração das opções em relação a praça de pedágio.



Figura 112: Ilustração de rota alternativa e rota de desvio

Rota alternativa é então aquela via “concorrente” a via pedagiada, sendo pedagiada ou não, porém, na maioria das vezes, com extensão maior entre os pontos de origem-destino.

Enquanto rota de fuga são aqueles caminhos curtos utilizados para desviar do trajeto em uma via pedagiada somente no ponto onde há ou estão localizadas as cabines de cobrança de pedágio. Geralmente esses desvios são de qualidade bem inferior as da rodovia.

Ao longo do eixo da PA-150 e demais rodovias em estudo foram identificados alguns trechos que permitem a realização de desvio e/ou fuga, ao quais são apresentados na sequência.

É importante mencionar que as fugas/desvios pelas rotas alternativas podem ou não ocorrerem, o que de fato só poderá ser confirmado após a operação do pedágio.

No exemplo da Figura 113, pode-se verificar a possibilidade de se utilizar uma rota alternativa, de ligação norte-sul, via BR-010 (rota demarcada na cor azul), uma vez que esta possui o traçado semelhante àquela. Neste caso a BR-010 é uma via concorrente à concessão.

Como já citado, a possibilidade de desvio pode ou não acontecer, todavia devido ao traçado ele é factível.

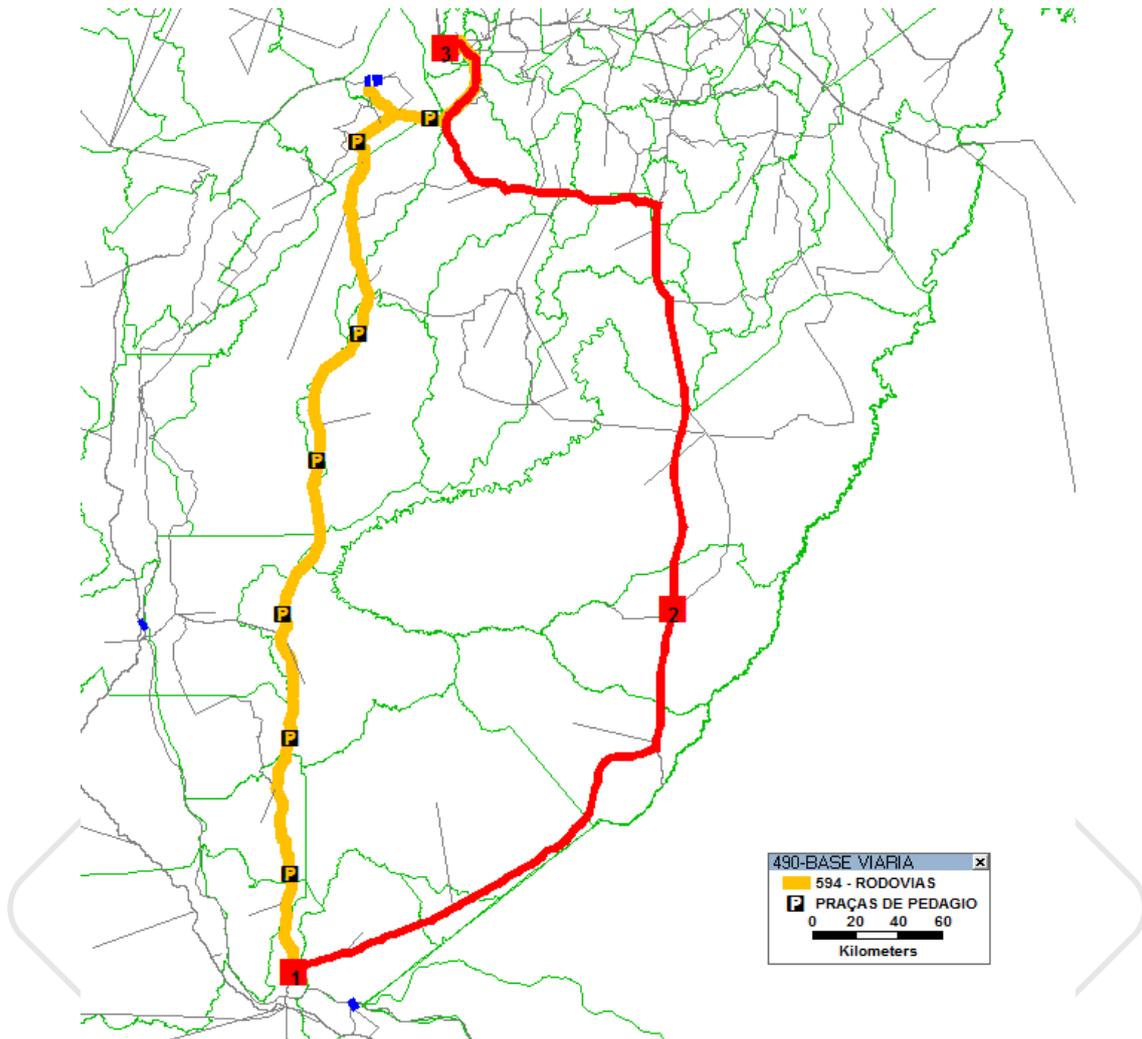


Figura 113: Detalhe para rota alternativa via BR—010

Outra possibilidade de rota alternativa/via concorrente é pela PA-151 (rota destacada na cor verde) como pode ser verificado na Figura 114. De modo análogo à BR-010, o desvio pode ou não ocorrer, no entanto a possibilidade existe.

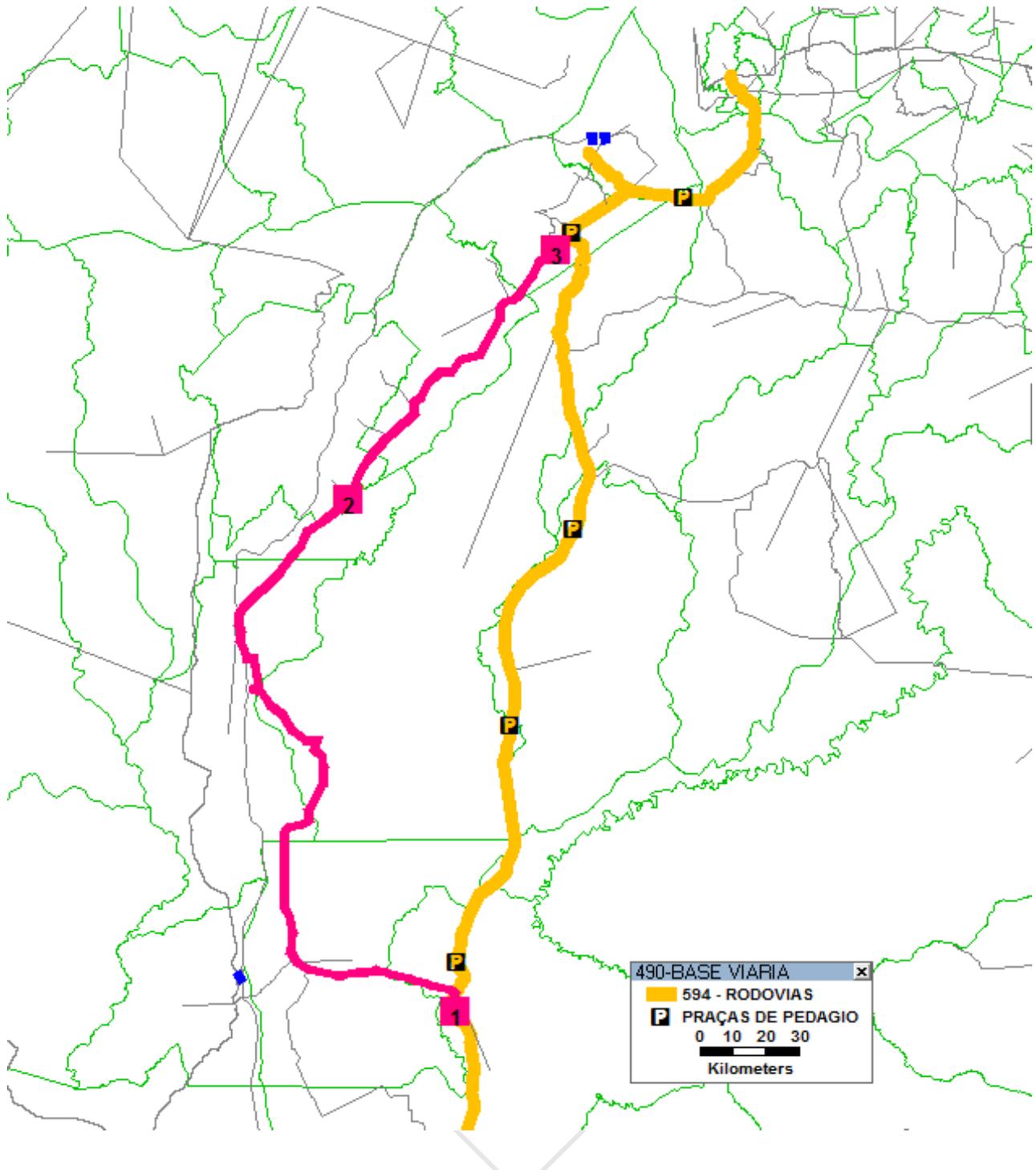


Figura 114: Detalhe para rota alternativa via PA-151

Digno de nota, a rota alternativa via PA-151 é mais extensa se comparada com a rota via PA-150.

Verifica-se também a possibilidade de algumas rotas de fuga, ou seja, desvio para não passar pela praça de pedágio, salienta-se que o ato de fuga ele poderá ou não acontecer.

Na Figura 115 adiante pode-se observar a possibilidade de fuga via PA-252 (rota demarcada na cor verde)

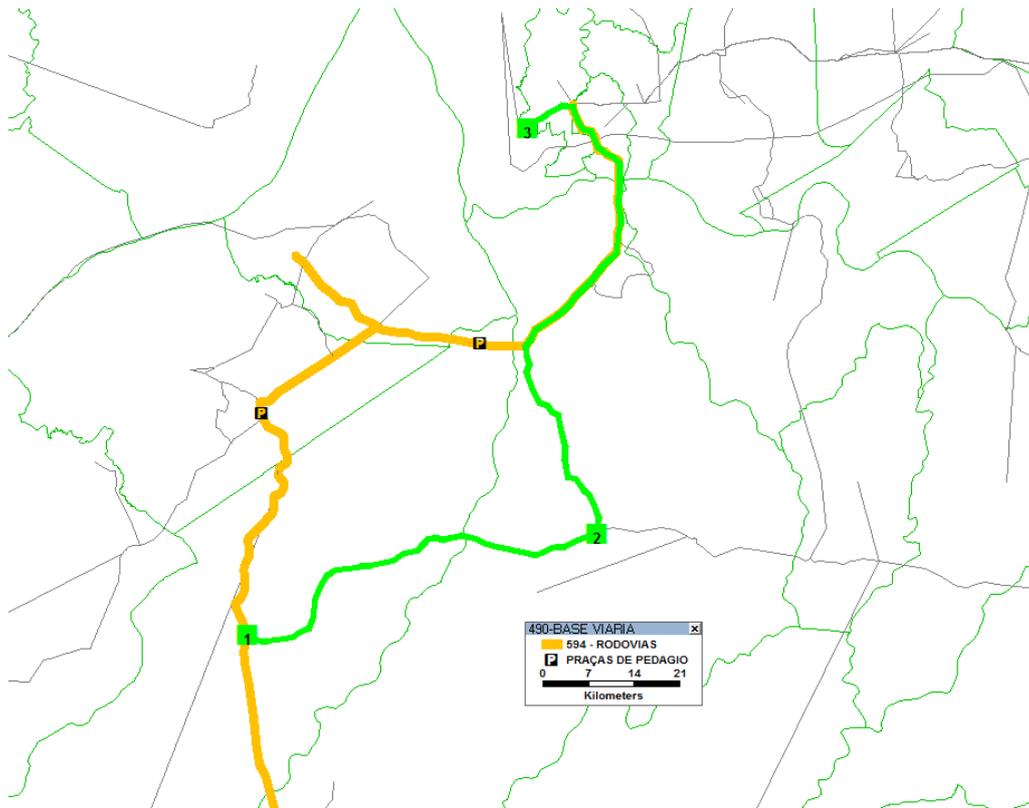


Figura 115: Detalhe para a possibilidade de fuga via PA-252

Na Figura 116 a seguir pode-se verificar a possibilidade de fuga da PP-01, em Marabá, via PA-151 e posteriormente PA-263 no sentido Marabá-Belém (rota demarcada na cor azul).

Lembrando que a rota de fuga é significativamente inferior, sobretudo no quesito distância e traçado, ou seja, é melhor que o usuário use a rota concessionada, todavia a possibilidade de fuga existe.

