

# RODOVIA TRANSCERRADOS

## ESTUDO DE DEMANDA E ENGENHARIA

TOMO II –  
ESTUDOS DE TRÁFEGO

## **CADERNO 1 – ESTUDO DE DEMANDA E ENGENHARIA**

### **TOMO II – ESTUDOS DE TRÁFEGO**

# **PROJETO TRANSCERRADOS**

## **CONCESSÃO DAS RODOVIAS ESTADUAIS**

### **PI-397 – RODOVIA TRANSCERRADOS**

### **PI-262 – ESTRADA PALESTINA**

Outubro/2019

## SUMÁRIO

Índice de Figuras .....	3
Índice de Tabelas .....	5
APRESENTAÇÃO .....	7
1 INFORMAÇÕES GERAIS .....	10
2 APRESENTAÇÃO DAS RODOVIAS EM ESTUDO E ÁREA DE INFLUÊNCIA .....	10
2.1 RODOVIA TRANSCERRADOS E RODOVIA PALESTINA .....	11
2.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA .....	16
3 METODOLOGIAS DE TRABALHOS .....	18
3.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO: PESQUISAS DE TRÁFEGO .....	18
3.1.1 Contagens Classificadas de Veículos (CCV) .....	18
3.1.2 Pesquisa de preferência revelada e Origem e Destino (OD) .....	35
3.1.3 Pesquisa de preferência declarada .....	41
3.2 PROCESSAMENTO DAS PESQUISAS .....	52
3.2.1 Obtenção do VMD (Volume Médio Diário) .....	52
3.2.2 Obtenção do VHP (volume horário de projeto) .....	55
3.3 OBTENÇÃO DA MATRIZ DE VIAGENS GERADAS PELO AGRONEGÓCIO E SUA EXPANSÃO .....	56
3.3.1 Taxas de produção de soja e de milho por hectare .....	58
3.3.2 Insumos necessários à produção agrícola .....	58
3.3.3 Taxas finais por hectare de produto a transportar para obtenção do tráfego gerado .....	59
3.3.4 Nota sobre a sazonalidade .....	59
3.4 CENÁRIOS DE ALTERAÇÃO DA DEMANDA .....	61
3.4.1 Expansão do Tráfego Anual .....	62
3.4.2 Cenário base .....	68
3.4.3 Cenário otimista .....	69
3.4.4 Cenário pessimista .....	69
3.5 OBTENÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO .....	70
3.6 CALIBRAÇÕES DO MODELO LOGIT .....	72
3.7 AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE SERVIÇO .....	77
3.7.1 Rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários (pista simples) .....	80
3.7.2 Cálculo dos Níveis de Serviço por patamares .....	84
3.8 ESTIMATIVA DE NÚMERO N .....	85
3.8.1 Introdução .....	85
3.8.2 Contagem Classificada de Veículos (CCV) .....	85
3.8.3 Metodologia empregada .....	85
4 VOLUMES DE TRÁFEGO ATUAL .....	90
5 MATRIZ ORIGEM DESTINO DA REGIÃO SUDESTE DO PIAUÍ .....	92
5.1 MATRIZ ORIGEM-DESTINO BASE .....	92
5.2 MATRIZ ORIGEM-DESTINO BASE DAS VIAGENS GERADAS PELAS ATIVIDADES DO AGRONEGÓCIO .....	93

6	CALIBRAÇÃO DO MODELO LOGIT .....	96
6.1	RESULTADOS DO MODELO .....	96
7	MODELAGEM DE REDE GEORREFERENCIADA .....	101
7.1	BASE VIÁRIA.....	101
7.2	SISTEMA DE TRANSPORTES .....	104
7.3	ZONEAMENTO .....	108
7.4	SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO .....	111
7.5	PROCESSO DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO .....	114
8	INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO	
	116	
8.1	IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS ROTAS ALTERNATIVAS E OU DE DESVIO .....	119
9	VOLUME DE TRÁFEGO – ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO .....	123
9.1	CENÁRIOS DE ALTERAÇÃO DE DEMANDA.....	123
9.1.1	Cenário esperado.....	123
9.1.2	Cenário otimista .....	123
9.1.3	Cenário pessimista .....	123
9.2	ESTIMATIVA DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL.....	124
9.3	FUGAS ESTIMADAS PELO MODELO.....	128
9.4	VOLUMES HORA DE PROJETO (VHP).....	132
10	PROJEÇÃO DE TRÁFEGO DURANTE A CONCESSÃO.....	134
10.1	ESTIMATIVA DE RECEITA .....	137
11	CÁLCULO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO .....	138
11.1	NÍVEIS DE SERVIÇO DURANTE A CONCESSÃO.....	138
11.1.1	Patamares de Nível de Serviço .....	138
11.1.2	Nível de Serviço para o horizonte de concessão da rodovia.....	139
12	NÚMERO N.....	141
12.1	DADOS DE PESAGEM .....	141
12.2	CÁLCULO DO NÚMERO N.....	142
13	EQUIPE TÉCNICA.....	145

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização das Rodovias Transcerrados e Palestina .....	7
Figura 2: Fluxograma com macro-tarefas .....	9
Figura 3: Lotes em estudo .....	11
Figura 4: Rodovia Transcerrados (PI-397) e Rodovia Palestina (PI-262) .....	12
Figura 5: Rodovia Transcerrados (PI-397) e Rodovia Palestina (PI-262) e seus diversos trechos .....	14
Figura 6: Série histórica da produção de soja Piauí (fonte IBGE).....	16
Figura 7: Municípios diretamente impactados .....	17
Figura 8: Pontos de pesquisa de contagem classificada de veículos.....	20
Figura 9: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P1 .....	21
Figura 10: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P2 .....	22
Figura 11: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P3 .....	23
Figura 12: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P4 .....	24
Figura 13: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P5 .....	25
Figura 14: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P6 .....	26
Figura 15: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P7 .....	27
Figura 16: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P8 .....	28
Figura 17: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P9 .....	29
Figura 18: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P10 .....	30
Figura 19: Pesquisa de Contagem Veicular sendo realizada .....	31
Figura 20: Ilustração dos contadores pneumáticos instalados nas rodovias .....	32
Figura 21: Classificação de veículos utilizada na pesquisa .....	33
Figura 22: Exemplo de parte do formulário utilizado na pesquisa .....	34
Figura 23: Formulário de entrevistas.....	36
Figura 24: Pontos de Entrevistas da Pesquisa Origem e Destino .....	38
Figura 25: Pesquisa OD / PD em andamento .....	40
Figura 26: Capa dos cadernos de utilizados, exemplo para veículos leves.....	42
Figura 27: Exemplo de pergunta de pesquisa de desvio de rota .....	43
Figura 28: Ilustração do Fator de Sazonalidade Mensal.....	52
Figura 29: PNCT de Corrente/PI - BR-135 km 591 .....	53
Figura 30: Divisão das áreas produtoras de grãos do Sul do Piauí (YBY AGRO, 2014 adaptado pelos autores).....	57
Figura 31: Variação do Fluxo em função de cada atividade.....	60
Figura 32: Produção de Soja e Milho no Piauí - fonte: IBGE .....	61
Figura 34: Evolução do uso do solo no Sul do Piauí. Todas as imagens correspondem ao mês de dezembro de cada ano (Fonte: Google Earth).....	65
Figura 35: Localização das Praças de Pedágio – Cenário Base .....	68
Figura 36: Detalhe para o zoneamento adotado .....	72
Figura 37: Função logística e a relação logística.....	74
Figura 38: Situações em uma rodovia respectivas aos diferentes níveis de serviço do HCM .....	79
Figura 39: Exemplos de rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários .....	81
Figura 40: Classificação dos veículos de carga .....	86
Figura 41: VMD contabilizados nas rodovias .....	90

Figura 42: VMDA corrigido com Fc.....	91
Figura 43: Variação da adesão em função da tarifa.....	98
Figura 44: Estimativa de tarifa ótima .....	99
Figura 45: Vias estudadas e zoneamento .....	101
Figura 46: Base viária utilizada no modelo.....	102
Figura 47: Detalhe (em azul) da BR-135 - via concorrente.....	103
Figura 48: Detalhe da Ferrovia entre Suape (PE) e Eliseu Martins (fonte <a href="https://www.camara.leg.br/noticias/549484-COMISSAO-VOTA-PARECER-SOBRE-A-FERROVIA-NOVA-TRANSNORDESTINA">https://www.camara.leg.br/noticias/549484-COMISSAO-VOTA-PARECER-SOBRE-A-FERROVIA-NOVA-TRANSNORDESTINA</a> ).....	105
Figura 49: Detalhe da Ferrovia - Trecho entre Eliseu Martins a Porto Franco Maranhão (fonte: Estudo de Viabilidade Ministério dos Transportes / Valec) .....	106
Figura 50: Detalhe para os trechos, praças de pedágio e PI's 392 e 395.....	117
Figura 51: Localização das Praças de Pedágio.....	118
Figura 52: Ilustração de rota alternativa e roda de desvio .....	119
Figura 53: Detalhe para o trecho em obra na BR-135 .....	121
Figura 54: Detalhe para PI-395 (amarelo) e PI-392 (na cor preto).....	122
Figura 55: Variação do VMD por trecho e por sentido .....	127
Figura 56: Detalhe para o trecho intransitável na Transcerrados .....	128
Figura 57: Atração de Tráfego em função de melhorias associadas (pavimentação - geometria) .....	129
Figura 58: Fuga gerada pelo após a cobrança de pedágio .....	130
Figura 59: Fuga de veículos pesados após cobrança de pedágio .....	131
Figura 60: Detalhe Trecho 3 – retirado do escopo. .....	135
Figura 61: Carregamento 2020 - Cenário Esperado .....	136

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Segmentos Homogêneos .....	15
Tabela 2: Níveis e fatores considerados na categoria de Desvio de Rota.....	44
Tabela 3: Montagem dos cadernos da pesquisa de preferência declarada para a categoria desvio de rota.....	44
Tabela 4: Níveis e fatores considerados na pesquisa de preço de pedágio .....	48
Tabela 5: Montagem dos cadernos da pesquisa de preferência declarada para a categoria preço do pedágio .....	49
Tabela 6: Produção mensal da soja e milho de 1º safra em relação à média anual nos últimos 10 anos. ....	54
Tabela 7: Fator K BR-135/PI km 591 (PNCT).....	55
Tabela 10: Anos de saturação das áreas produtivas.....	66
Tabela 11: Peso da frequência das viagens .....	71
Tabela 12: Descrições de qualidade do fluxo do tráfego nos diferentes níveis de serviço para as 3 classes de rodovias de pista simples .....	82
Tabela 13: Parâmetros para avaliação do Nível de Serviço.....	83
Tabela 14: Parâmetros utilizados para a determinação do nível de serviço para as diferentes classes de rodovias de pista simples .....	84
Tabela 15: Limites para determinação do Nível de Serviço em rodovias de pista simples .....	84
Tabela 16: Fatores de equivalência de carga da AASHTO .....	87
Tabela 17: Fatores de equivalência de carga da USACE .....	87
Tabela 18: Percentuais de veículos comerciais na faixa de projeto.....	88
Tabela 19: Fator climático regional.....	89
Tabela 20: Principais origens e destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos leves).....	92
Tabela 21: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais leves).....	92
Tabela 22: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais pesados) .....	93
Tabela 23: Principais origens e destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos leves).....	94
Tabela 24: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais leves).....	94
Tabela 25: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais pesados) .....	94
Tabela 26: Codificações das variáveis <i>dummy</i> .....	96
Tabela 27: Análise de regressão com todas as variáveis .....	96
Tabela 28: Análise de regressão variáveis selecionadas.....	97
Tabela 29: Valores considerados por faixa salarial (veículos leves) .....	111
Tabela 30: Valores calculados em R\$/min (veículos passeio).....	112
Tabela 31: Custo final R\$/min + custo de manutenção (20%) - Veículos de passeio .....	112
Tabela 32: Valores calculados em R\$/min (veículos comerciais).....	112
Tabela 33: Custo final R\$/min + Manutenção (50%) – Veículos Comerciais.....	113
Tabela 34: Valores em R\$/km por tipo de combustível (veículos de passeio) .....	113
Tabela 35: Valores em R\$/km – Diesel (veículos comerciais).....	114
Tabela 36: VMDA encontrados após simulação de tráfego para o ano base para cada um dos segmentos.....	125
Tabela 37: Tabela resumo de fugas e atração.....	132
Tabela 38: Volumes Hora de Projeto por segmento.....	132
Tabela 39: Projeção de Tráfego nas Praças - Cenário Esperado .....	Erro! Indicador não definido.

Tabela 40: Projeção de Tráfego nas Praças - Cenário Otimista.....	..... Erro! Indicador não definido.
Tabela 41: Projeção de Tráfego nas Praças - Cenário Pessimista .....	..... Erro! Indicador não definido.
Tabela 45: Estimativa de Receita durante a concessão .....	137
Tabela 46: Parâmetros utilizados para o cálculo dos patamares de Nível de Serviço HCM.....	138
Tabela 47: Níveis de Serviços durante concessão .....	140
Tabela 48: Carregamento da frota.....	141
Tabela 49: Percentuais de vazio, meia carga e carga plena .....	141
Tabela 50: Fatores de Veículo - USACE .....	142
Tabela 51: Fatores de Veículo - AASHTO .....	142
Tabela 52: Número N - Rodovias PI-397/PI-262 .....	142
Tabela 53: Espessura Mínima de revestimento betuminoso.....	143

## APRESENTAÇÃO

Apresentamos o **Estudo de Tráfego para concessão** das rodovias Transcerrados (PI-397) entre BR-324 e BR-235 e estrada da Palestina (PI-262) entre BR-135 e PI-397, ambas na região sul do estado do Piauí, conforme Figura a seguir:

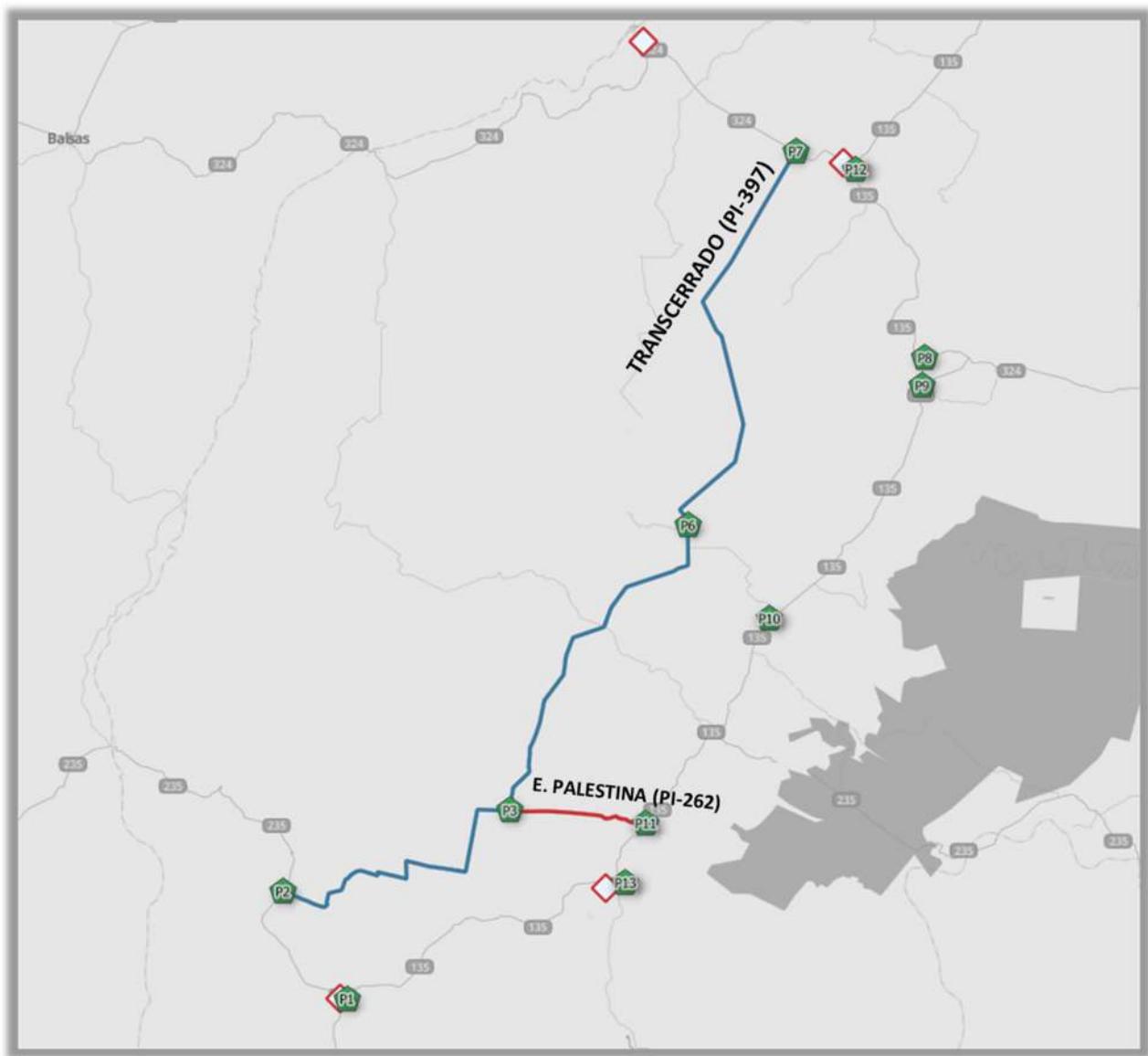


Figura 1: Localização das Rodovias Transcerrados e Palestina

O Estudo de Tráfego se faz necessário para que a SUPARC – Superintendência de Parcerias e Concessões – do estado do Piauí, avalie a possibilidade de concessão dos referidos trechos rodoviários por intermédio de uma Parceria Público-Privada (PPP) para realização de melhorias na infraestrutura destas vias. O presente documento faz parte de um conjunto de estudos técnicos com vistas para exploração dos trechos, por meio de concessão, por um prazo de 30 anos.

Assim, este relatório tem como principal objetivo subsidiar os estudos econômicos financeiros, uma vez que apresenta informações 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 projeto, o que impacta diretamente na tarifa base e, consequentemente, 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

iva do CAPEX (*Capital Expenditure*) e/ou investimentos.

Foram realizados levantamentos e visitas a campo em toda a região do Sudoeste do Piauí para obtenção dos valores de VMD atuais, tanto nos trechos em análise (Transcerrados e Palestina), quanto nas rodovias BR-135, que é paralela à rodovia Transcerrados e demarca o extremo Leste da rodovia Palestina, BR-235, que delimita o extremo Sul da rodovia Transcerrados, e BR-324, que, por sua vez, também demarca o extremo Norte da rodovia Transcerrados.

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, que contém a malha viária (com todas as informações físicas das vias) e a matriz de atração implantada. Com a exibição da produção futura, tem-se a matriz futura e através de seu carregamento na base viária, sua demanda futura. Desta forma, o crescimento do tráfego é previsto primordialmente em função do desenvolvimento da economia, de sua população e especialmente pelo desenvolvimento da exploração de agronegócio.