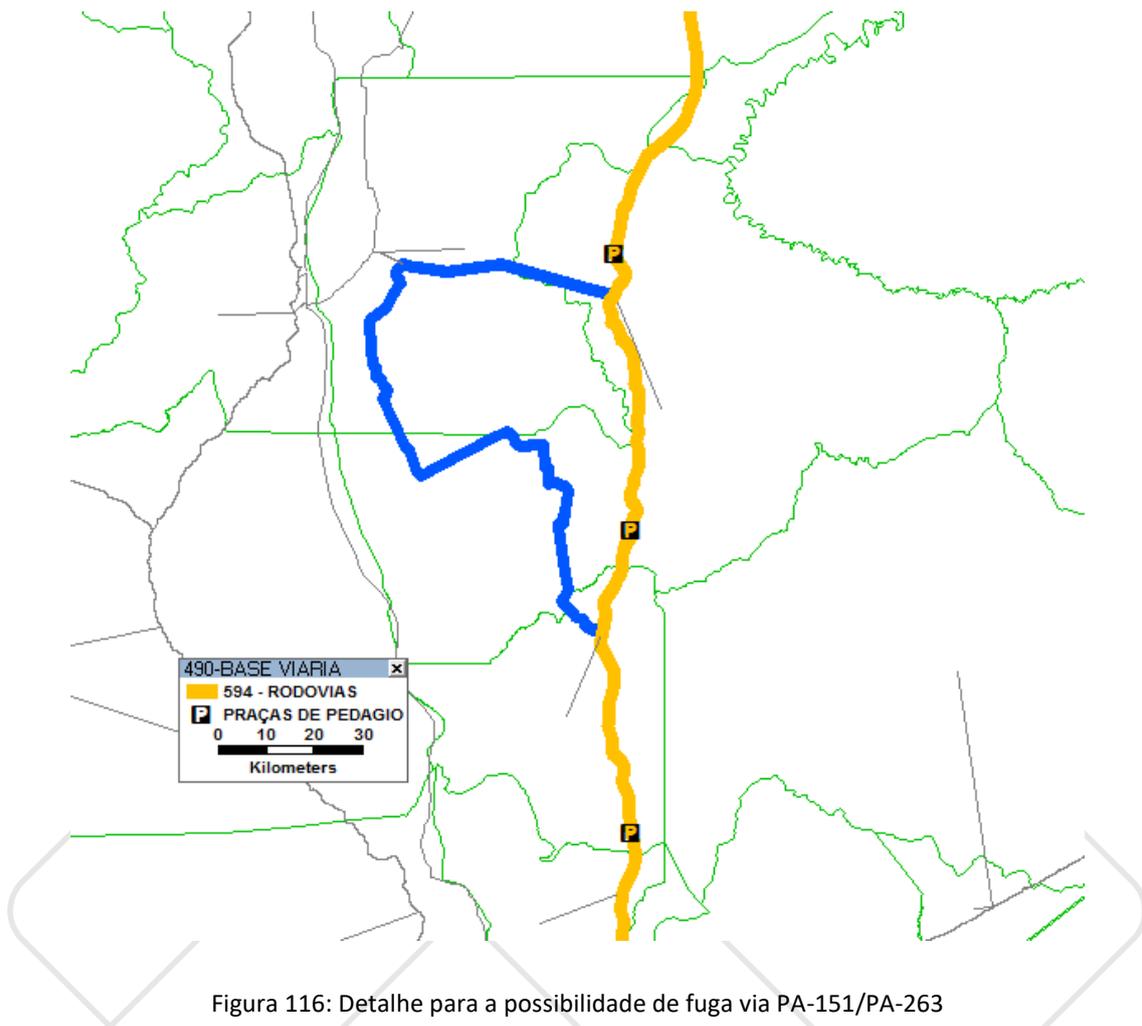


Figura 116: Detalhe para a possibilidade de fuga via PA-151/PA-263

Ressalta-se que este item tratou apenas de apresentar que existem possibilidade de fuga/concorrente ao trecho em avaliação para concessão, todavia é importante mencionar que após a realização de todas as obras de melhorias esperadas para PA-150 e demais rodovias em estudo para concessão a possibilidade de fuga será reduzida significativamente.

O item 12.1.1.2, a ser apresentado posteriormente, tratará, quantitativamente, sobre qual o impacto dessas fugas/rotas alternativas no modelo de tráfego.

12 VOLUME DE TRÁFEGO – ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

12.1 CENÁRIO DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

Uma vez calibrado, o modelo de alocação de tráfego é utilizado para estimar o tráfego das rodovias em questão.

Para este estudo utilizou-se o processo de alocação para o cenário atual, isto é, alocação de tráfego com a matriz OD do ano base (2019) atualizada para o ano de 2021 e a base viária atual e posteriormente outra alocação com a mesma matriz base mas com a variação/melhorias advindas a partir da concessão, a saber, obras de ampliação de capacidade, retificação, pavimentação, implementação de acostamento e afins.

O fator importante de manter a demanda constante (mesma matriz) é que se permite identificar impactos no tráfego derivados, especificamente, de obras de melhorias na malha viária uma vez que o VDMA está sobre uma mesma base de comparação. Falando em VDMA (volume diário médio anual) é importante lembrar que o modelo em si é todo elaborando baseando-se neste volume, o qual já incorporam as possíveis variações que podem ocorrer no tráfego dentro de um ano.

Para estimar o VDMA dos demais anos do modelo é aplicada a taxa de crescimento conforme apresentado anteriormente no item 4.5.1.

Serão apresentados os resultados de tráfego considerando a taxa de crescimento do cenário PIB-Brasil (vide item 4.5.1.1).

Porém antes de apresentar os resultados da alocação de tráfego é importante contextualizar o panorama do sistema viário do Pará, mais precisamente da alça viária.

Na ocasião das pesquisas realizadas em 2019, um sinistro onde uma embarcação colidiu com a estrutura da ponte sobre o Rio Moju acarretou na interdição do tráfego em parte da Alça Viária o que poderia causar uma alteração no tráfego habitual. As pesquisas realizadas em 2021, porém, já possibilitaram a observação e obtenção de dados de tráfego já com o tráfego restabelecido nesse trecho rodoviário. Contudo, não é possível precisar se o tráfego habitual é o contabilizado em 2021 ou o tráfego contabilizado em 2019, por isso, a consultora adotou, para realização das análises o tráfego médio entre as duas pesquisas realizadas.

12.1.1 Cenário base – Pedagiamento

Para fins de análise de nível de serviço e número deste estudo, considerou-se a matriz de geração de viagens obtida e expandida para os anos futuros aplicando-se as taxas de crescimento de tráfego mencionadas no capítulo 7. Para análises econômicas foram considerados os demais cenários de projeção de crescimento, porem todos seguindo a seguinte lógica operacional:

- Ano 0 (2021): Ano base para Modelo;
- Ano 1 (2023): Início da concessão, sem cobrança de pedágio;
- Ano 2 (2024): Início da cobrança de pedágio.

12.1.1.1 ESTIMATIVA DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL

A tabela a seguir mostra o resumo do VDMA dos segmentos homogêneos, considerando o cenário base, isto é, sem a implantação da navegação na hidrovia e ainda sem a cobrança da tarifa de pedágio. Na Figura 117 adiante está um recorte da simulação para obtenção do VDMA do cenário base.

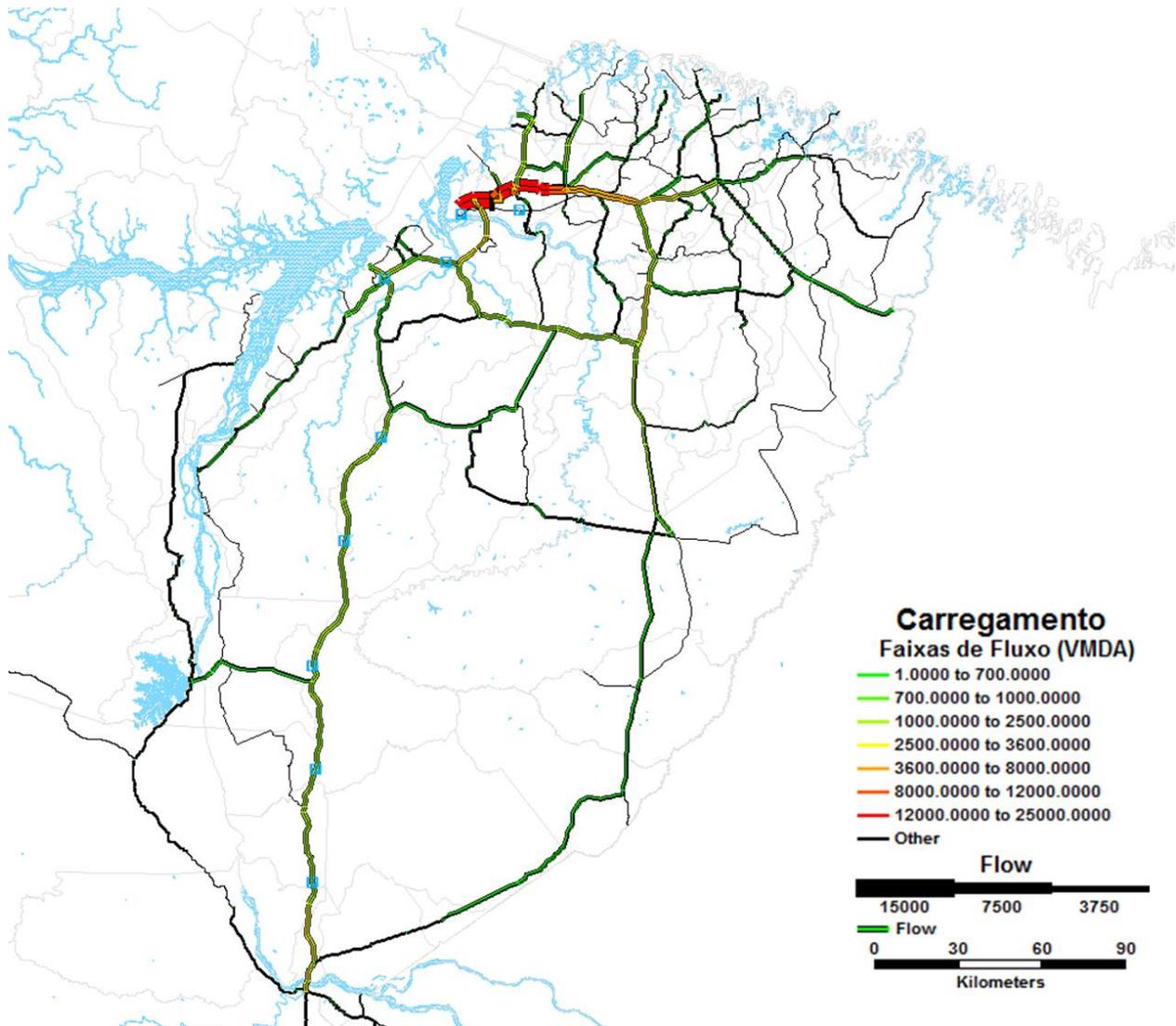


Figura 117: Carregamento do cenário base 2020

Pode-se notar um expressivo volume na BR-316 nas proximidades de Belém.

Na Tabela 56 apresentada a seguir estão apresentados o volume médio diário para cada um dos 20 segmentos homogêneos, segregados por categoria (leve, comercial leve até 4 eixos e comercial pesados acima de 5 eixos) e também o total, o volume apresentado não considera a cobrança de pedágio. Vale lembrar também que o sentido norte é o sentido crescente de quilometragem.

Tabela 56: VDMA encontrados após simulação de tráfego para o ano base para cada um dos segmentos

SH	TRECHO	RODOVIA	SENTIDO	LEVES	CL	CP	VDMA	%PESADO
1	Entrº BR-222 (Morada Nova) - Fim PU de Morada Nova	PA-150	NORTE	867	174	479	1520	43%
1	Entrº BR-222 (Morada Nova) - Fim PU de Morada Nova	PA-150	SUL	1765	434	501	2700	35%
2	Fim de Pu de Morada Nova- Início PU de Nova Ipixiuna	PA-150	NORTE	867	122	479	1468	41%
2	Fim de Pu de Morada Nova- Início PU de Nova Ipixiuna	PA-150	SUL	1765	434	501	2701	35%
3	Início PU de Nova Ipixiuna - Fim PU Nova Ipixiuna	PA-150	NORTE	832	122	479	1433	42%
3	Início PU de Nova Ipixiuna - Fim PU Nova Ipixiuna	PA-150	SUL	1451	434	501	2387	39%
4	Fim PU Nova Ipixiuna - Início PU de Jacundá	PA-150	NORTE	832	122	479	1433	42%
4	Fim PU Nova Ipixiuna - Início PU de Jacundá	PA-150	SUL	1451	434	501	2387	39%
5	Início PU de Jacundá - Fim PU de Jacundá	PA-150	NORTE	713	121	479	1313	46%
5	Início PU de Jacundá - Fim PU de Jacundá	PA-150	SUL	1217	427	482	2126	43%
6	Fim PU de Jacundá - Início PU de Goianésia do Pará	PA-150	NORTE	593	120	479	1192	50%
6	Fim PU de Jacundá - Início PU de Goianésia do Pará	PA-150	SUL	982	421	462	1865	47%
7	Início PU de Goianésia do Pará - Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará)	PA-150	NORTE	593	120	479	1192	50%
7	Início PU de Goianésia do Pará - Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará)	PA-150	SUL	982	421	462	1865	47%
8	Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará) - Início PU de Tailândia	PA-150	NORTE	534	166	479	1179	55%
8	Entrº PA 263 (Fim PU Goianésia do Pará) - Início PU de Tailândia	PA-150	SUL	628	456	466	1549	59%
9	Início PU de Tailândia - Fim PU de Tailândia	PA-150	NORTE	573	215	479	1268	55%
9	Início PU de Tailândia - Fim PU de Tailândia	PA-150	SUL	729	394	449	1572	54%
10	Fim de PU de Tailândia - Entrº PA-475/256	PA-150	NORTE	573	215	479	1268	55%
10	Fim de PU de Tailândia - Entrº PA-475/256	PA-150	SUL	729	394	449	1572	54%
11	Entrº PA-150/256 - Entrº PA-252	PA-475	NORTE	279	202	479	960	71%
11	Entrº PA-150/256 - Entrº PA-252	PA-475	SUL	503	327	437	1267	60%
12	Entrº PA-475 - PU Moju	PA-252	NORTE	257	202	479	938	73%
12	Entrº PA-475 - PU Moju	PA-252	SUL	511	327	437	1275	60%
13	PU Moju - Fim PU de Moju	PA-252	NORTE	841	356	513	1709	51%
13	PU Moju - Fim PU de Moju	PA-252	SUL	1158	414	437	2009	42%