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

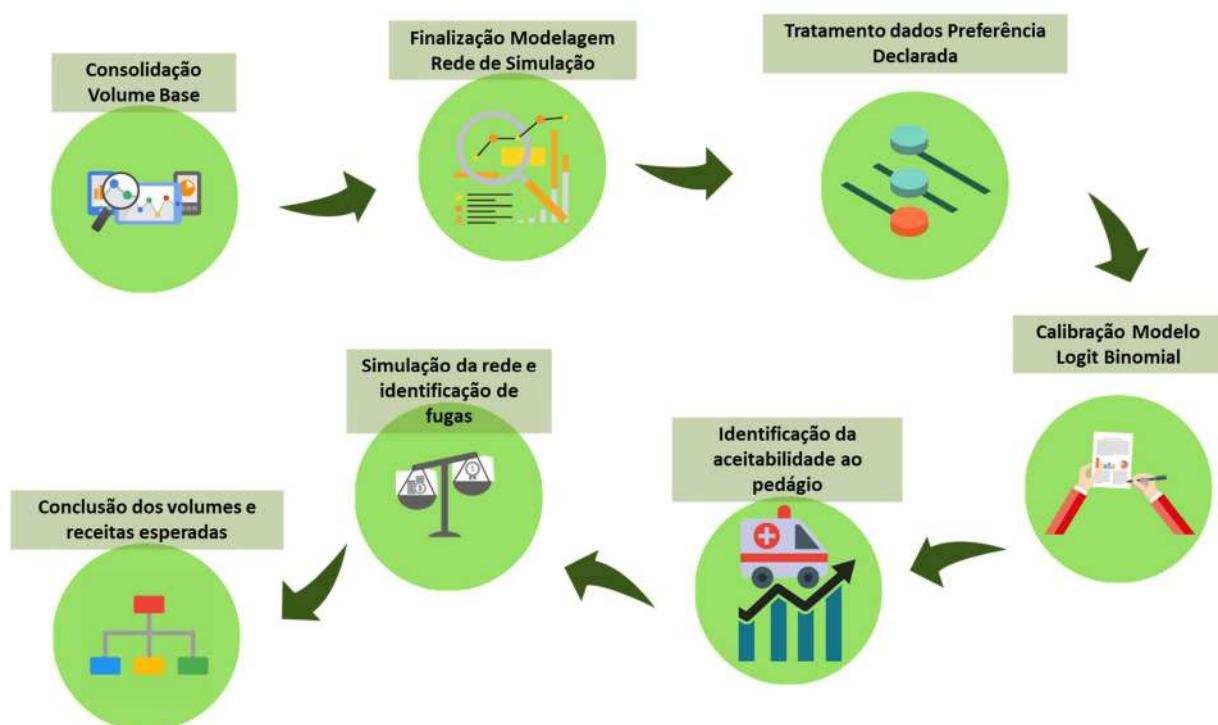


Figura 2: Fluxograma com macrotarefas

## 1 INFORMAÇÕES GERAIS

- **Objeto de Estudo:** Estudo de Tráfego da Rodovia Transcerrados (PI-397) e Rodovia Palestina (PI-262) para análise de viabilidade de concessão por meio de Parceria Público-Privada.
- **Localização:** Rodovia Transcerrados (PI-397) do km 0,00 (Município de Sebastião Leal-PI) ao km 329 (Município de Gilbués-PI) e Rodovia Palestina (PI-262).

## 2 APRESENTAÇÃO DAS RODOVIAS EM ESTUDO E ÁREA DE INFLUÊNCIA

Os trechos que são objeto de estudo compreendem parte da rodovia Transcerrados (PI-397), com aproximadamente 236 quilômetros e a estrada Palestina (PI-262) com aproximadamente 40 quilômetros de extensão, totalizando aproximadamente 276 km de rodovias, conforme ilustra a Figura 3.

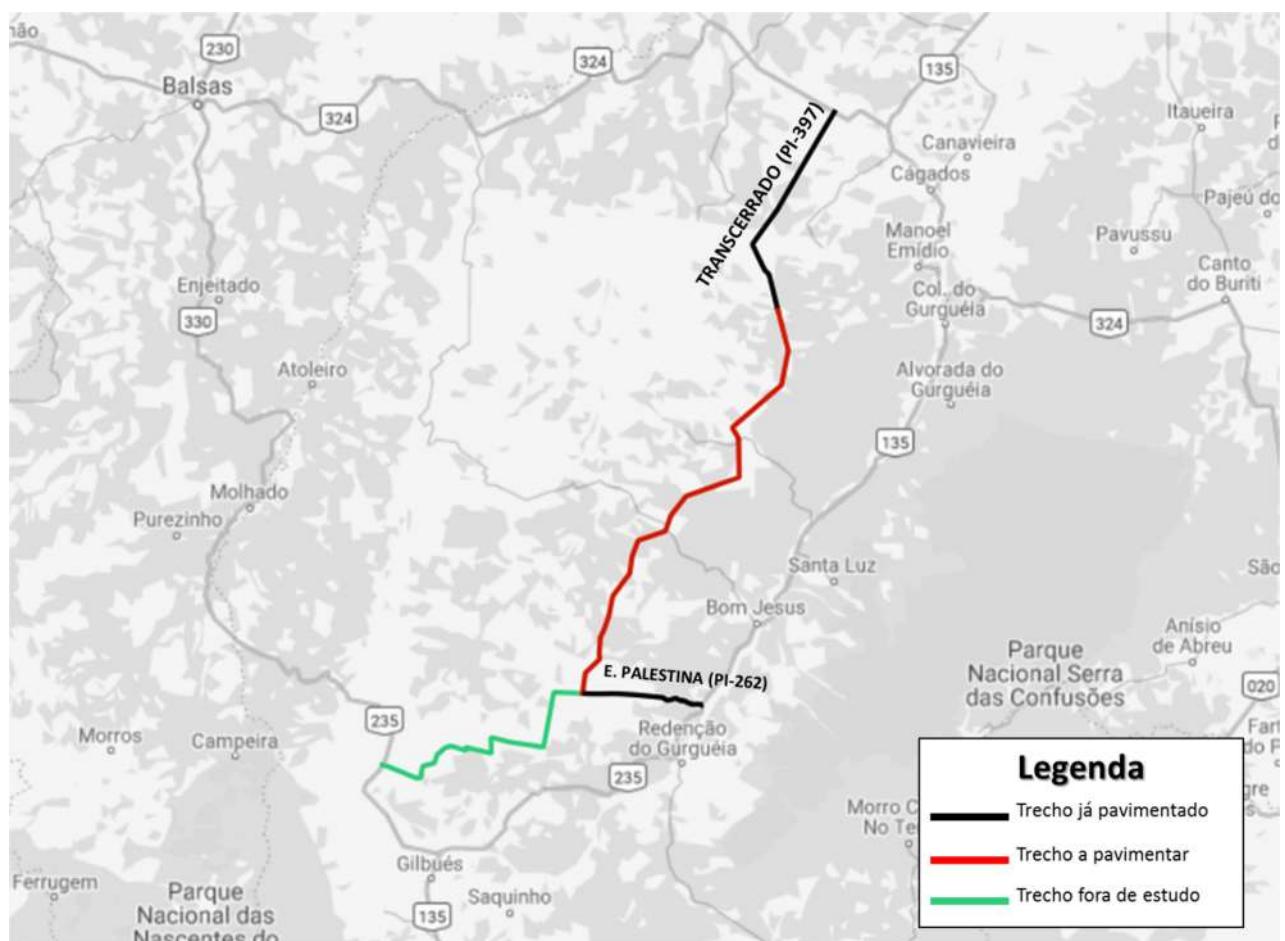


Figura 3: Lotes em estudo

Estas rodovias fazem parte do sistema rodoviário estadual do Piauí e é importante destacar que são conhecidas como “a rota da soja”, uma vez que são eixos extremamente importantes para o escoamento dos grãos produzidos na região do cerrado piauiense.

## 2.1 RODOVIA TRANSCERRADOS E RODOVIA PALESTINA

A Rodovia Transcerrados (PI-392) está localizada no Sudoeste do Estado do Piauí e em toda sua extensão possui 329 km. O trecho se inicia no município de Sebastião Leal no entroncamento com a BR-324, segue em direção a Sul passando pelos municípios de Uruçuí, Manoel Emídio, Alvorada do Gurgueia, Palmeira do Piauí, Currais, Bom Jesus, Monte Alegre do Piauí e Gilbués, onde a rodovia termina no entroncamento com a BR-235.

No município de Bom Jesus a Transcerrados encontra com a rodovia Palestina (PI-262), que segue em direção a Leste, passa brevemente pelo município de Redenção do Gurgueia e retorna ao município de Bom Jesus onde se encerra no cruzamento com a BR-135.

Estas duas rodovias cruzam as regiões conhecidas como Tabuleiros do Alto Parnaíba e Chapada dos Mangabeiras e se caracterizam pelo relevo formado por grandes planaltos cercados por chapadas com forte inclinação e desnível elevado (200 a 300 metros de diferença altimétrica).

Trata-se de áreas com grande potencial de desenvolvimento do complexo agroindustrial nas áreas do cerrado nordestino e que têm apresentado no decorrer das últimas décadas um forte crescimento na produção de soja.

Para a realização do estudo, foram estabelecidos quatro trechos das rodovias, descritos a seguir:

- **Trecho 1:** do km 0,00 em Sebastião Leal até o km 117 em Alvorada do Gurgueia no acesso para o distrito de Nova Santa Rosa;
- **Trecho 2:** do km 117 em Alvorada do Gurgueia até o km 236 em Bom Jesus no cruzamento com a rodovia Palestina;
- **Trecho 3:** do km 236 em Bom Jesus até o término da rodovia no km 329 em Gilbués no cruzamento com a BR-235; e

- **Trecho 4:** toda a Rodovia Palestina de comprimento igual a 40 km.