SH	TRECHO	RODOVIA	SENTIDO	LEVES	CL	CP	VDMA	%PESADO
14	Fim de Pu de Moju - Entrº PA-151/252	PA-252	NORTE	841	356	513	1709	51%
14	Fim de Pu de Moju - Entrº PA-151/252	PA-252	SUL	1158	414	437	2009	42%
15	Entrº PA-252 - Entrº PA-483/Alça Viária	PA-151	NORTE	794	611	446	1851	57%
15	Entrº PA-252 - Entrº PA-483/Alça Viária	PA-151	SUL	1078	601	344	2023	47%
16	Entrº Acesso Área Portuária Vila do Conde (Barcarena) - Fim PU de Pramajá	PA-483	ALÇA	1170	230	400	1800	35%
16	Entrº Acesso Área Portuária Vila do Conde (Barcarena) - Fim PU de Pramajá	PA-483	PORTO	981	301	100	1382	29%
17	Fim PU de Pramajá - Entrº PA-151/Alça Viária	PA-483	ALÇA	383	210	220	813	53%
17	Fim PU de Pramajá - Entrº PA-151/Alça Viária	PA-483	PORTO	386	99	180	665	42%
18	Entrº PA-151/483 - Início PU de Ananindeua	ALÇA VIÁRIA	ALÇA	823	693	321	1837	55%
18	Entrº PA-151/483 - Início PU de Ananindeua	ALÇA VIÁRIA	PORTO	1422	658	202	2282	38%
19	Início PU de Ananindeua - Entrº BR-316/010	ALÇA VIÁRIA	NORTE	1086	691	329	2106	48%
19	Início PU de Ananindeua - Entrº BR-316/010	ALÇA VIÁRIA	SUL	1911	648	199	2758	31%

Verifica-se, conforme esperado, um elevado volume de veículos pesados (comercial leve – CL e comercial pesado – CP) da ordem de 50%.

Para maior facilidade de visualização dos dados, a figura seguinte apresenta graficamente os volumes por segmento homogêneo das rodovias. Lembrando que a segmentação se inicia em Morada Nova, Marabá (SH 1) até acesso a BR-316 alça viária (SH 19), nas proximidades de Ananindeua.

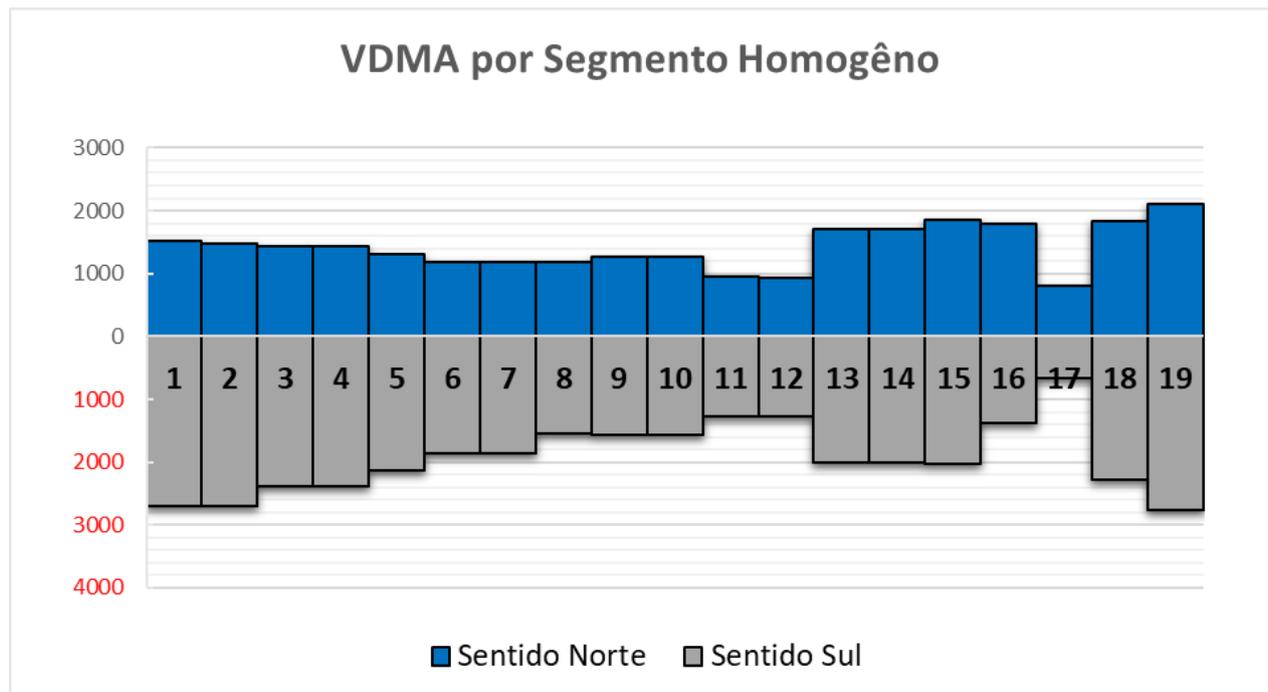


Figura 118: Variação do VDMA por segmento homogêneo e sentido

Os segmentos de maior volume de tráfego são os SH 1,2,13,14,15,18 e 19.

Tabela 57: Segmentos com maiores volumes de tráfego

SEG. HOM.	TRECHOS / SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	RODOVIA	SEGMENTO
01	Entrº BR-222 (Morada Nova) - Fim PU de Morada Nova	PA-150	URBANO
02	Fim de Pu de Morada Nova- Início PU de Nova Ipixiuna	PA-150	RURAL
03	Início PU de Nova Ipixiuna - Fim PU Nova Ipixiuna	PA-150	URBANO
13	PU Moju - Fim PU de Moju	PA-252	URBANO
14	Fim de Pu de Moju - Entrº PA-151/252	PA-252	RURAL
15	Entrº PA-252 - Entrº PA-483/Alça Viária	PA-151	RURAL
18	Entrº PA-151/483 - Início PU de Ananindeua	Alça Viária	RURAL
19	Início PU de Ananindeua - Entrº BR-316/010	Alça Viária	URBANO

Os volumes apresentados anteriormente são relativos ao sistema viária atual para o ano base, isto é 2021.

12.1.1.2 FUGAS ESTIMADAS PELO MODELO

Conforme já explanado anteriormente no item 11.1, foram mapeadas algumas potenciais rotas concorrentes e de fuga, que durante o processo de alocação de tráfego o modelo estima, quantitativamente, qual a parcela do tráfego que fazem a adesão ao desvio, dado que o custo de transporte (explanado no item 10.4) é estritamente matemático, alocando a maior parcela de tráfego na caminho de menor custo entre sua zona de origem e zona de destino.

A seguir na Tabela 58 são apresentados os resumos de fugas que poderão ocorrer após o início da cobrança de pedágio (2024).

Tabela 58: Tabela resumo de fugas

RODOVIA	PRAÇA	KM	VEÍCULOS	FUGAS DE TRÁFEGO
				2024
PP-1-PA-150	1	45,90	LEVES	-7,96%
			PESADOS	-10,10%
PP-2-PA-150	2	112,10	LEVES	-14,00%
			PESADOS	-10,36%
PP-3-PA-150	3	174,40	LEVES	-13,85%
			PESADOS	-15,33%
PP-4-PA-150	4	251,10	LEVES	-13,85%
			PESADOS	-15,33%
PP-5-PA-150	5	316,40	LEVES	-11,47%
			PESADOS	-13,93%
PP-6-PA-252	6	39,5	LEVES	-3,92%
			PESADOS	0,00%
PP-7-ALÇA VIÁRIA	7	28,2	LEVES	-3,71%
			PESADOS	0,00%
			LEVES	-9,82%
			PESADOS	-9,29%

Verificou-se uma fuga média de 9,8% de veículos leves e 9,3% para veículos comerciais. Destaca-se que as fugas nas praças 6 e 7 para veículos pesados tende a ser nula, o que pode ser explicado pelo fato do aumento expressivo no trecho de fuga a percorrer .

E, conforme antecipado no item 4.3, está em fase de projeto a viabilidade do hidrovio, que irá concorrer com a PA-150. De acordo com fontes oficiais, a hidrovio deverá ser viabilizada até 2026, portanto, neste estudo considerar-se-á o impacto no tráfego, em função da possibilidade de navegação, no ano de 2026.

Após a previsão dos fluxos futuros baseado nas taxas de crescimento, considerando a elasticidade da demanda, foram calculados as fugas para o cenário de abertura da hidrovio (2026). É importante destacar

que assumiu-se que a queda de tráfego para veículos leves seria nula, ou seja, a nova de oferta de transporte via modo hidroviário não impacta as viagens realizadas por essa categoria de veículos rodoviários. Assim sendo, a queda média de tráfego esperada para veículos pesados em todas as praças é de 14,5%.

RODOVIA	PRAÇA	KM	VEÍCULOS	FUGAS DE TRÁFEGO
				2026
PP-1-PA-150	1	45,90	LEVES	0,00%
			PESADOS	-14,32%
PP-2-PA-150	2	112,10	LEVES	0,00%
			PESADOS	-20,69%
PP-3-PA-150	3	174,40	LEVES	0,00%
			PESADOS	-20,67%
PP-4-PA-150	4	251,10	LEVES	0,00%
			PESADOS	-20,67%
PP-5-PA-150	5	316,40	LEVES	0,00%
			PESADOS	-18,73%
PP-6-PA-252	6	39,5	LEVES	0,00%
			PESADOS	-8,22%
PP-7-ALÇA VIÁRIA	7	28,2	LEVES	0,00%
			PESADOS	1,44%
			LEVES	0,00%
			PESADOS	-14,55%

Figura 119: Fugas de Tráfego devido a abertura do tráfego na hidrovia e Porto em Marabá em 2026

13 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO

13.1 MICROSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Uma vez definidos os locais das praças de pedágio, foram simuladas as formações de fila nas cancelas e realizada a recomendação do número de faixas de cobrança.

Como parâmetros básicos foram considerados:

- Taxa de crescimento do tráfego: conforme calculado no item 7.
- Período de concessão: 30 anos;
- Tempo médio de atendimento por cancela: 20,26 segundos;
- Uma cancela automática por sentido;
- Percentual de adesão do tráfego nas cancelas automáticas no trecho estudado: 37% (valor estimado com base em outros estudos de concessão).

Com base no volume horário de projeto (VHP) de cada um dos segmentos, foram obtidos os indicadores de Fila Média, Tempo Médio no Sistema e Nível de Serviço, que estão resumidos nas apresentadas na sequência desta seção.

Os dados de entrada estão apresentados na Tabela 59.

Tabela 59: Dados de entrada para dimensionamento das cabines das praças de pedágio

Dados		
	Taxa de crescimento do tráfego	2,00%
	Tempo médio de atendimento (s) (cancelas convencionais)	20,26
	Possui cancela automática? Se Sim (1), se não (0)	1
	Percentual de adesão na cancela automática	37%

PP	VMD (Atual ambos os sentidos)	Percentual Por sentido
1	490	40,53%
		59,47%
2	368	43,03%
		56,97%
3	415	43,36%
		56,64%
4	415	43,36%
		56,64%
5	458	44,78%
		55,22%
6	733	48,09%
		51,91%
7	736	46,46%
		53,54%

Nas tabelas seguintes estão apresentados os cálculos de Níveis de Serviço para as praças de pedágio considerando o horizonte de 30 anos de concessão.

13.1.1 Dimensionamento Das Cabines

A seguir estão apresentados os dados de tempo médio na cancela por praça de pedágio, considerando 4 configurações de cabine por sentido, sempre com 1 cancela automática.

Tabela 60: Resumo do Tempo médio no sistema (segundos)

Tempos médios no sistema (segundos)				
Praça de Pedágio	1 convencional e 1 automática	2 convencionais e 1 automática	3 convencionais e 1 automática	4 convencionais e 1 automática
1	Inviável	312	54	38
2	Inviável	62	37	31
3	Inviável	83	41	33
4	Inviável	83	41	33
5	Inviável	108	44	34
6	Inviável	Inviável	109	52
7	Inviável	Inviável	129	55

Na tabela abaixo os resultados da simulação para número médio de veículos em fila.

Tabela 61: Resumo da Fila Média (veículos)

Fila média (veículos)				
Praça de Pedágio	1 convencional e 1 automática	2 convencionais e 1 automática	3 convencionais e 1 automática	4 convencionais e 1 automática
1	Inviável	13	1	0
2	Inviável	1	0	0
3	Inviável	2	1	0
4	Inviável	2	1	0
5	Inviável	4	1	0
6	Inviável	Inviável	4	1
7	Inviável	Inviável	5	1

Os Níveis de Serviços calculados estão disponibilizados na sequência.

Tabela 62: Resumo dos Níveis de Serviço

Níveis de Serviço				
Praça de Pedágio	1 convencional e 1 automática	2 convencionais e 1 automática	3 convencionais e 1 automática	4 convencionais e 1 automática
1	F	F	B	A
2	F	B	A	A
3	F	C	B	A
4	F	C	B	A
5	F	C	B	A
6	F	F	C	B
7	F	F	C	B

Por fim, a partir das análises das tabelas apresentadas, definiu-se a quantidade mínima de cancelas por sentido da rodovia.

A indicação do número de faixas de cobrança por sentido está apresentada na Tabela 63 em que, além do número de cancelas convencionais, foi também levado em consideração 1 cancela automática por sentido.

Tabela 63: Indicação da quantidade de faixas de cobrança por sentido

Praça de Pedágio	RODOVIA	Quantidade de faixas de convencionais por sentido	Quantidade de cancelas automáticas por sentido	Total de faixas de cobrança por sentido
1 - MARABÁ	PA-150	3	1	4
2 - JACUNDÁ	PA-150	3	1	4
3 - GOIANÉSIA	PA-475	3	1	4
4 - TAILÂNDIA	PA-475	3	1	4
5 - MOJU	PA-256	3	1	4
6 - ABAETETUBA	PA-151	4	1	5
7 - ALÇA VIÁRIA	ALÇA VIÁRIA	4	1	5

14 PROJEÇÃO DE TRÁFEGO DURANTE A CONCESSÃO

Apresenta-se a seguir o VDMA para cada uma das praças, considerando o cenário base (praças no eixo da PA-150) e cenário tendencial (cenário base + abertura da hidrovía + porto de Marabá) durante todo horizonte de concessão, considerando a tarifa cheia de **R\$5,90**, tarifa ótima estimada pelo modelo.

Lembrando que:

- Ano Base (2021): Ano base para Modelo;
- Ano 0 (2023): Início da concessão, sem cobrança de pedágio;
- Ano 1 (2024): Início da cobrança de pedágio.

Cada um dos cenários citado supra possui uma taxa de crescimento de tráfego ao longo dos anos.

14.1 PROJEÇÃO DE TRÁFEGO – CENÁRIO BASE

As tabelas a seguir apresentam a projeção de tráfego para cada uma das praças de pedágio definidas.

Os valores estão em veículos para cada categoria de cobrança de pedágio, conforme Tabela 64.

Tabela 64: Categorias de Cobrança de Pedágio

CAT	TIPO DE VEÍCULO	MULTIPLICADOR DE TARIFA
CAT 01	AUTO / UTILITÁRIO	1
CAT 02	VEÍCULOS COMERCIAIS 2 EIXOS	2
CAT 03	AUTO + SEMI-REBOQUE	1,5
CAT 04	VEÍCULOS COMERCIAIS 3 EIXOS	3
CAT 05	AUTO + REBOQUES (2 EIXOS)	2
CAT 06	VEÍCULOS COMERCIAIS 4 EIXOS	4
CAT 07	VEÍCULOS COMERCIAIS 5 EIXOS	5
CAT 08	VEÍCULOS COMERCIAIS 6 EIXOS	6
CAT 09	VEÍCULOS COMERCIAIS 7 EIXOS	7
CAT 10	VEÍCULOS COMERCIAIS 8 EIXOS	8
CAT 11	VEÍCULOS COMERCIAIS 9 EIXOS	9
CAT 12	MOTOCICLETAS	0,5
CAT 13	VEÍCULOS ESPECIAIS	-

Tabela 65: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 1

Ano	Praça 1													TOTAL
	CAT 01	CAT 02	CAT 03	CAT 04	CAT 05	CAT 06	CAT 07	CAT 08	CAT 09	CAT 10	CAT 11	CAT 12	CAT 13	
2.021	1.494	383	0	352	0	136	131	1.015	262	74	617	0	0	4.465
2.022	1.503	385	0	354	0	137	131	1.020	264	75	620	0	0	4.487
2.023	1.533	391	0	360	0	139	134	1.038	268	76	631	0	0	4.569
2.024	1.563	398	0	366	0	141	136	1.055	273	77	641	0	0	4.652
2.025	1.595	405	0	372	0	144	138	1.073	277	79	652	0	0	4.736
2.026	1.626	412	0	379	0	146	140	1.092	282	80	663	0	0	4.821
2.027	1.658	419	0	385	0	149	143	1.110	287	81	675	0	0	4.907
2.028	1.691	426	0	392	0	151	145	1.129	292	83	686	0	0	4.994
2.029	1.724	433	0	398	0	154	148	1.148	297	84	698	0	0	5.083
2.030	1.758	440	0	405	0	156	150	1.167	302	85	709	0	0	5.172
2.031	1.792	447	0	412	0	159	153	1.186	307	87	721	0	0	5.263
2.032	1.827	455	0	418	0	161	155	1.206	312	88	733	0	0	5.356
2.033	1.863	462	0	425	0	164	158	1.226	317	90	745	0	0	5.450
2.034	1.899	470	0	432	0	167	160	1.246	322	91	757	0	0	5.545
2.035	1.936	478	0	439	0	170	163	1.267	327	93	770	0	0	5.642
2.036	1.973	486	0	447	0	172	166	1.288	333	94	783	0	0	5.741
2.037	2.011	494	0	454	0	175	168	1.309	338	96	795	0	0	5.840
2.038	2.050	502	0	461	0	178	171	1.330	344	97	808	0	0	5.942
2.039	2.089	510	0	469	0	181	174	1.352	349	99	822	0	0	6.045
2.040	2.129	518	0	477	0	184	177	1.374	355	100	835	0	0	6.149
2.041	2.170	527	0	484	0	187	180	1.396	361	102	849	0	0	6.256
2.042	2.212	535	0	492	0	190	183	1.419	367	104	862	0	0	6.363
2.043	2.254	544	0	500	0	193	186	1.442	373	105	876	0	0	6.473
2.044	2.297	553	0	508	0	196	189	1.465	379	107	890	0	0	6.584
2.045	2.340	562	0	517	0	199	192	1.489	385	109	905	0	0	6.697
2.046	2.385	571	0	525	0	202	195	1.513	391	111	919	0	0	6.811
2.047	2.430	580	0	533	0	206	198	1.537	397	112	934	0	0	6.928
2.048	2.476	589	0	542	0	209	201	1.562	404	114	949	0	0	7.046
2.049	2.523	599	0	551	0	212	204	1.587	410	116	964	0	0	7.165
2.050	2.570	608	0	559	0	216	207	1.612	417	118	980	0	0	7.287
2.051	2.619	618	0	568	0	219	211	1.638	423	120	995	0	0	7.411
2.052	2.668	628	0	577	0	223	214	1.664	430	122	1.011	0	0	7.536

Tabela 66: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 2

Ano	Praça 2													TOTAL
	CAT 01	CAT 02	CAT 03	CAT 04	CAT 05	CAT 06	CAT 07	CAT 08	CAT 09	CAT 10	CAT 11	CAT 12	CAT 13	
2.021	1.156	129	0	228	0	71	193	586	340	58	837	0	0	3.598
2.022	1.162	130	0	229	0	72	194	589	341	58	841	0	0	3.616
2.023	1.185	132	0	233	0	73	197	599	347	59	856	0	0	3.682
2.024	1.209	134	0	237	0	74	201	609	353	61	870	0	0	3.748
2.025	1.233	137	0	241	0	75	204	620	359	62	885	0	0	3.816
2.026	1.258	139	0	245	0	77	207	630	365	63	900	0	0	3.884
2.027	1.282	141	0	249	0	78	211	641	371	64	915	0	0	3.953
2.028	1.308	144	0	254	0	79	215	652	377	65	931	0	0	4.023
2.029	1.333	146	0	258	0	80	218	663	384	66	946	0	0	4.095
2.030	1.359	148	0	262	0	82	222	674	390	67	962	0	0	4.167
2.031	1.386	151	0	266	0	83	225	685	397	68	978	0	0	4.240
2.032	1.413	153	0	271	0	85	229	696	403	69	994	0	0	4.314
2.033	1.440	156	0	275	0	86	233	708	410	70	1.011	0	0	4.390
2.034	1.468	159	0	280	0	87	237	720	417	71	1.028	0	0	4.467
2.035	1.497	161	0	285	0	89	241	731	424	73	1.045	0	0	4.544
2.036	1.526	164	0	289	0	90	245	743	431	74	1.062	0	0	4.623
2.037	1.555	167	0	294	0	92	249	756	438	75	1.079	0	0	4.704
2.038	1.585	169	0	299	0	93	253	768	445	76	1.097	0	0	4.785
2.039	1.616	172	0	304	0	95	257	781	452	78	1.115	0	0	4.868
2.040	1.647	175	0	309	0	96	261	793	459	79	1.133	0	0	4.952
2.041	1.678	178	0	314	0	98	265	806	467	80	1.151	0	0	5.037
2.042	1.710	181	0	319	0	100	270	819	474	81	1.170	0	0	5.124
2.043	1.743	183	0	324	0	101	274	833	482	83	1.189	0	0	5.212
2.044	1.776	186	0	329	0	103	278	846	490	84	1.208	0	0	5.301
2.045	1.810	189	0	334	0	104	283	860	498	85	1.228	0	0	5.392
2.046	1.844	193	0	340	0	106	288	874	506	87	1.247	0	0	5.484
2.047	1.879	196	0	345	0	108	292	888	514	88	1.268	0	0	5.577
2.048	1.915	199	0	351	0	110	297	902	522	90	1.288	0	0	5.672
2.049	1.951	202	0	356	0	111	302	916	531	91	1.308	0	0	5.768
2.050	1.988	205	0	362	0	113	306	931	539	92	1.329	0	0	5.866
2.051	2.025	208	0	368	0	115	311	946	548	94	1.350	0	0	5.965
2.052	2.063	212	0	374	0	117	316	961	556	95	1.372	0	0	6.066

Tabela 67: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 3

Ano	Praça 3													TOTAL
	CAT 01	CAT 02	CAT 03	CAT 04	CAT 05	CAT 06	CAT 07	CAT 08	CAT 09	CAT 10	CAT 11	CAT 12	CAT 13	
2.021	1.303	146	0	257	0	80	218	661	383	66	944	0	0	4.059
2.022	1.311	146	0	258	0	81	219	664	385	66	949	0	0	4.079
2.023	1.337	149	0	263	0	82	222	676	391	67	965	0	0	4.153
2.024	1.364	151	0	267	0	83	226	687	398	68	982	0	0	4.228
2.025	1.391	154	0	272	0	85	230	699	405	69	998	0	0	4.304
2.026	1.418	157	0	277	0	86	234	711	412	71	1.015	0	0	4.381
2.027	1.446	159	0	281	0	88	238	723	419	72	1.033	0	0	4.459
2.028	1.475	162	0	286	0	89	242	735	426	73	1.050	0	0	4.538
2.029	1.504	165	0	291	0	91	246	748	433	74	1.067	0	0	4.618
2.030	1.533	167	0	296	0	92	250	760	440	75	1.085	0	0	4.700
2.031	1.563	170	0	301	0	94	254	773	447	77	1.103	0	0	4.782
2.032	1.594	173	0	306	0	95	259	785	455	78	1.122	0	0	4.866
2.033	1.625	176	0	311	0	97	263	798	462	79	1.140	0	0	4.951
2.034	1.656	179	0	316	0	99	267	812	470	81	1.159	0	0	5.038
2.035	1.688	182	0	321	0	100	272	825	478	82	1.178	0	0	5.126
2.036	1.721	185	0	326	0	102	276	839	486	83	1.198	0	0	5.215
2.037	1.754	188	0	332	0	104	281	852	494	85	1.217	0	0	5.305
2.038	1.788	191	0	337	0	105	285	866	502	86	1.237	0	0	5.397
2.039	1.822	194	0	343	0	107	290	880	510	87	1.257	0	0	5.491
2.040	1.857	197	0	348	0	109	295	895	518	89	1.278	0	0	5.585
2.041	1.893	200	0	354	0	110	299	909	527	90	1.299	0	0	5.682
2.042	1.929	204	0	360	0	112	304	924	535	92	1.320	0	0	5.779
2.043	1.966	207	0	365	0	114	309	939	544	93	1.341	0	0	5.879
2.044	2.003	210	0	371	0	116	314	954	553	95	1.363	0	0	5.979
2.045	2.041	214	0	377	0	118	319	970	562	96	1.385	0	0	6.081
2.046	2.080	217	0	383	0	120	324	985	571	98	1.407	0	0	6.185
2.047	2.119	221	0	389	0	122	329	1.001	580	99	1.430	0	0	6.291
2.048	2.160	224	0	396	0	124	335	1.017	589	101	1.453	0	0	6.397
2.049	2.200	228	0	402	0	126	340	1.033	598	103	1.476	0	0	6.506
2.050	2.242	231	0	408	0	128	346	1.050	608	104	1.499	0	0	6.616
2.051	2.284	235	0	415	0	130	351	1.067	618	106	1.523	0	0	6.728
2.052	2.327	239	0	422	0	132	357	1.084	628	108	1.547	0	0	6.842