A Figura 4 apresenta o traçado das duas rodovias e os trechos elencados.

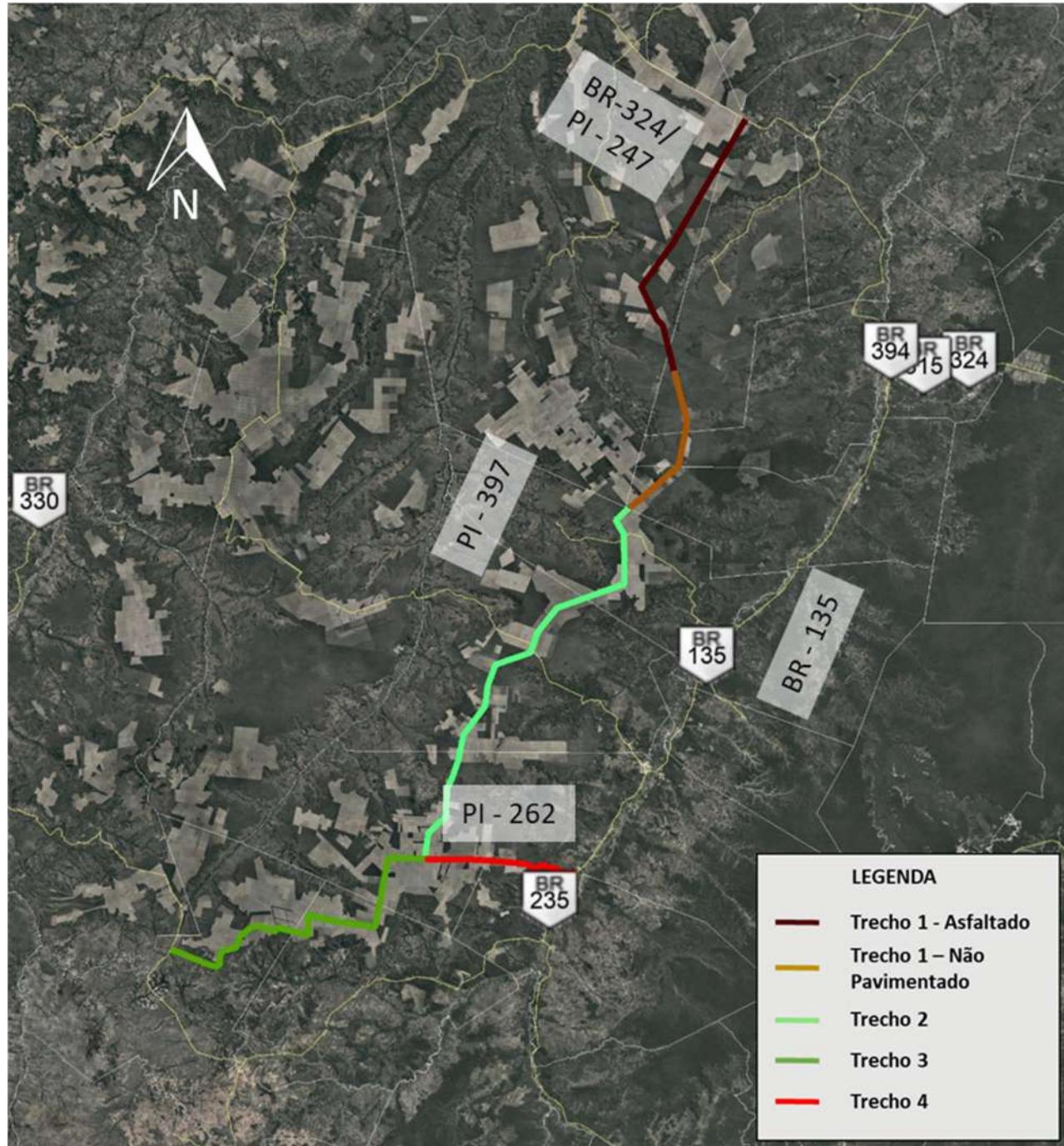


Figura 4: Rodovia Transcerrados (PI-397) e Rodovia Palestina (PI-262).

O Trecho 1 se encontra pavimentado somente nos primeiros 92,3 km. O restante se encontra em leito natural. Os trechos 2 e 3 não estão pavimentados e o trecho 4, a rodovia Palestina,

está pavimentado em toda a sua extensão. No entanto, a descida da chapada possui traçado sinuoso e de largura reduzida, o que impede a circulação de dois veículos pesados simultaneamente em direções opostas.

As rodovias, nos trechos pavimentados, possuem a seção transversal com duas faixas de tráfego (pista simples) e acostamento, enquanto nos segmentos de terreno natural as dimensões da seção transversal são variáveis, ora acomodando 1 veículo por vez ora operando como pista simples.

De forma geral, os trechos 1 e 2 estão totalmente na região do planalto sobre a chapada e, portanto, possuem traçado bastante retilíneo e com praticamente nenhuma rampa significativa.

O mesmo ocorre nos trechos 3 e 4, porém estes atravessam os trechos de descida da chapada onde o traçado se torna sinuoso e com rampas de inclinação elevada. As rodovias são envoltas de áreas voltadas para agricultura, não havendo atravessamento de zonas urbanas quaisquer.

A seguir estão as descrições de início e fim de cada trecho.

- Subtrecho 1-01: Entr. PI-247/ BR-324 (p/Sébastião Leal) - Divisa Uruçuí/Sébastião Leal
- Subtrecho 1-02: Divisa Uruçuí/Sébastião Leal - Final Pavimentação Atual (km 92,3)
- Subtrecho 1-03: Final Pavimentação Atual (km 92,3) - Entr. Acesso Distrito Nova Santa Rosa
- Subtrecho 2-04: Entr. Acesso Distrito Nova Santa Rosa - Entr. PI-395
- Subtrecho 2-05: Entr. PI-395 - Entr. PI-392
- Subtrecho 2-06: Entr. PI-392 - Divisa Municípios Currais/Bom Jesus
- Subtrecho 2-07: Divisa Municípios Currais/Bom Jesus - Entr. PI-262 (Estrada Palestina)
- Subtrecho 3-08: Entr. PI-262 (Estrada Palestina) - Divisa Monte Alegre do Piauí/Gilbués
- Subtrecho 3-09: Divisa Monte Alegre do Piauí/Gilbués - Entr. PI-254/BR-235
- Subtrecho 4-10 (Rodovia Palestina): Entr. PI-397 (km 236) - Entr. BR-135 (p/ Bom Jesus)

A Figura 5 apresenta os subtrechos citados.

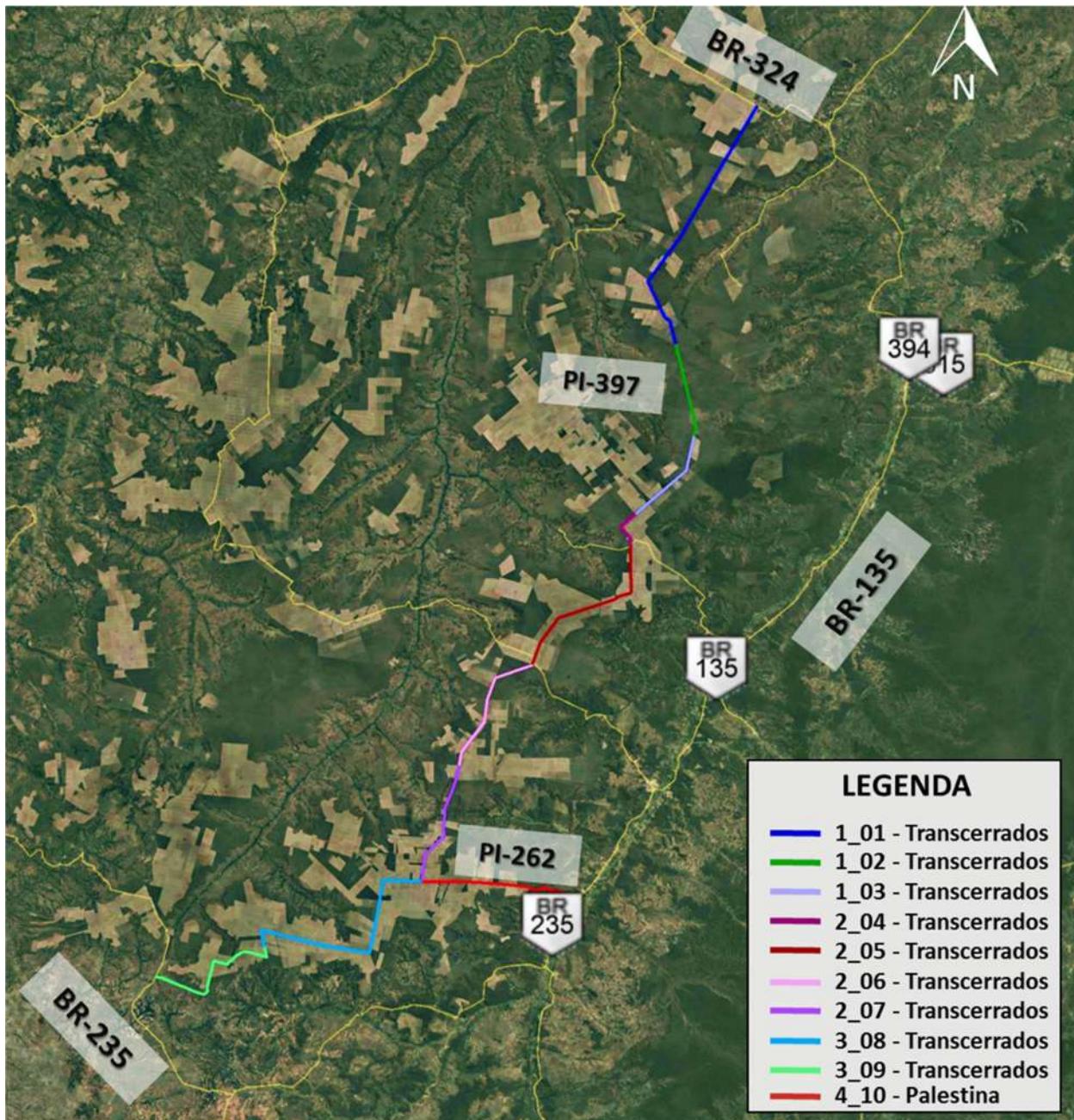


Figura 5: Rodovia Transcerrados (PI-397) e Rodovia Palestina (PI-262) e seus diversos trechos

Para fins de análises posteriores de Nível de Serviço (capítulo 11.1) e número N (capítulo 12.2) os subtrechos 1\_01 e 1\_02 foram agrupados, o trecho 3 não foi considerado por outros motivos explicados posteriormente e o trecho 4 (Palestina) foi subdividida em dois trechos, 7 e 8, sendo este último a rampa específica, ficando a nova segmentação conforme elencado na Tabela 1.