Tabela 68: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 4

Ano	Praça 4													TOTAL
	CAT 01	CAT 02	CAT 03	CAT 04	CAT 05	CAT 06	CAT 07	CAT 08	CAT 09	CAT 10	CAT 11	CAT 12	CAT 13	
2.021	834	235	0	360	0	163	65	668	669	192	832	0	0	4.017
2.022	838	236	0	361	0	164	66	671	672	193	836	0	0	4.037
2.023	855	240	0	367	0	166	67	683	684	196	850	0	0	4.109
2.024	872	244	0	374	0	169	68	695	696	200	865	0	0	4.182
2.025	889	249	0	380	0	172	69	706	707	203	879	0	0	4.255
2.026	907	253	0	387	0	175	70	718	719	206	894	0	0	4.330
2.027	925	257	0	393	0	178	72	731	732	210	909	0	0	4.406
2.028	943	261	0	400	0	181	73	743	744	213	925	0	0	4.483
2.029	962	266	0	406	0	184	74	755	756	217	940	0	0	4.561
2.030	981	270	0	413	0	187	75	768	769	221	956	0	0	4.640
2.031	1.000	275	0	420	0	190	76	781	782	224	972	0	0	4.720
2.032	1.019	279	0	427	0	193	78	794	795	228	988	0	0	4.801
2.033	1.039	284	0	434	0	197	79	807	808	232	1.004	0	0	4.883
2.034	1.059	289	0	441	0	200	80	820	821	236	1.021	0	0	4.967
2.035	1.080	293	0	449	0	203	82	834	835	239	1.038	0	0	5.052
2.036	1.101	298	0	456	0	207	83	847	848	243	1.055	0	0	5.138
2.037	1.122	303	0	463	0	210	84	861	862	247	1.072	0	0	5.225
2.038	1.143	308	0	471	0	213	86	875	877	251	1.089	0	0	5.314
2.039	1.165	313	0	479	0	217	87	890	891	256	1.107	0	0	5.404
2.040	1.188	318	0	486	0	220	89	904	905	260	1.125	0	0	5.496
2.041	1.211	323	0	494	0	224	90	919	920	264	1.144	0	0	5.589
2.042	1.234	328	0	502	0	228	91	934	935	268	1.162	0	0	5.683
2.043	1.257	334	0	511	0	231	93	949	950	273	1.181	0	0	5.778
2.044	1.281	339	0	519	0	235	94	964	966	277	1.200	0	0	5.875
2.045	1.306	345	0	527	0	239	96	980	981	281	1.219	0	0	5.974
2.046	1.330	350	0	536	0	243	97	996	997	286	1.239	0	0	6.074
2.047	1.355	356	0	544	0	247	99	1.012	1.013	291	1.259	0	0	6.175
2.048	1.381	362	0	553	0	250	101	1.028	1.029	295	1.279	0	0	6.278
2.049	1.407	367	0	562	0	254	102	1.044	1.046	300	1.300	0	0	6.383
2.050	1.434	373	0	571	0	259	104	1.061	1.062	305	1.320	0	0	6.489
2.051	1.461	379	0	580	0	263	105	1.078	1.079	310	1.341	0	0	6.596
2.052	1.488	385	0	589	0	267	107	1.095	1.096	315	1.363	0	0	6.705

Tabela 69: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 5

Ano	Praça 5													TOTAL
	CAT 01	CAT 02	CAT 03	CAT 04	CAT 05	CAT 06	CAT 07	CAT 08	CAT 09	CAT 10	CAT 11	CAT 12	CAT 13	
2.021	639	211	0	356	0	220	261	948	522	7	1.421	0	0	4.585
2.022	642	212	0	357	0	221	262	953	525	7	1.427	0	0	4.606
2.023	655	215	0	363	0	225	267	969	534	8	1.452	0	0	4.688
2.024	668	219	0	370	0	228	271	986	543	8	1.477	0	0	4.770
2.025	682	223	0	376	0	232	276	1.002	552	8	1.502	0	0	4.853
2.026	695	227	0	382	0	236	281	1.019	561	8	1.528	0	0	4.937
2.027	709	230	0	389	0	240	285	1.037	571	8	1.553	0	0	5.023
2.028	723	234	0	395	0	244	290	1.054	580	8	1.580	0	0	5.109
2.029	737	238	0	402	0	248	295	1.072	590	8	1.606	0	0	5.197
2.030	752	242	0	409	0	253	300	1.090	600	8	1.633	0	0	5.286
2.031	766	246	0	416	0	257	305	1.108	610	9	1.660	0	0	5.376
2.032	781	250	0	422	0	261	310	1.126	620	9	1.687	0	0	5.467
2.033	796	254	0	429	0	265	315	1.145	630	9	1.715	0	0	5.560
2.034	812	259	0	437	0	270	320	1.164	641	9	1.744	0	0	5.654
2.035	828	263	0	444	0	274	326	1.183	651	9	1.773	0	0	5.750
2.036	844	267	0	451	0	279	331	1.202	662	9	1.802	0	0	5.847
2.037	860	272	0	458	0	283	336	1.222	673	9	1.831	0	0	5.945
2.038	876	276	0	466	0	288	342	1.242	684	10	1.861	0	0	6.045
2.039	893	281	0	474	0	293	348	1.262	695	10	1.892	0	0	6.146
2.040	910	285	0	481	0	297	353	1.283	706	10	1.922	0	0	6.249
2.041	928	290	0	489	0	302	359	1.304	718	10	1.954	0	0	6.353
2.042	946	295	0	497	0	307	365	1.325	730	10	1.985	0	0	6.459
2.043	964	299	0	505	0	312	371	1.346	741	10	2.018	0	0	6.567
2.044	982	304	0	513	0	317	377	1.368	753	11	2.050	0	0	6.676
2.045	1.001	309	0	522	0	322	383	1.390	766	11	2.083	0	0	6.786
2.046	1.020	314	0	530	0	327	389	1.413	778	11	2.117	0	0	6.898
2.047	1.039	319	0	538	0	333	395	1.435	790	11	2.151	0	0	7.012
2.048	1.059	324	0	547	0	338	401	1.458	803	11	2.185	0	0	7.127
2.049	1.079	329	0	556	0	343	408	1.482	816	12	2.220	0	0	7.244
2.050	1.099	335	0	565	0	349	414	1.505	829	12	2.256	0	0	7.363
2.051	1.119	340	0	574	0	354	421	1.529	842	12	2.292	0	0	7.484
2.052	1.141	345	0	583	0	360	428	1.554	856	12	2.328	0	0	7.606

Tabela 70: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 6

Ano	Praça 6													TOTAL
	CAT 01	CAT 02	CAT 03	CAT 04	CAT 05	CAT 06	CAT 07	CAT 08	CAT 09	CAT 10	CAT 11	CAT 12	CAT 13	
2.021	2.138	904	0	599	0	249	133	808	549	216	1.562	0	0	7.158
2.022	2.150	908	0	602	0	250	133	812	552	217	1.569	0	0	7.193
2.023	2.193	924	0	613	0	255	136	826	561	220	1.596	0	0	7.323
2.024	2.237	939	0	623	0	259	138	840	571	224	1.623	0	0	7.455
2.025	2.282	955	0	634	0	263	140	855	580	228	1.651	0	0	7.588
2.026	2.327	972	0	644	0	268	143	869	590	232	1.679	0	0	7.724
2.027	2.373	988	0	655	0	272	145	884	600	236	1.707	0	0	7.861
2.028	2.420	1.005	0	666	0	277	148	899	610	240	1.736	0	0	8.000
2.029	2.467	1.021	0	677	0	282	150	914	621	244	1.765	0	0	8.141
2.030	2.516	1.038	0	689	0	286	153	929	631	248	1.795	0	0	8.284
2.031	2.565	1.056	0	700	0	291	155	945	641	252	1.824	0	0	8.429
2.032	2.615	1.073	0	712	0	296	158	960	652	256	1.855	0	0	8.576
2.033	2.666	1.091	0	724	0	301	160	976	663	260	1.885	0	0	8.726
2.034	2.717	1.109	0	736	0	306	163	992	674	265	1.916	0	0	8.878
2.035	2.770	1.127	0	748	0	311	166	1.009	685	269	1.948	0	0	9.032
2.036	2.823	1.146	0	760	0	316	168	1.025	696	273	1.980	0	0	9.188
2.037	2.878	1.165	0	772	0	321	171	1.042	708	278	2.013	0	0	9.347
2.038	2.933	1.184	0	785	0	326	174	1.059	719	282	2.046	0	0	9.509
2.039	2.990	1.203	0	798	0	332	177	1.076	731	287	2.079	0	0	9.672
2.040	3.047	1.223	0	811	0	337	180	1.094	743	292	2.113	0	0	9.839
2.041	3.105	1.243	0	824	0	343	182	1.112	755	296	2.147	0	0	10.008
2.042	3.165	1.263	0	838	0	348	185	1.130	767	301	2.182	0	0	10.179
2.043	3.225	1.283	0	851	0	354	188	1.148	780	306	2.217	0	0	10.353
2.044	3.286	1.304	0	865	0	360	192	1.167	792	311	2.253	0	0	10.530
2.045	3.349	1.325	0	879	0	365	195	1.185	805	316	2.290	0	0	10.709
2.046	3.413	1.346	0	893	0	371	198	1.205	818	321	2.326	0	0	10.891
2.047	3.477	1.368	0	907	0	377	201	1.224	831	326	2.364	0	0	11.076
2.048	3.543	1.390	0	922	0	383	204	1.243	844	332	2.402	0	0	11.263
2.049	3.610	1.412	0	937	0	389	207	1.263	858	337	2.440	0	0	11.454
2.050	3.678	1.435	0	952	0	396	211	1.284	872	342	2.479	0	0	11.647
2.051	3.747	1.458	0	967	0	402	214	1.304	886	348	2.519	0	0	11.843
2.052	3.817	1.481	0	982	0	408	217	1.325	900	353	2.559	0	0	12.042

Tabela 71: VMDA projetado cenário base – Praça de Pedágio 7

Ano	Praça 7													TOTAL
	CAT 01	CAT 02	CAT 03	CAT 04	CAT 05	CAT 06	CAT 07	CAT 08	CAT 09	CAT 10	CAT 11	CAT 12	CAT 13	
2.021	2.224	795	0	1.074	0	115	582	1.666	417	0	342	0	0	7.216
2.022	2.236	799	0	1.079	0	115	585	1.674	419	0	344	0	0	7.252
2.023	2.281	813	0	1.098	0	117	595	1.703	426	0	349	0	0	7.383
2.024	2.327	827	0	1.117	0	119	605	1.732	434	0	355	0	0	7.516
2.025	2.373	841	0	1.136	0	121	615	1.762	441	0	362	0	0	7.651
2.026	2.420	855	0	1.155	0	124	626	1.792	449	0	368	0	0	7.788
2.027	2.468	870	0	1.175	0	126	636	1.822	456	0	374	0	0	7.926
2.028	2.517	884	0	1.194	0	128	647	1.853	464	0	380	0	0	8.067
2.029	2.566	899	0	1.214	0	130	658	1.884	472	0	387	0	0	8.209
2.030	2.616	914	0	1.235	0	132	669	1.915	479	0	393	0	0	8.353
2.031	2.667	929	0	1.255	0	134	680	1.947	487	0	400	0	0	8.500
2.032	2.719	945	0	1.276	0	136	691	1.979	495	0	406	0	0	8.649
2.033	2.772	960	0	1.297	0	139	703	2.012	504	0	413	0	0	8.800
2.034	2.826	976	0	1.319	0	141	714	2.045	512	0	420	0	0	8.953
2.035	2.881	992	0	1.340	0	143	726	2.079	520	0	427	0	0	9.109
2.036	2.936	1.009	0	1.362	0	146	738	2.113	529	0	434	0	0	9.267
2.037	2.993	1.025	0	1.385	0	148	750	2.148	538	0	441	0	0	9.427
2.038	3.050	1.042	0	1.407	0	151	762	2.183	546	0	448	0	0	9.590
2.039	3.109	1.059	0	1.430	0	153	775	2.219	555	0	455	0	0	9.756
2.040	3.169	1.076	0	1.454	0	155	787	2.255	564	0	463	0	0	9.924
2.041	3.229	1.094	0	1.477	0	158	800	2.292	574	0	470	0	0	10.094
2.042	3.291	1.112	0	1.501	0	161	813	2.329	583	0	478	0	0	10.267
2.043	3.354	1.130	0	1.526	0	163	826	2.367	592	0	486	0	0	10.443
2.044	3.418	1.148	0	1.550	0	166	840	2.405	602	0	493	0	0	10.622
2.045	3.483	1.166	0	1.575	0	168	853	2.444	612	0	501	0	0	10.803
2.046	3.549	1.185	0	1.601	0	171	867	2.483	622	0	509	0	0	10.987
2.047	3.616	1.204	0	1.627	0	174	881	2.523	632	0	518	0	0	11.174
2.048	3.684	1.223	0	1.653	0	177	895	2.563	642	0	526	0	0	11.363
2.049	3.754	1.243	0	1.679	0	180	909	2.604	652	0	534	0	0	11.556
2.050	3.825	1.263	0	1.706	0	182	924	2.646	662	0	543	0	0	11.751
2.051	3.897	1.283	0	1.733	0	185	939	2.688	673	0	552	0	0	11.949
2.052	3.970	1.303	0	1.761	0	188	954	2.731	684	0	560	0	0	12.150

14.2 ESTIMATIVA DE RECEITA

Neste capítulo é apresentada a estimativa de receita gerada pela concessão das vias em 30 anos. Os valores estão acumulados, no entanto na planilha “Tráfego PP” pode-se obter os valores por ano de operação do sistema de pedagiamento, a partir de 2024, ano de início da cobrança das tarifas.

A seção seguinte apresenta a metodologia para cálculo e projeção da receita ao longo dos anos de concessão. A projeção não considera efeitos de competição modal e nem de eventuais ajustes na tarifa, todavia considera o cenário de desconto para veículos com eixos suspensos.

14.2.1 Metodologia para Projeção de Receita

A receita é um dado de entrada para o modelo econômico-financeiro, que considera também os investimentos para trabalhos iniciais, recuperação, aumento de capacidade, infraestrutura e afins, todos importantes insumos financeiros para se estudar a concessão do lote.

Basicamente para se estimar a receita de tráfego é necessário segregar o VMDA em VMDA por categoria de veículos, os quais ao passar pelas praças de pedágio pagam a tarifa que é multiplicada pelos valores multiplicadores de tarifa e, portanto, convertidos em VEQ (veículos em eixos equivalentes).

Após a transformação do volume de tráfego para veículos em eixo equivalentes, que passa por uma determinada praça de pedágio qualquer, aplica-se a fórmula de receita, dado por:

$$Receita_{Ano\ i} = Tarifa_P \times Veq_P$$

Onde:

Receita_{Ano i} : Receita obtida na praça de pedágio “x” para o ano “i”;

Tarifa_P : Tarifa praticada na praça de pedágio “x”

Veq_P: Volume em eixos equivalentes no ano “i”

Assim é obtida, portanto, a receita de cada praça de pedágio. Ao final soma-se a receita gerada no ano “i” de cada praça de pedágio para se chegar à receita anual.

Na tabela apresentada a seguir estão os dados de receita anual considerando a aplicação de descontos por eixos suspensos e a não aplicação de tal desconto.

A tarifa base que considerada nas projeções é a de R\$ 5,90.

Tabela 72: Estimativa de Receita durante a concessão – Cenário Tendencial

Ano	Receita	Marco
2.024	R\$ 260.922.374,55	Cobrança de Pedágio
2.025	R\$ 265.414.408,94	
2.026	R\$ 232.241.563,44	Abertura Hidrovia
2.027	R\$ 236.211.798,87	
2.028	R\$ 240.233.428,46	
2.029	R\$ 244.307.365,70	
2.030	R\$ 248.434.544,06	
2.031	R\$ 252.615.912,05	
2.032	R\$ 256.858.337,20	
2.033	R\$ 261.162.605,56	
2.034	R\$ 265.529.512,64	
2.035	R\$ 269.959.863,49	
2.036	R\$ 274.454.472,84	
2.037	R\$ 279.014.165,19	
2.038	R\$ 283.639.774,97	
2.039	R\$ 288.332.146,65	
2.040	R\$ 293.092.134,80	
2.041	R\$ 297.920.604,32	
2.042	R\$ 302.818.430,47	
2.043	R\$ 307.786.499,05	
2.044	R\$ 312.825.706,50	
2.045	R\$ 317.936.960,05	
2.046	R\$ 323.121.177,84	
2.047	R\$ 328.379.289,04	
2.048	R\$ 333.712.234,03	
2.049	R\$ 339.120.964,46	
2.050	R\$ 344.606.443,46	
2.051	R\$ 350.169.645,75	
Total	R\$ 8.010.822.364,38	

Verifica-se que a receita estimada é da ordem de R\$ 8 bilhões até o fim da concessão (2051- 30 anos) considerando que a abertura do pedágio seria só em 2024.

15 CÁLCULO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO

Conforme já explanado as rodovias em questão foram divididas em subtrechos de acordo com as características, acessos, relevo. Para determinar a qualidade de operação, de acordo com a metodologia explanada anteriormente, identificou-se os parâmetros de cada trecho como número de acessos por km, percentual de não ultrapassagem, classe da rodovia, largura da seção e do acostamento, VHP, etc.

Os segmentos utilizados já foram apresentados no item 3.1.

Sendo assim, foi possível diagnosticar o nível de serviço de cada subtrecho para o cenário atual e cenários futuros utilizando o volume da 50ª maior hora.

Este volume foi baseado no valor K obtido por médio dos dados de tráfego do DNIT, apresentado no 4.2.2.

15.1 NÍVEIS DE SERVIÇO DURANTE A CONCESSÃO

De acordo com a metodologia empregada para cálculos de Nível de Serviço de pistas simples, são apresentados os resultados das análises para o horizonte da concessão.

A Tabela 73 corresponde ao resumo dos VMD e taxas de veículos pesados para os cenários Atual, considerado implantação do pedágio, o cenário tendencial. Os referentes dados foram utilizados no cálculo do nível de serviço, além das outras variáveis que serão apresentadas adiante. Também foi necessário aplicar a taxa de crescimento para cada ano de concessão conforme apresentado anteriormente.

SH	SENTIDO	CENÁRIO BASE - SEM PEDÁGIO		CENÁRIO BASE - COM PEDÁGIO		CENÁRIO TENDÊNCIAL		CENÁRIO ABERTURA DA HIDROVIA	
		1767	37%	1710	38%	1424	25%	1308	19%
1	NORTE	1767	37%	1710	38%	1424	25%	1308	19%
1	SUL	2934	30%	2845	31%	2567	23%	1439	26%
2	NORTE	1674	35%	1583	35%	1296	24%	1180	16%
2	SUL	2484	35%	2362	31%	2083	29%	1363	28%
3	NORTE	1674	35%	1583	35%	1296	24%	1180	16%
3	SUL	2484	35%	2362	31%	2083	29%	1363	28%
4	NORTE	1469	40%	1378	35%	1092	28%	976	20%
4	SUL	2082	41%	1959	30%	1680	34%	1133	31%
5	NORTE	1265	47%	1173	35%	887	35%	771	25%
5	SUL	1679	49%	1556	29%	1278	42%	903	36%
6	NORTE	1265	47%	1173	35%	887	35%	771	25%
6	SUL	1679	49%	1556	29%	1278	42%	903	36%
7	NORTE	1535	52%	1441	47%	1067	40%	749	15%
7	SUL	1876	47%	1732	31%	1449	41%	827	23%
8	NORTE	1535	52%	1441	47%	1067	40%	749	15%
8	SUL	1876	47%	1732	31%	1449	41%	827	23%
9	NORTE	1729	49%	1634	50%	1261	38%	943	17%
9	SUL	2010	40%	1866	28%	1583	33%	894	13%
10	NORTE	1729	49%	1634	50%	1261	38%	943	17%
10	SUL	2010	40%	1866	28%	1583	33%	894	13%
11	NORTE	1406	60%	1400	50%	1023	46%	709	22%
11	SUL	1764	43%	1661	27%	1329	33%	615	10%
12	NORTE	1524	56%	1564	50%	1187	40%	873	18%
12	SUL	1795	43%	1708	27%	1376	32%	779	8%
13	NORTE	2793	37%	2787	60%	2420	28%	2109	17%
13	SUL	2992	29%	2859	30%	2537	21%	1915	8%
14	NORTE	2793	37%	2787	60%	2420	28%	2109	17%
14	SUL	2992	29%	2859	30%	2537	21%	1915	8%
15	NORTE	2914	39%	2863	67%	2542	32%	2238	23%
15	SUL	2970	35%	2883	36%	2600	29%	2181	21%
16	NORTE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
16	SUL	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
17	NORTE	104	79%	103	5%	379	94%	606	96%
17	SUL	665	16%	665	4%	893	38%	566	96%
18	NORTE	2428	48%	2414	68%	2429	49%	2430	49%
18	SUL	3263	27%	3142	31%	3206	29%	2182	43%
19	NORTE	3900	32%	3869	72%	3878	32%	3862	32%
19	SUL	5742	17%	5710	34%	5718	17%	3594	27%

Tabela 73: Resumo do VMD e Taxa de Pesados por cenário

15.1.1 Patamares de Nível de Serviço

Os parâmetros de entrada para processamento do cálculo do nível de serviço foram verificados para cada subtrecho, considerando os sentidos crescente(C) e decrescente(D) e estão apresentados na Tabela 74.

Tabela 74: Parâmetros utilizados para o cálculo dos patamares de Nível de Serviço HCM

SEGMENTO HOMOGENEO	RODOVIA	Km Inicial	Km Final	SENTIDO	FATOR K	VELOCIDADE FLUXO LIVRE (KM/H)	CLASSE DA ROD.	TERRENO
SH 1	PA-150	0,00	1,30	C	0,0997	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano
SH 2	PA-150	1,30	33,60	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 3	PA-150	33,60	35,00	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 4	PA-150	35,00	87,00	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 5	PA-150	87,00	91,40	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 6	PA-150	91,40	159,00	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 7	PA-150	159,00	164,80	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 8	PA-150	164,80	267,40	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 9	PA-150	267,40	271,90	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 10	PA-150	271,90	333,00	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 11	PA-475	0,00	41,60	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 12	PA-252	0,00	25,70	C	0,0997	88	I	Ondulado
				D	0,0985	88	I	Ondulado
SH 13	PA-252	25,70	27,00	C	0,0997	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano
SH 14	PA-252	27,00	41,40	C	0,0997	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano
SH 15	PA-151	0,00	21,50	C	0,0997	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano
SH 16	PA-483	0,00	3,00	C	0,0985	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano

SH 17	PA-483	3,00	18,60	C	0,0985	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano
SH 18	ALÇA VIÁRIA	0,00	67,50	C	0,0985	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano
SH 19	ALÇA VIÁRIA	67,50	69,40	C	0,0997	88	I	Plano
				D	0,0985	88	I	Plano

15.1.2 Nível de Serviço para o horizonte de concessão da rodovia

A partir dos resultados apresentados no item anterior, obteve-se os seguintes resultados de Nível de Serviço para os trechos ora em análise.

Antes, é importante destacar que será permitido até 50 horas em nível de serviço 'E', superando isto, deve-se prever aumento de capacidade, com terceiras faixas ou ampliação da capacidade por multifaixas.

A Tabela 75 apresenta os resultados de nível de serviço para o Cenário Tendencial (pedagiamento das vias em estudo e viabilização da navegação da hidrovia com porto somente em Marabá). Após a aplicação das taxas de crescimento, foi calculado o fator k e com os devidos VMDs de cada ano, foi comparado ao patamar do tipo de via e definido seu nível de serviço para os anos em análise (2021-2051).

Pela análise de nível de serviço HCM verificou-se que os segmentos da Alça Viária (os trechos 18 e 19) dos atingem o nível de Serviço 'E', todos demais trechos permanecem até NS 'D'.

15.1.3 Gatilhos de Ampliação de Capacidade

Conforme mencionado, será permitido até 50 horas em nível de serviço 'E', portanto as obras de 3^{as} faixas previstas no caderno de ampliação de capacidade não foram gatilhadas por meio do nível de serviço, mas sim para atender os parâmetros geométricos de extensão de rampa do DNIT e conseqüentemente melhorar o conforme e a fluidez, o que naturalmente impactará positivamente no nível de serviço.



Tabela 76: Locais de Implantação de 3ª Faixa na PA-150 - Norte

Implantação de 3ª faixa na Rodovia PA-150								
PA -150 (SENTIDO NORTE)								
RODOVIA	SH	Km INÍCIO	Km FIM	EXTENSÃO (Km)	LADO	COORDENADAS		MELHORIA
						Km INÍCIO	Km FIM	
PA - 150	2	4,22	4,99	0,770	D	-5,173964	-5,167233	3ª FAIXA
						-49,045325	-49,046119	
PA - 150	2	7,79	8,05	0,260	D	-5,142031	-5,046150	3ª FAIXA
						-49,048815	-49,065315	
PA - 150	2	10,93	11,35	0,420	D	-5,116171	-5,112971	3ª FAIXA
						-49,056027	-49,058166	
PA - 150	2	11,80	11,99	0,190	D	-5,109545	-5,161660	3ª FAIXA
						-49,060421	-49,028059	
PA - 150	2	12,97	13,18	0,210	D	-5,100703	-5,099179	3ª FAIXA
						-49,066232	-49,067294	
PA - 150	2	22,45	22,82	0,370	D	-5,003211	-5,018332	3ª FAIXA
						-49,074236	-49,078399	
PA - 150	2	24,66	24,97	0,310	D	-5,001721	-4,998768	3ª FAIXA
						-49,077080	-49,076692	
PA - 150	2	25,45	25,70	0,250	D	-4,994652	-4,992422	3ª FAIXA
						-49,076139	-49,075866	
PA - 150	2	26,13	26,46	0,330	D	-4,988059	-4,985727	3ª FAIXA
						-49,075538	-49,074982	
PA - 150	4	42,17	42,46	0,290	D	-4,849041	-4,846442	3ª FAIXA
						-49,052690	-49,053130	
PA - 150	4	43,19	43,43	0,240	D	-4,840039	-4,837889	3ª FAIXA
						-49,054276	-49,054626	
PA - 150	4	45,59	46,14	0,550	D	-4,819484	-4,819649	3ª FAIXA
						-49,059955	-49,062835	
PA - 150	4	47,59	47,91	0,320	D	-4,801868	-4,797074	3ª FAIXA
						-49,063888	-49,064299	
PA - 150	4	48,52	48,77	0,250	D	-4,793368	-4,791299	3ª FAIXA
						-49,064285	-49,064375	
PA - 150	4	49,00	49,26	0,260	D	-4,789072	-4,786723	3ª FAIXA
						-49,064481	-49,064542	
PA - 150	4	53,49	54,11	0,620	D	-4,748534	-4,752489	3ª FAIXA
						-49,066169	-49,056044	
PA - 150	4	54,84	55,24	0,400	D	-4,748568	-4,734483	3ª FAIXA
						-49,059218	-49,072136	
PA - 150	4	57,75	58,17	0,420	D	-4,713235	-4,692623	3ª FAIXA
						-49,078249	-49,072952	
PA - 150	4	61,43	61,85	0,420	D	-4,681504	-4,678463	3ª FAIXA
						-49,079763	-49,081605	
PA - 150	4	66,45	66,78	0,330	D	-4,641526	-4,638878	3ª FAIXA
						-49,095777	-49,096505	
PA - 150	4	69,41	70,07	0,660	D	-4,615807	-4,609596	3ª FAIXA
						-49,103191	-49,102966	
PA - 150	4	71,05	71,55	0,500	D	-4,600939	-4,597170	3ª FAIXA
						-49,100245	-49,100173	
PA - 150	4	72,77	73,20	0,430	D	-4,585764	-4,582559	3ª FAIXA
						-49,101416	-49,101800	
PA - 150	4	73,52	74,32	0,800	D	-4,579448	-4,572305	3ª FAIXA
						-49,102075	-49,101020	
PA - 150	4	76,22	76,94	0,720	D	-4,556078	-4,549902	3ª FAIXA
						-49,095526	-49,093733	
PA - 150	4	81,15	81,85	0,700	D	-4,513480	-4,504946	3ª FAIXA
						-49,094428	-49,100372	