Tabela 1: Segmentos Homogêneos

<b>SEGMENTO HOMOGÊNEO</b>	<b>RODOVIA</b>	<b>KM INICIAL</b>	<b>KM FINAL</b>
<b>SH 1</b>	PI-397 - Transcerrados	0,00	92,30
<b>SH 2</b>	PI-397 - Transcerrados	92,30	116,50
<b>SH 3</b>	PI-397 - Transcerrados	116,50	126,80
<b>SH 4</b>	PI-397 - Transcerrados	126,80	170,60
<b>SH 5</b>	PI-397 - Transcerrados	170,60	201,90
<b>SH 6</b>	PI-397 - Transcerrados	201,90	242,70
<b>SH 7</b>	PI-262 - Palestina	0,00	40,80
<b>SH 8</b>	PI-262 - Palestina	32,10	32,90

## 2.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA

Conforma já explanado, as rodovias em questão são extremamente importantes para o escoamento dos grãos, sobretudo de soja, que são produzidos na região sudoeste do estado do Piauí.

De acordo com os últimos dados do IBGE (disponível em [www.cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/pesquisa/14/10373?ano=2018&indicador=10370](http://www.cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/pesquisa/14/10373?ano=2018&indicador=10370)) o estado piauiense produziu cerca de 2,5 milhões de toneladas de soja na safra 18/19, cerca de 4,8% a mais se comparada com safra de 17/18 conforme ilustra a Figura 6. E a tendência é que a safra 19/20 seja ainda maior.



Figura 6: Série histórica da produção de soja Piauí (fonte IBGE)

Estima-se que desse total produzido, cerca de 70 a 80% esteja na área de influência direta da rodovia, sobretudo nas regiões de Uruçuí, Palmeira do Piauí, Currais, Bom Jesus, maiores cidades produtora da soja, inclusive onde estão instaladas as moedoras e armazéns de empresas consolidadas como Bunge e Agrex do Brasil. A Figura 7 ilustra a localização dos municípios em relação as rodovias.

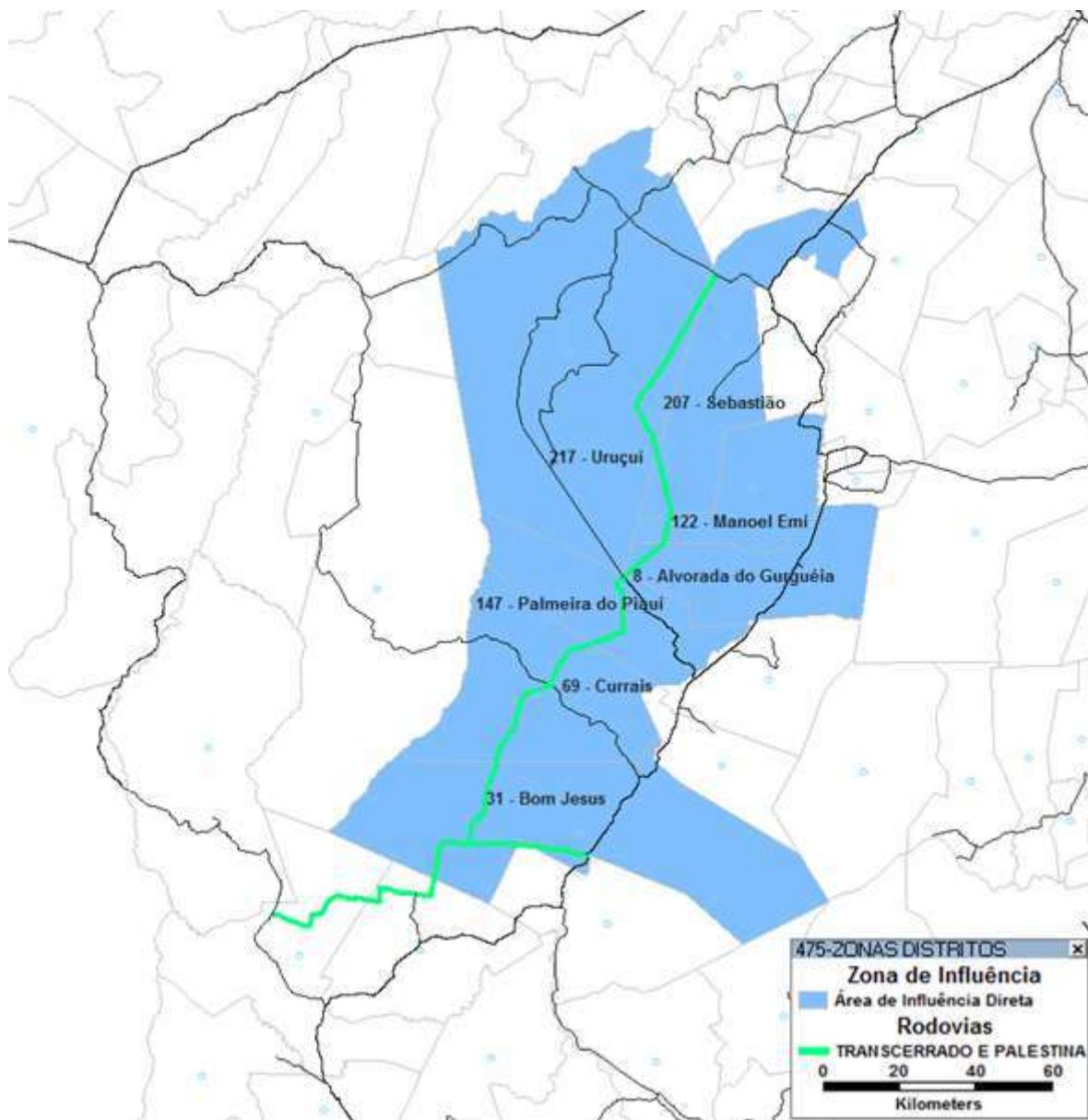


Figura 7: Municípios diretamente impactados

### 3 METODOLOGIAS DE 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.

#### 3.1 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);

##### 3.1.1 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. Foram realizadas pesquisas no trecho entre os dias 05 e 18 de agosto de 2019.

Nas rodovias BR-135, BR-235, BR-324, PI 397 e PI 262, foram realizadas Contagens Classificadas de Veículos (CCV) em períodos de 16 a 24 horas x 7 dias em cada ponto de pesquisa. Além destas, foram realizadas contagens automáticas através de aparelho pneumático na BR-135, BR-235 e PI-397.

Os dez 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.

- Ponto 1: Trevo da BR-135 com a BR-235 em Monte Alegre do Piauí, 7 x 24 horas de pesquisa;
- Ponto 2: Trevo da BR-235 com a PI-397 entre Monte Alegre do Piauí e Santa Filomena, 3 x 16 horas de pesquisa;
- Ponto 3: Trevo da PI-397 com a PI-262 em Bom Jesus (Serra do Quilombo), 24 horas de pesquisa;
- Ponto 4: Trevo da BR-324 com a PI-397 em Sebastião Leal, 7 x 16 horas de pesquisa;
- Ponto 5: Trevo da BR-135/BR-324 com a PI-394 Colônia do Gurgueia, 16 horas de pesquisa
- Ponto 6: Trevo da BR-135 com a PI-395 em Cristiano Castro, 16 horas de pesquisa;
- Ponto 7: Trevo da BR-135/BR-235 com a PI-262 em Bom Jesus (acesso para Serra do Quilombo), 16 horas de pesquisa;
- Ponto 8: Trevo da BR-135/BR-324 com a BR-343 em Bertolínia, 7 x 16 horas de pesquisa
- Ponto 9: Trevo da BR-135/BR-235 com a PI-257 em Redenção do Gurgueia, 7 x 16 horas de pesquisa.
- Ponto 10: Seção da Rod. Transcerrados (PI-397) em Uruçuí, 24 horas de pesquisa.