Tabela 77: Locais de Implantação de 3ª Faixa na PA-150 - Sul

Implantação de 3ª faixa na Rodovia PA-150								
PA -150 (SENTIDO SUL)								
RODOVIA	SH	Km FIM	Km INÍCIO	EXTENSÃO (Km)	LADO	COORDENADAS		MELHORIA
						Km INÍCIO	Km FIM	
PA - 150	2	25,62	25,88	0,260	E	-4,950081	-4,993015	3ª FAIXA
						-49,089663	-49,075962	
PA - 150	4	48,76	48,95	0,190	E	-4,789544	-4,814583	3ª FAIXA
						-49,064458	-49,069566	
PA - 150	4	57,95	58,30	0,350	E	-4,708325	-4,711287	3ª FAIXA
						-49,076636	-49,077625	
PA - 150	4	61,89	62,27	0,380	E	-4,675773	-4,681496	3ª FAIXA
						-49,084292	-49,080407	
PA - 150	4	80,26	81,02	0,760	E	-4,514219	-4,520345	3ª FAIXA
						-49,094087	-49,091547	
PA - 150	4	83,02	83,26	0,240	E	-4,496196	-4,498281	3ª FAIXA
						-49,103158	-49,102247	
PA - 150	6	95,00	95,33	0,330	E	-4,391994	-4,394710	3ª FAIXA
						-49,111309	-49,110647	
PA - 150	6	102,55	102,98	0,430	E	-4,300521	-4,335402	3ª FAIXA
						-49,084860	-49,080504	
PA - 150	6	110,53	110,91	0,380	E	-4,264462	-4,267248	3ª FAIXA
						-49,062239	-49,063158	
PA - 150	6	118,62	119,26	0,640	E	-4,185603	-4,209250	3ª FAIXA
						-49,067993	-49,056674	
PA - 150	6	119,78	120,06	0,280	E	-4,187476	-4,189983	3ª FAIXA
						-49,062731	-49,062686	
PA - 150	6	126,47	127,32	0,850	E	-4,125179	-4,142131	3ª FAIXA
						-49,045971	-49,047393	
PA - 150	6	128,38	128,95	0,570	E	-4,110424	-4,115744	3ª FAIXA
						-49,046529	-49,046320	
PA - 150	6	133,30	134,36	1,060	E	-4,063654	-4,072520	3ª FAIXA
						-49,049618	-49,047539	
PA - 150	6	135,42	136,08	0,660	E	-4,048618	-4,054282	3ª FAIXA
						-49,048690	-49,048866	
PA - 150	6	137,46	138,05	0,590	E	-4,032264	-4,037102	3ª FAIXA
						-49,044336	-49,046586	
PA - 150	6	139,74	140,11	0,370	E	-4,014353	-4,002917	3ª FAIXA
						-49,046441	-49,053446	
PA - 150	6	142,25	144,40	2,150	E	-3,977164	-3,995649	3ª FAIXA
						-49,053575	-49,049255	
PA - 150	6	146,54	146,96	0,420	E	-3,954821	-3,958808	3ª FAIXA
						-49,055598	-49,055475	
PA - 150	6	152,43	152,88	0,450	E	-3,900450	-3,909278	3ª FAIXA
						-49,082835	-49,066732	
PA - 150	6	156,03	156,39	0,360	E	-3,880184	-3,878685	3ª FAIXA
						-49,085721	-49,089582	
PA - 150	6	157,25	157,82	0,570	E	-3,870833	-3,882418	3ª FAIXA
						-49,093823	-49,085257	
PA - 150	8	170,19	170,59	0,400	E	-3,760922	-3,759854	3ª FAIXA
						-49,081568	-49,084143	
PA - 150	8	173,94	174,52	0,580	E	-3,736786	-3,742315	3ª FAIXA
						-49,091969	-49,091418	
PA - 150	8	178,96	179,19	0,230	E	-3,697737	-3,690450	3ª FAIXA
						-49,082797	-49,088529	
PA - 150	8	185,75	186,23	0,480	E	-3,637072	-3,644938	3ª FAIXA
						-49,065459	-49,068471	
PA - 150	8	243,41	243,65	0,240	E	-3,165840	-3,167760	3ª FAIXA
						-48,957772	-48,957912	
PA - 150	8	244,48	245,15	0,670	E	-3,152201	-3,158057	3ª FAIXA
						-48,955231	-48,956757	
PA - 150	8	247,95	248,35	0,400	E	-3,120700	-3,128337	3ª FAIXA
						-48,951974	-48,948327	

Tabela 78: Locais de Implantação de 3ª Faixa na Alça Viária - Norte

Implantação de 3ª faixa na Alça Viária								
ALÇA VIÁRIA (SENTIDO NORTE)								
RODOVIA	SH	Km INÍCIO	Km FIM	EXTENSÃO (Km)	LADO	COORDENADAS		MELHORIA
						Km INÍCIO	Km FIM	
ALÇA VIÁRIA	18	5,84	6,09	0,250	D	-3,870833	-3,882418	3ª FAIXA
						-49,093823	-49,085257	
ALÇA VIÁRIA	18	8,51	9,01	0,500	D	-3,878685	-3,880184	3ª FAIXA
						-49,089582	-49,085721	
ALÇA VIÁRIA	18	12,57	12,92	0,350	D	-3,909278	-3,954821	3ª FAIXA
						-49,066732	-49,055598	
ALÇA VIÁRIA	18	31,40	31,71	0,310	D	-3,900450	-3,958808	3ª FAIXA
						-49,082835	-49,055475	
ALÇA VIÁRIA	18	34,97	35,25	0,280	D	-3,977164	-3,995649	3ª FAIXA
						-49,053575	-49,049255	

Tabela 79: Locais de Implantação de 3ª Faixa na Alça Viária - Sul

Implantação de 3ª faixa na Alça Viária								
ALÇA VIÁRIA (SENTIDO SUL)								
RODOVIA	SH	Km FIM	Km INÍCIO	EXTENSÃO (Km)	LADO	COORDENADAS		MELHORIA
						Km INÍCIO	Km FIM	
ALÇA VIÁRIA	18	13,35	13,49	0,140	E	-4,002917	-3,954821	3ª FAIXA
						-49,053446	-49,055598	
ALÇA VIÁRIA	18	22,04	22,33	0,290	E	-3,995649	-4,014353	3ª FAIXA
						-49,049255	-49,046441	
ALÇA VIÁRIA	18	31,60	31,96	0,360	E	-3,958808	-3,977164	3ª FAIXA
						-49,055475	-49,053575	
ALÇA VIÁRIA	18	39,82	40,02	0,200	E	-3,900450	-3,909278	3ª FAIXA
						-49,082835	-49,066732	
ALÇA VIÁRIA	18	45,39	45,69	0,300	E	-3,880184	-3,878685	3ª FAIXA
						-49,085721	-49,089582	
ALÇA VIÁRIA	18	47,23	47,68	0,450	E	-3,882418	-3,870833	3ª FAIXA
						-49,085257	-49,093823	

16 NÚMERO N

16.1 DADOS DE PESAGEM

A obtenção do carregamento da frota, ou seja, o peso dos veículos foi obtido por meio da Pesquisa Origem-Destino realizada na rodovia conforme o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), “(...) de forma aproximada podem ser obtidos como resultado de entrevistas de Origem e Destino, em que são anotados os pesos das cargas transportadas e as taras dos veículos. Pela distribuição dos pesos totais pelos eixos do veículo são então obtidas as cargas por eixo”.

Embasado pelo Manual de Estudos de Tráfego, foram calculados os pesos médios das taras dos veículos e peso médio das cargas além de levar em consideração os percentuais de veículos de carga que estavam vazios, com meia carga ou com carga plena.

A tabela seguinte apresenta a tara, peso das cargas e peso médio total combinado¹ (limite legal estabelecido) utilizados para o cálculo de Número N em cada uma das categorias.

¹ O peso médio total combinado não representa a soma da tara com o peso médio das cargas. A favor da segurança considerou-se o peso máximo licenciado.

Tabela 80: Pesos Médios e Carregamento

CATEGORIAS	PESOS MÉDIOS			% DE CARREGAMENTO		
	TARA	CARGAS	PBTC	VAZIOS	CHEIOS	MEIA CARGA
2CB			16000	25%	50%	25%
3CB			19500	25%	50%	25%
4CB			25500	25%	50%	25%
2C	6317	9973	16290	8%	75%	17%
3C	11338	21602	23000	17%	75%	8%
4CD	11619	22995	29000	13%	75%	13%
2S1	14000	24300	26000	25%	75%	0%
2S2	12604	20465	33000	12%	75%	13%
2S3	16283	32144	41500	20%	75%	5%
3S1	12600	23500	33000	25%	75%	0%
3S2	16973	33938	40000	13%	75%	13%
3S3	17707	40721	48500	19%	75%	6%
2I2	14143	19750	36000	25%	75%	0%
2I3	17500	36500	46000	25%	75%	0%
3I2	14500	13500	43000	25%	75%	0%
3I3	17709	36732	53000	15%	75%	10%
2J3	21500	21500	43000	25%	75%	0%
3J3	13714	21800	50000	0%	75%	25%
3C2	21500	21500	43000	5%	75%	20%
3D4	20854	35046	57000	25%	75%	0%
3D6	25185	51310	80000	5%	75%	20%
3T4	18988	36585	57000	25%	75%	0%
3T6	22508	40222	74000	13%	75%	13%
3M6	24018	40651	74000	17%	75%	8%
3P5	20000	41250	65500	25%	75%	0%
3Q4	23000	40000	63000	25%	75%	0%
3V5	27000	43158	65500	25%	75%	0%
3R6	22508	40222	74000	25%	75%	0%

Na Tabela 81 estão apresentados os fatores de veículos USACE e AASHTO calculados para cada classe quando vazia, meia carga e carga plena.

Tabela 81: Fatores de Veículo - USACE

CATEGORIAS	FV USACE			FV AASHTO		
	VAZIOS	CHEIOS	MEIA CARGA	VAZIOS	CHEIOS	MEIA CARGA
2CB		3,57			2,72	
3CB		2,69			0,96	
4CB		3,68			1,02	
2C	0,05	3,57	0,60	0,04	2,72	0,61
3C	0,22	8,83	7,17	0,14	1,97	1,68
4CD	0,09	9,81	2,83	0,51	2,03	3,10
2S1	0,52	6,86	7,10	0,57	5,12	5,24
2S2	0,13	12,12	1,69	0,10	4,36	0,91
2S3	0,30	12,87	3,22	0,27	4,28	1,47
3S1	0,13	12,12	2,33	0,08	4,36	1,20
3S2	0,29	17,38	7,09	0,18	3,61	1,83
3S3	0,24	18,13	4,78	0,15	3,53	1,28
2I2	0,19	10,15	1,33	0,18	7,51	1,31
2I3	0,92	13,44	3,24	0,94	9,91	3,33
3I2	0,12	15,41	0,53	0,08	6,76	0,33
3I3	0,14	18,70	2,48	0,08	9,15	1,76
2J3	0,67	15,41	3,21	0,68	6,76	1,98
3J3	0,07	20,66	0,65	0,04	6,01	0,30
3C2	0,57	15,41	3,21	0,52	6,76	1,98
3D4	0,25	25,92	2,99	0,11	5,25	1,02
3D6	0,19	30,53	2,68	0,09	13,19	1,90
3T4	0,21	25,92	2,55	0,14	5,25	0,90
3T6	0,19	34,47	1,78	0,08	6,90	0,70
3M6	0,57	27,43	2,05	0,51	5,09	0,59
3P5	0,17	26,68	2,02	0,08	5,17	0,70
3Q4	0,25	21,98	2,98	0,15	11,55	2,24
3V5	0,50	26,68	5,16	0,13	5,17	1,49
3R6	0,19	34,47	1,35	0,05	6,90	0,53

16.2 CÁLCULO DO NÚMERO N

Conhecendo-se os volumes de cada trecho – o qual corresponde à soma dos dois sentidos –, é possível proceder ao cálculo do número N.

A taxa de crescimento considerada foi a apresentada no item 6.

Para o presente estudo de tráfego, adotou-se, a favor da segurança, o Fator Climático Regional igual a 1,8, conforme explanado no item 4.7.

A Tabela 82 a seguir traz o resultado do cálculo do número “N” pelas duas metodologias e para um horizonte de projeto de 10,20 e 30 anos.