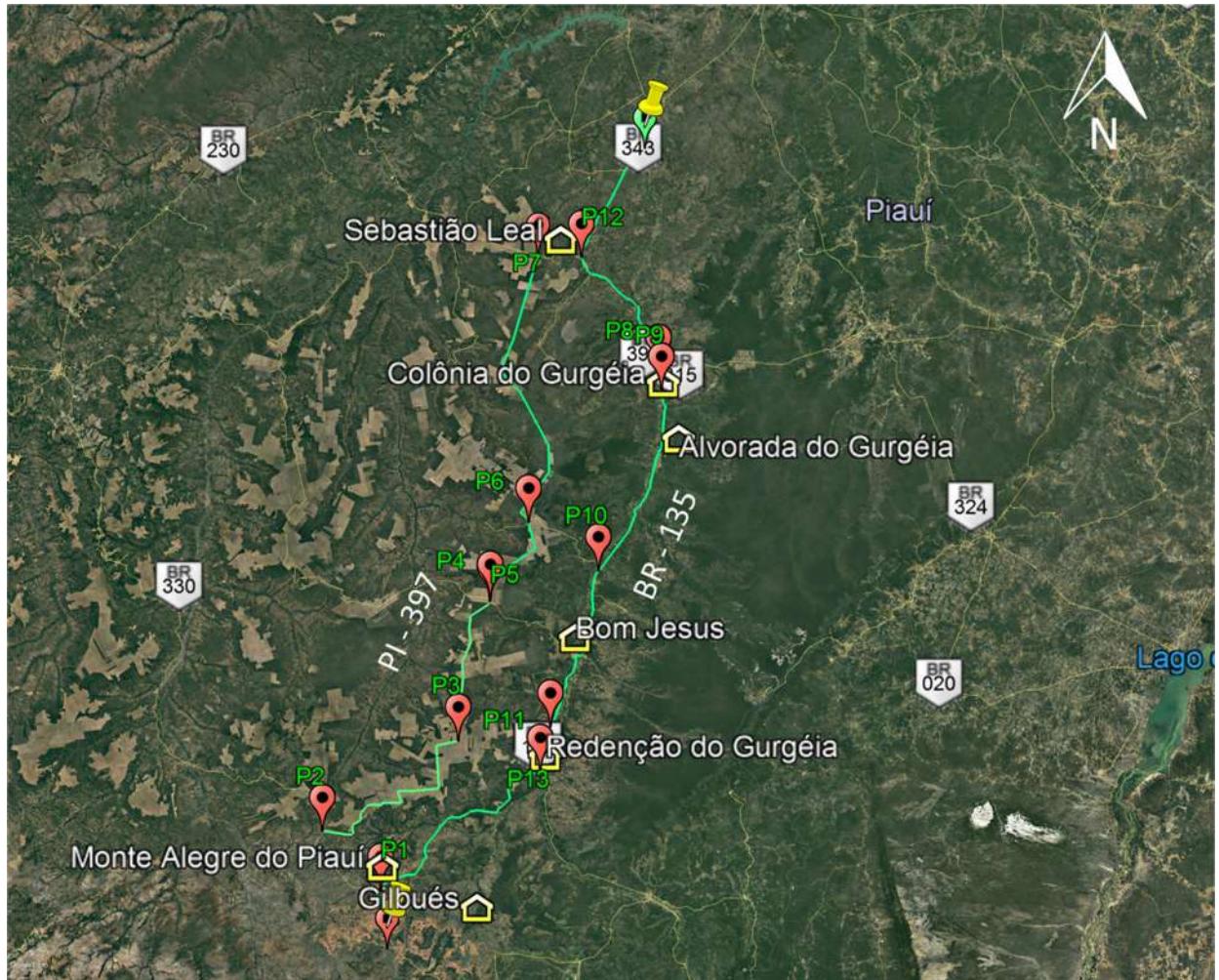


Figura 8: Pontos de pesquisa de contagem classificada de veículos

As contagens de veículos consideraram as interseções da rodovia de acordo com a Figura a seguir:



Figura 9: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P1



Figura 10: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P2

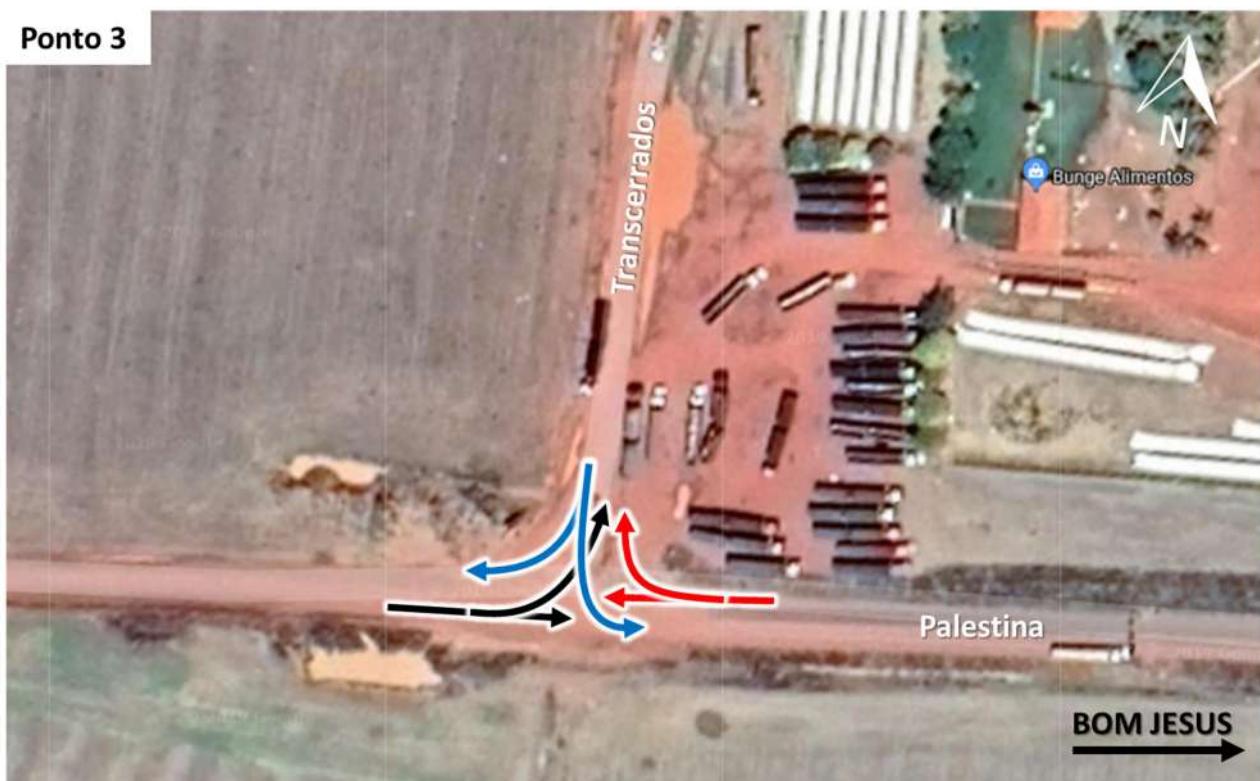


Figura 11: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P3



Figura 12: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P4



Figura 13: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P5



Figura 14: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P6



Figura 15: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P7



Figura 16: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P8



Figura 17: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P9

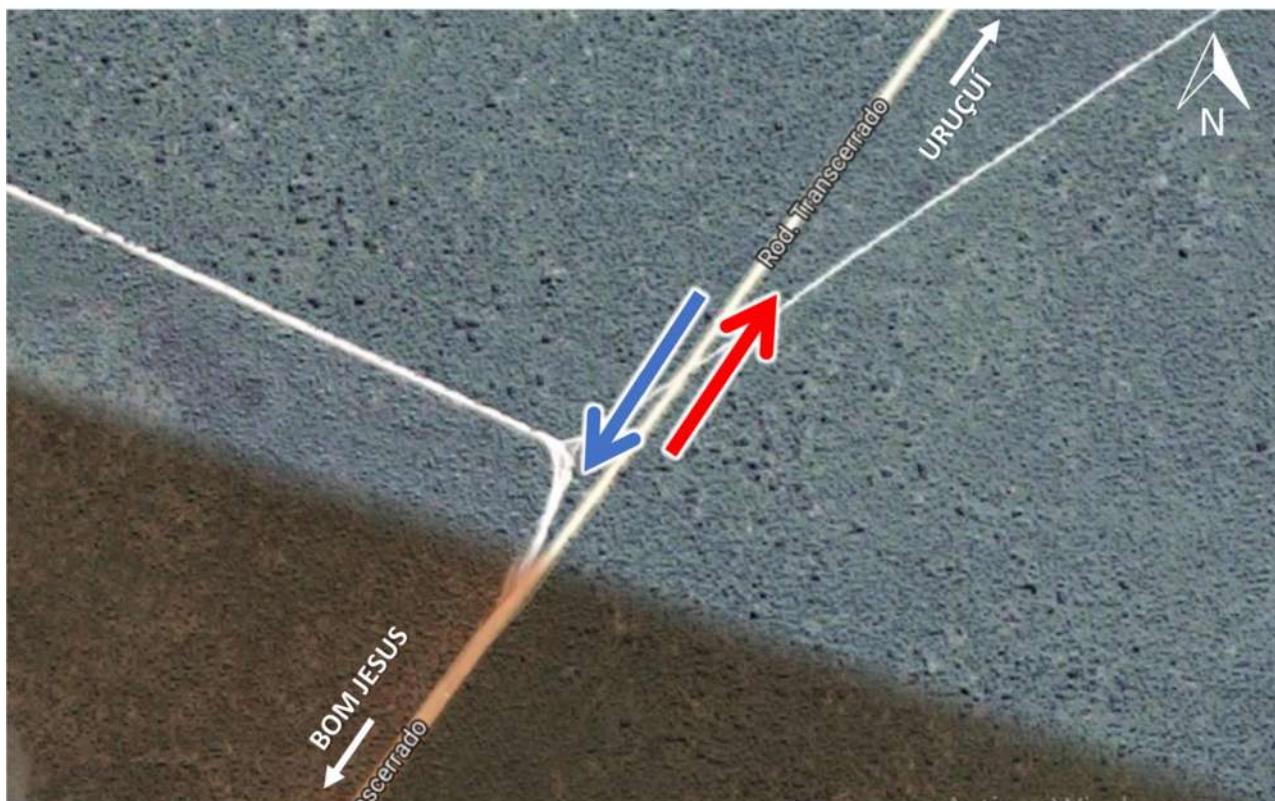


Figura 18: Movimentos considerados no ponto de pesquisa P10

Para cada ponto de pesquisa foram considerados 3 a 4 pesquisadores, de acordo com o total de movimentos. sendo um para cada movimento/sentido da rodovia, por turno de trabalho.

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



Figura 19: Pesquisa de Contagem Veicular sendo realizada

Em alguns pontos da BR-235 e BR-135 o fluxo veicular foi ainda registrado por meio de

contadores pneumáticos instalados nas seções transversais das rodovias.



Figura 20: Ilustração dos contadores pneumáticos instalados nas rodovias

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 21.

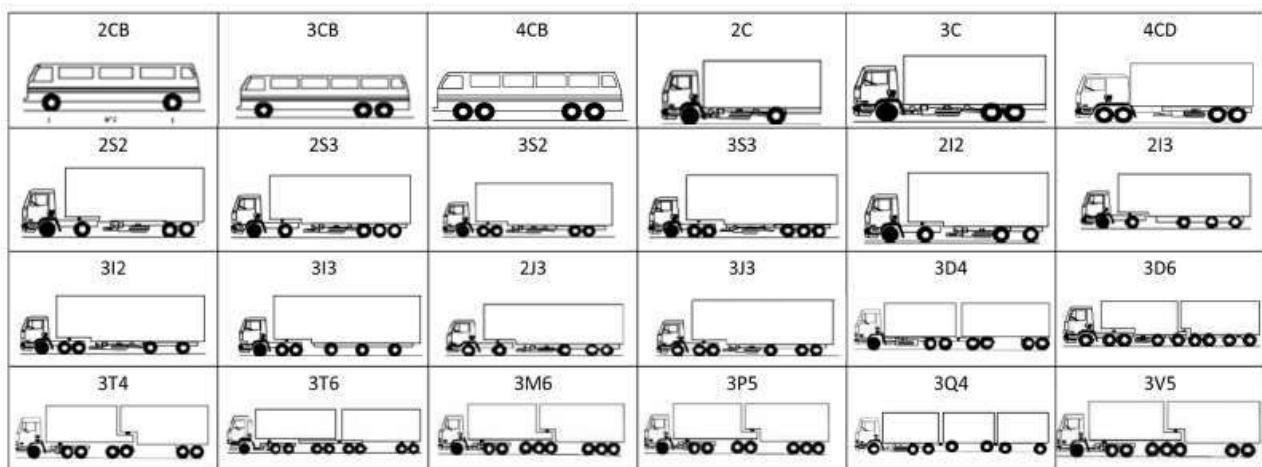


Figura 21: Classificação de veículos utilizada na pesquisa

O formulário utilizado durante as contagens pode ser conferido na Figura 22.

CROQUI DO LOCAL	Intervalo	Auto	Auto Reb 1 Eixo	Auto Reb 2 Eixos	Moto	209	308	20	36	46	291	252	253				
		00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45				
	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																
<hr/>																	
Intervalo	350	352	353	212	213	312	313	213	315	309	314	316	318	319	325	Outros Reboque	Outros Serviços
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 22: Exemplo de parte do formulário utilizado na pesquisa

### 3.1.2 Pesquisa de preferência revelada 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.

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 23 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 Suspensão:	b) Categ. DNIT:
<b>1ª Parte da Pesquisa - Preferência Revelada</b>			
1 - Sexo do motorista:	Masculino (M)	Feminino (F)	2 - Idade:
3 - Profissão:	a) Fundamental incompleto b) Fundamental completo c) Médio completo d) Médio incompleto e) Superior incompleto f) Superior completo g) Graduação além do ensino superior (pós, mestrado, etc)		
4 - Escolaridade:	a) Sem renda e) R\$ 7.000,00	b) R\$ 1.000,00 f) R\$ 10.000,00	c) R\$ 2.000,00 g) Outro valor: _____
5 - Faixa de renda	d) R\$ 4.000,00	7 - Ano de fabricação:	
6 - Marca do veículo / Modelo:	8 - Combustível predominante:	a) Gasolina c) Diesel	b) Álcool d) Gás (GNV)
9 - km / litro (estimado):		10 - De quem é a propriedade do veículo?	
a) Próprio		b) Empresa	
c) Alugado		d) Outro:	
<b>2ª Parte da Pesquisa - ORIGEM E DESTINO</b>			
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 <u>ÔNIBUS</u> , realiza parada em alguma cidade ? Qual (is) ?			
20 - Se <u>ÔNIBUS</u> : a) Empresa de viagem: _____ b) Fretado: _____			
<b>21 - Motivo da viagem</b>			
a) Trabalho	b) A passeio (lazer) ou a visita a parentes	c) A negócios	d) Estudo
f) Saúde	g) Outros (especificar): _____		
<b>22 - Frequência da Viagem</b>			
a) Diária	b) 1 x por semana	c) 2 x por semana	d) 3 x por semana
f) 2 x por mês	e) 1 x por mês g) Eventual h) Outro: _____		
23 - Se <u>CAMINHÃO</u> : Carga Plena <input type="checkbox"/> Meia Carga <input type="checkbox"/> Tipo de Carga: Grãos <input type="checkbox"/> Minério <input type="checkbox"/> Vazio (buscando carga) <input type="checkbox"/> Vazio (retornando) <input type="checkbox"/> Alimentos <input type="checkbox"/> Animal <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Vazio (outro) <input type="checkbox"/> Cegonha <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Se <u>CAMINHÃO</u> : 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 implatação 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: _____			
<b>3ª Parte da Pesquisa - Preferência Declarada</b>			
Respostas das Perguntas: 1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____ 5: _____ 6: _____			
USO DO COORDENADOR : Formulário Válido <input type="checkbox"/> Inválido <input type="checkbox"/>			

Figura 23: Formulário de entrevistas

Para coerência nos resultados das entrevistas realizadas, nas mesmas seções em que foram realizadas as contagens de veículos, foram realizadas a abordagem dos viajantes, tomando-se

o devido cuidado para que o local escolhido tivesse espaço suficiente para estacionamento adequado dos veículos e segurança dos pesquisadores.

Devido à ausência de acostamento na BR-135, os pontos selecionados se encontraram todos em cruzamentos a fim de permitir a parada segura dos veículos.

Os pontos selecionados para as entrevistas estão apresentados a seguir e identificados na Figura 24

- Ponto OD01: Trevo da BR-324 com a PI-247 no município de Uruçuí;
- Ponto OD02: Município de Sebastião Leal;
- Ponto OD03: Município de Redenção do Gurgueia;
- Ponto OD04: Município de Monte Alegre do Piauí.

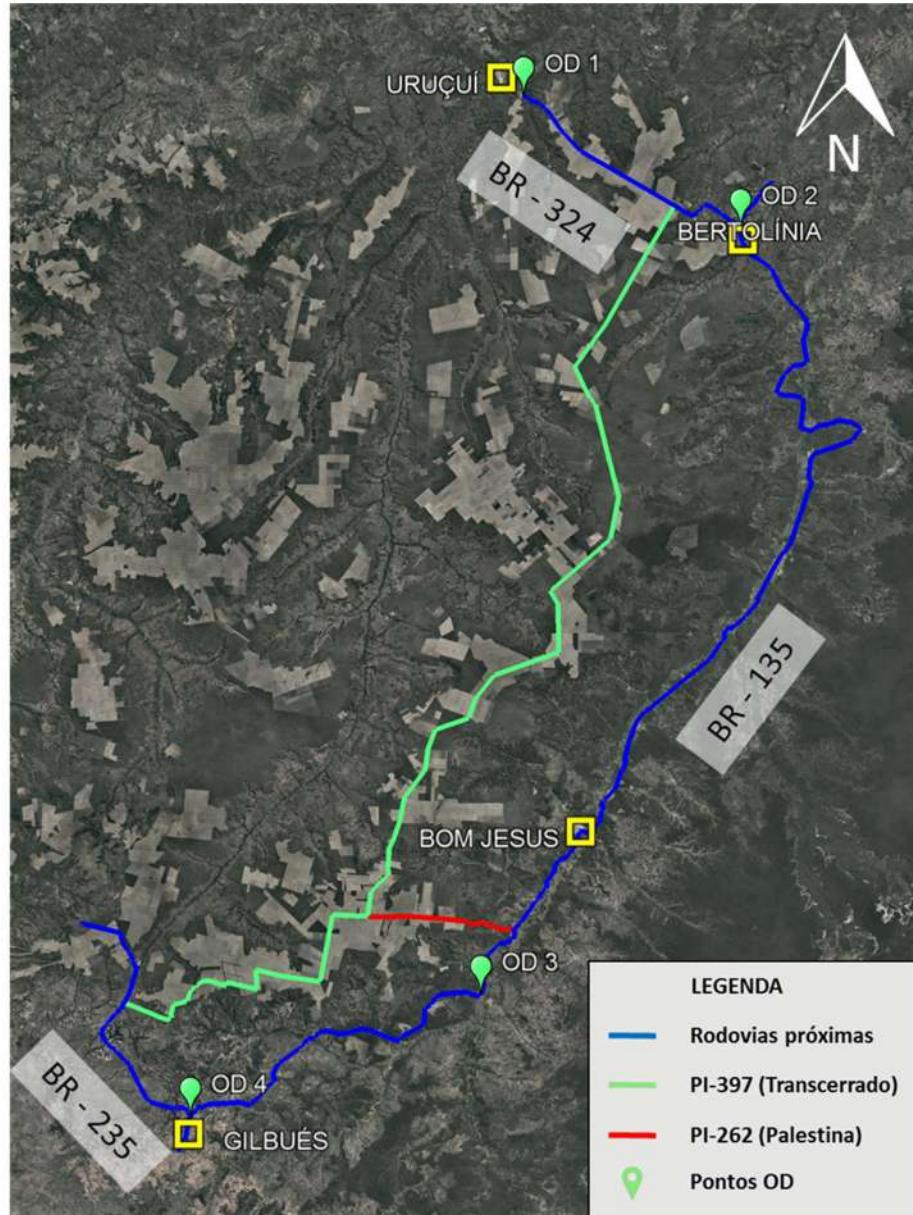


Figura 24: Pontos de Entrevistas da Pesquisa Origem e Destino

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 3 horas de trabalho, devido a limitação de 6h/dia de apoio da Polícia Rodoviária Estadual, assim

as pesquisas tiveram duração limitada a 6 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 25: Pesquisa OD / PD em andamento