Tabela 82: Número N

CÁLCULO NÚMERO N		PISTA SIMPLES (EXCETO SEGMENTO 8)					
		Acumulado USACE			Acumulado AASHTO		
		Ano de Projeto			Ano de Projeto		
		10	20	30	10	20	30
Segmento Homogêneo	Rodovia						
1	PA-150 (entre Morada Nova e Nova Ipixuna)	8,64E+07	1,97E+08	3,39E+08	2,20E+07	5,01E+07	8,62E+07
2	PA-150 (Nova Ipixuna)	8,93E+07	2,04E+08	3,50E+08	2,25E+07	5,12E+07	8,80E+07
3	PA-150 (entre Nova Ipixuna e Jacundá)	8,93E+07	2,04E+08	3,50E+08	2,25E+07	5,12E+07	8,80E+07
4	PA-150 (Jacundá)	8,60E+07	1,96E+08	3,37E+08	2,31E+07	5,27E+07	9,06E+07
5	PA-150 (entre Jacundá e Goianésia do Pará)	8,09E+07	1,84E+08	3,17E+08	2,30E+07	5,25E+07	9,03E+07
6	PA-150 (Goianésia do Pará)	8,28E+07	1,89E+08	3,24E+08	2,23E+07	5,08E+07	8,74E+07
7	PA-475 (entre Goianésia do Pará e Panorama)	9,57E+07	2,18E+08	3,75E+08	2,83E+07	6,46E+07	1,11E+08
8	PA-475 (entre Panorama e Tailândia)	9,57E+07	2,18E+08	3,75E+08	2,83E+07	6,46E+07	1,11E+08
9	PA-475 (Tailândia)	8,38E+07	1,91E+08	3,28E+08	2,67E+07	6,09E+07	1,05E+08
10	PA-475 (entre Tailândia e PA-256)	8,26E+07	1,88E+08	3,24E+08	2,51E+07	5,73E+07	9,84E+07
11	PA-475 (entre PA-256 e PA-252)	7,18E+07	1,64E+08	2,81E+08	2,18E+07	4,96E+07	8,53E+07
12	PA-475 (entre PA-252 e Moju)	7,08E+07	1,61E+08	2,77E+08	2,11E+07	4,81E+07	8,27E+07
13	PA-475 (Moju)	8,14E+07	1,86E+08	3,19E+08	2,45E+07	5,59E+07	9,60E+07
14	PA-252 (entre Moju e PA-151)	1,05E+08	2,39E+08	4,10E+08	2,98E+07	6,78E+07	1,17E+08
15	PA-252 (entre PA-151 e PA-483)	1,05E+08	2,39E+08	4,10E+08	2,98E+07	6,78E+07	1,17E+08
16	PA-483 (Pramajá)	1,21E+08	2,77E+08	4,75E+08	3,42E+07	7,79E+07	1,34E+08
17	PA-483 (entre PA-481 e PA-151)	1,21E+08	2,77E+08	4,75E+08	3,42E+07	7,79E+07	1,34E+08
18	PA-483 (entre PA-151 e BR-155)	1,11E+08	2,52E+08	4,34E+08	3,14E+07	7,16E+07	1,23E+08
19	PA-483	1,13E+08	2,57E+08	4,42E+08	3,19E+07	7,27E+07	1,25E+08

Para alguns segmentos os valores de número N calculados ficaram acima da normalidade ($N \times 10^8$) isso se explica, principalmente, por dois motivos: (1) elevado índice pluviométrico, o estado do Pará sofre com chuvas constantes e (2) há forte presença de veículos comerciais.

Para o segmento 4, o mais carregado, de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, considerando um número N no período de 10 anos na ordem de $1,46 \times 10^8$, tem-se uma indicação de revestimento

concreto betuminoso na ordem de 12,0 cm de espessura (para bases de comportamento puramente granular).

Para os demais trechos, as espessuras do revestimento podem ser obtidas por meio da tabela seguinte, que tem como fonte o Manual de Pavimentação do DNIT. As espessuras corretas, bem como a melhor solução para cada subtrecho devem ser alvo de um projeto de pavimentação.

Tabela 83: Espessura Mínima de revestimento betuminoso

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

17 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas consideraram alguns pontos relevantes que podem alterar significativamente a demanda de tráfego, sobretudo quando há, segundo divulgado pela EPL, a implantação da infraestrutura analisada no PNL 2035.

O PNL (Plano Nacional de Logística) preve que até 2035 haverá um cenário tendencial de infraestrutura no país para melhor a eficiência do escoamento de cargas e da logística do Brasil, com isso, o estado do Pará receberia algumas intervenções que causariam queda no tráfego, sobretudo no tráfego de pesados. A Tabela 84 a seguir apresenta todas as possíveis infra, bem como os anos de expectativa.

Tabela 84: Cenários de Infraestrutura

CENÁRIO	TERMINAL MARABÁ	TERMINAL EM TUCURUÍ	TERMINAL EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA	TERMINAIS NO MT	VILA DO CONDE	FNS	EFC	ANO
TENDENCIAL	X							2026
PESSIMISTA	X	X	X					2030
PNL2	X	X				X	X	2035
PNL6	X	X	X	X		X	X	2035
CAPACIDADE 2026 (MI ton)	10	10	10	10	31	>35	>120	
CAPACIDADE 2035 (MI ton)	10	10	10	10		>43	>120	

Portanto, além da implantação/viabilização da hidrovia, há previsão de implantação da ferrovia Norte Sul (FNS) e duplicação da Estrada de Ferro do Carajás.

Portanto, deve-se atentar para a redução de tráfego que tais alterações na infraestrutura podem causar. As figuras a seguir apresentam as infraestruturas previstas e a Tabela 85 apresenta o impacto no total de veículos de carga que passariam nos links das praças de pedágio e a Tabela 86 o impacto no total de veículos leves e de passageiros.

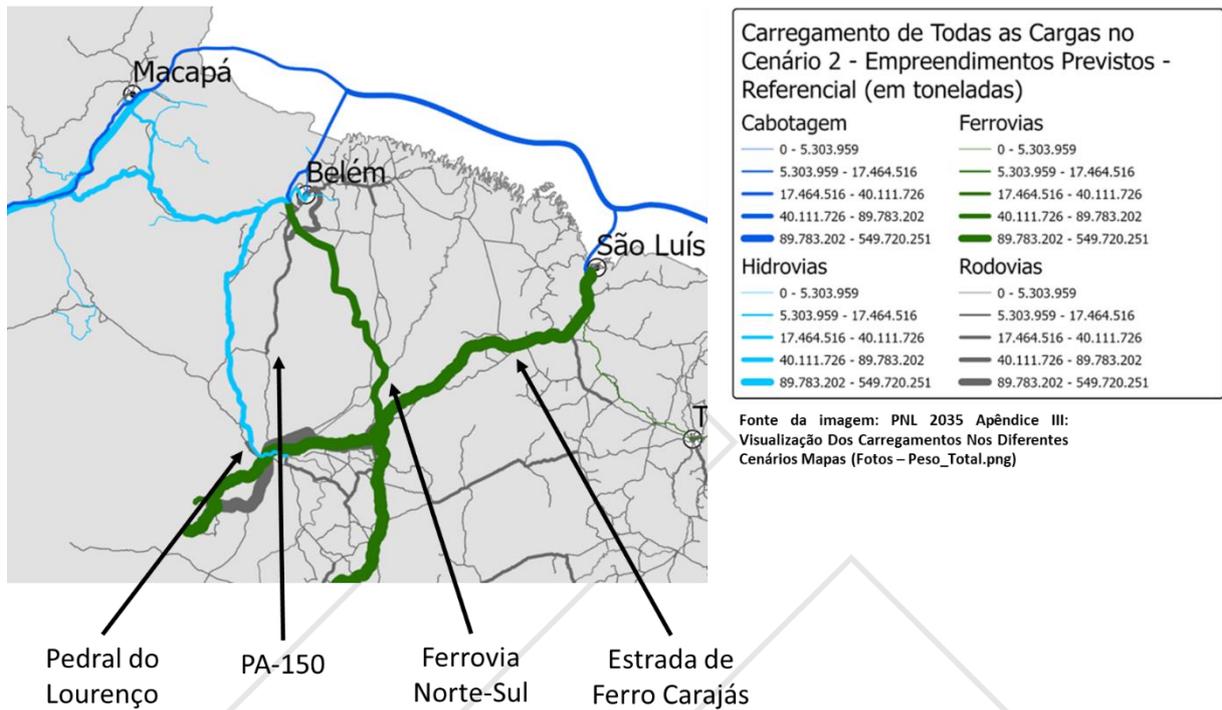


Figura 120: Cenário PNL – 2

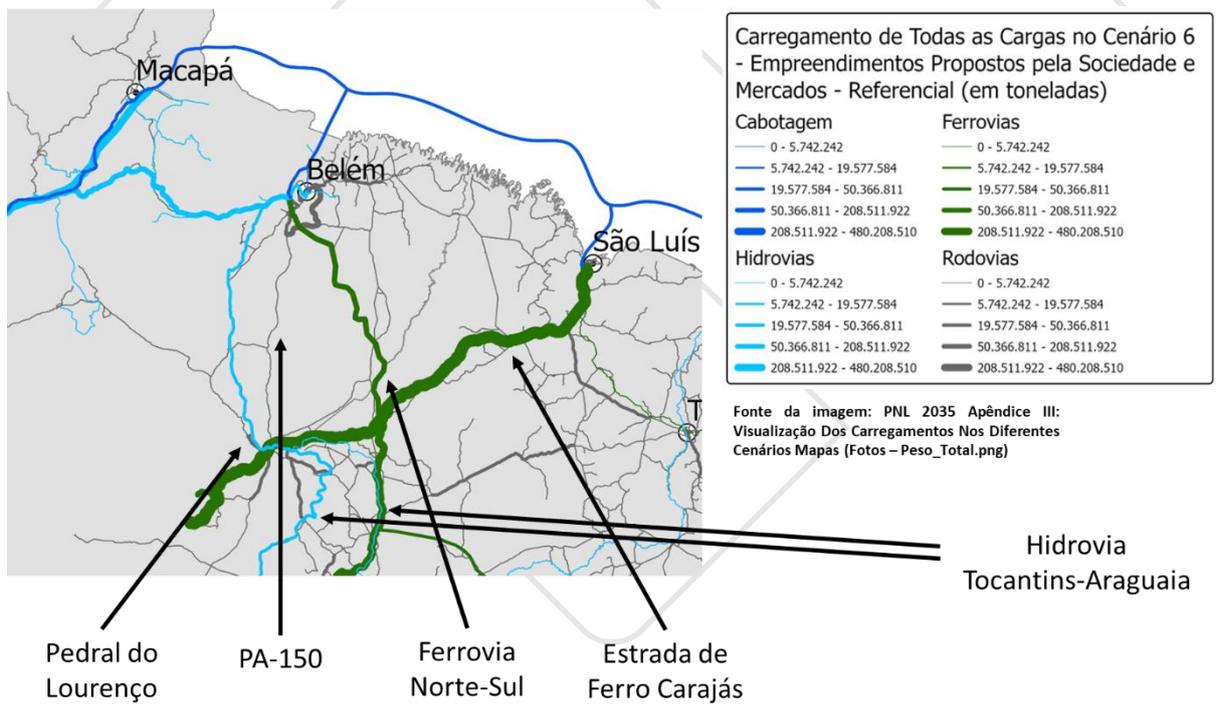


Figura 121: Cenário PNL – 6

Tabela 85: Impacto na queda de veículos pesados.

Praça de pedágio	Cidade	Cenário 00	Cenário 02	Cenário 06	Var 00-02	Var 00-06
1	Marabá	694.092,60	86.195,55	61.732,72	-87,58%	-91,11%
2	Jacundá	692.990,86	84.629,67	59.903,94	-87,79%	-91,36%
3	Goianésia	900.803,48	257.433,68	142.007,21	-71,42%	-84,24%
4	Tailândia	900.803,48	257.433,68	142.007,21	-71,42%	-84,24%
5	Moju	913.532,54	270.808,15	155.547,56	-70,36%	-82,97%
6	Abaetetuba	972.222,51	558.872,39	509.815,28	-42,52%	-47,56%
7	Alça viária	sem dados	sem dados	sem dados	sem dados	sem dados
VARIAÇÃO MÉDIA (SEM CONSIDERAR P7)					-71,85%	-80,24%

Tabela 86: Impacto em veículos leves

Praça de pedágio	Cidade	Cenário 00	Cenário 02	Cenário 06	Var 00-02	Var 00-06
1	Marabá	271.087,62	311.560,75	318.341,24	14,93%	17,43%
2	Jacundá	269.112,80	315.890,75	322.671,24	17,38%	19,90%
3	Goianésia	500.937,76	579.754,17	586.697,65	15,73%	17,12%
4	Tailândia	500.937,76	579.754,17	586.697,65	15,73%	17,12%
5	Moju	434.066,99	503.295,80	510.239,52	15,95%	17,55%
6	Abaetetuba	2.278.842,68	2.610.074,00	2.610.074,00	14,54%	14,54%
7	Alça viária	2.841.766,59	3.157.415,16	3.146.238,89	11,11%	10,71%
VARIAÇÃO MÉDIA					+15,05%	+16,34%

Portanto, verifica-se que pode haver uma redução média da ordem 70% no volume de tráfego se o cenário 2 do PNL viabilizar e uma queda da ordem de 80% se o cenário 6 se viabilizar.

Os dados podem ser conferidos na íntegra neste link https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/RelatorioExecutivoPNL_2035final.pdf

Sugere-se, portanto, que sejam considerados, em algum momento a viabilização desses cenários, o que implicaria diretamente na viabilidade de concessão.

Tais impactos podem ser considerados no momento da análise de viabilidade ou, dado a incerteza temporal de quando irão acontecer esse investimentos, serem mitigados por meio de reequilíbrio do contrato.

18 EQUIPE TÉCNICA

ImTraff Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.

Av. Cristiano Machado n° 640, Sala 1106, Bairro Sagrada Família, BH-MG

Tel/Fax: +55 31 2516 8001

www.imtraff.com.br

Equipe de Trabalho:

RT: Frederico Rodrigues – Engº Civil, D.Sc., – CREA 90.217/D – MG

Igor Jackson Arthur Costa e Souza – Coordenador de Estudos

Adriano Schiavon – Eng. Civil

Kaio Mesquita – Estudos de Tráfego

Vagner Stefanello – Estudos de Tráfego

Bruno Silvério – Pesquisas de campo