### 3.1.3 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/tarifa do pedágio que o usuário da via está disposto a pagar, em função do

tempo que o condutor está disposto a viajar mudando de rota para desviar da cobrança do pedágio, levando em consideração a qualidade do pavimento da rota de desvio e da via pedagiada.

Para lograr êxito na calibração dos modelos, foram desenvolvidos conjuntos de cadernos contemplando as possibilidades de alternativas do usuário. As capas dos cadernos e detalhes dos conteúdos são explanadas nos itens posteriores e ilustrados na figura seguinte.



Figura 26: Capa dos cadernos de utilizados, exemplo para veículos leves

A metodologia da pesquisa de Desvio de Rota, que permitirá obter a adesão da via pedagiada, consistiu em apresentar duas alternativas de caminho para o usuário entre a sua origem e o seu destino: Em uma rota, tinha-se o eventual tempo adicional ou redução de tempo na rota pedagiada além do valor do pedágio (Opção A); na outra, tinha-se o tempo adicional na rota de fuga, a quilometragem adicional e as condições do pavimento nesta rota. O usuário deveria, portanto, escolher entre uma das duas alternativas.

No exemplo da Figura 27, na Opção A o usuário tem um decréscimo de 30 minutos na sua viagem ao escolher a rota pedagiada, onde a tarifa custa R\$ 5,50. Já pela rota de fuga, há um acréscimo de 60 minutos além de 40 km suplementares na viagem em uma rodovia com pavimento em condições ótimas.

## PERGUNTA 7

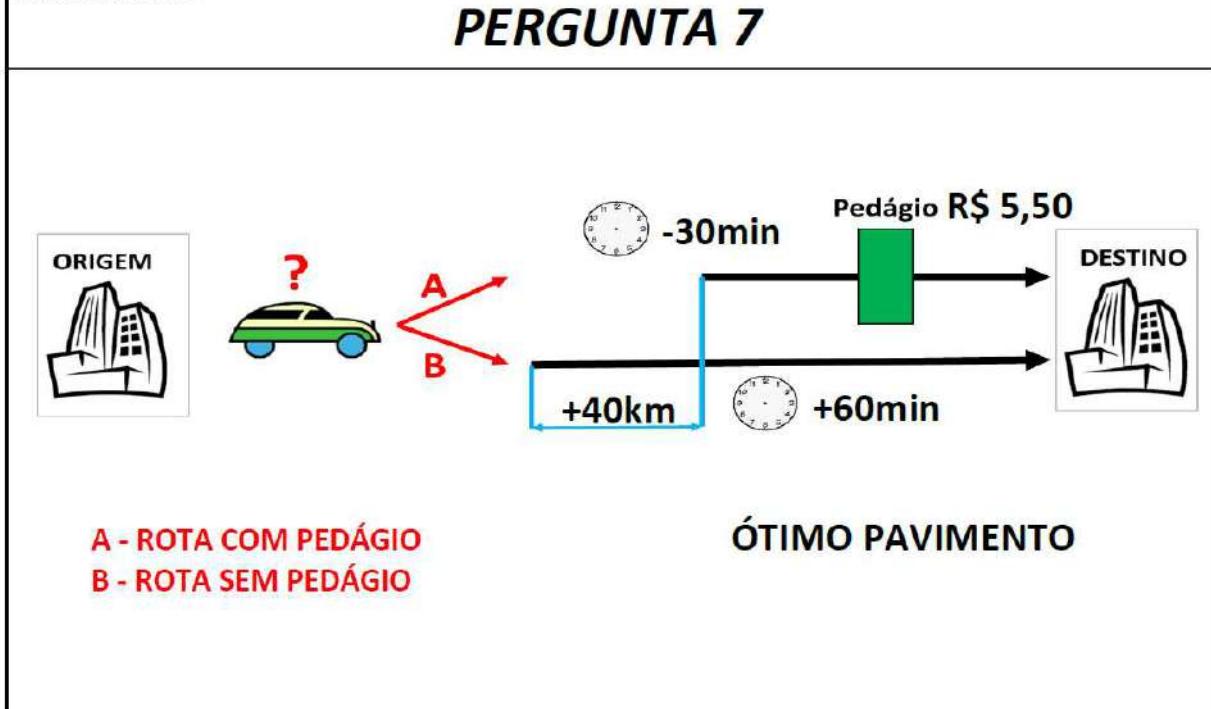


Figura 27: Exemplo de pergunta de pesquisa de desvio de rota

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

Tabela 2: Níveis e fatores considerados na categoria de Desvio de Rota

Nível	Valor do pedágio	Tempo de viagem na rota pedagiada	Tempo de viagem na rota não pedagiada	Distância adicional na rota não pedagiada	Qualidade do pavimento na rota não pedagiada
-1	R\$ 5,50	T-30min	T+30min	D+20 km	Inexistente
0	R\$ 7,00	T	T+60min	D+40 km	Razoável
1	R\$ 8,50	T+30min	T+90min	D+60 km	Ótima

A técnica utilizada para elaboração dos cadernos de Desvio de Rota foi o Experimento Fatorial Completo (*Full Factorial Design*), utilizando o *software* MiniTab, em que o experimento dos fatores nos diferentes níveis resultou em 243 possíveis combinações. Destas, algumas combinações eram ilógicas (ex: tempo extra no desvio curto para distância extra elevada) e estas foram desconsideradas.

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 9 perguntas e foram feitos um total de 10 cadernos. As combinações estão apresentadas na Tabela 3. No caso dos veículos comerciais, o preço na pesquisa foi discriminado por eixo.

Tabela 3: Montagem dos cadernos da pesquisa de preferência declarada para a categoria desvio de rota

Caderno	Pergunta	Tarifa	Tempo de viagem na rodovia pedagiada	Qualidade do pavimento na rota alternativa	Tempo extra de viagem na rota alternativa	Distância extra na rota alternativa
1	1	R\$7,00	Tempo	Ótimo	Tempo+30	+ 20km
	2	R\$5,50	Tempo	Ótimo	Tempo+30	+ 20Km
	3	R\$5,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+30	+40km
	4	R\$8,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+ 20km
	5	R\$8,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo+30	+ 20km
	6	R\$5,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+60km
	7	R\$5,50	Tempo - 30 min	Ótimo	Tempo+1 H	+40km
	8	R\$7,00	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km

Caderno	Pergunta	Tarifa	Tempo de viagem na rodovia pedagiada	Qualidade do pavimento na rota alternativa	Tempo extra de viagem na rota alternativa	Distância extra na rota alternativa
	9	R\$5,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+60km
2	1	R\$8,50	Tempo	Razoável	Tempo+30	+40km
	2	R\$7,00	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+40km
	3	R\$5,50	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+40km
	4	R\$7,00	Tempo	Inexistente	Tempo + 1H30	+ 20km
	5	R\$8,50	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+ 20km
	6	R\$5,50	Tempo	Ótimo	Tempo+30	+40km
	7	R\$5,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+ 20km
	8	R\$5,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+60km
	9	R\$7,00	Tempo - 30 min	Ótimo	Tempo+1 H	+40km
3	1	R\$5,50	Tempo	Ótimo	Tempo+30	+60km
	2	R\$7,00	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+30	+ 20km
	3	R\$7,00	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+40km
	4	R\$8,50	Tempo	Ótimo	Tempo+1 H	+40km
	5	R\$7,00	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+60km
	6	R\$8,50	Tempo	Razoável	Tempo + 1H30	+40km
	7	R\$5,50	Tempo	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km
	8	R\$5,50	Tempo	Inexistente	Tempo + 1H30	+40km
	9	R\$5,50	Tempo	Inexistente	Tempo+30	+40km
4	1	R\$8,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+40km
	2	R\$8,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+60km
	3	R\$7,00	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo + 1H30	+60km
	4	R\$8,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+30	+ 20km

Caderno	Pergunta	Tarifa	Tempo de viagem na rodovia pedagiada	Qualidade do pavimento na rota alternativa	Tempo extra de viagem na rota alternativa	Distância extra na rota alternativa
	5	R\$5,50	Tempo	Razoável	Tempo+1 H	+ 20km
	6	R\$5,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo+30	+40km
	7	R\$7,00	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+40km
	8	R\$7,00	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo+1 H	+60km
	9	R\$5,50	Tempo - 30 min	Ótimo	Tempo + 1H30	+60km
5	1	R\$8,50	Tempo - 30 min	Ótimo	Tempo+1 H	+60km
	2	R\$8,50	Tempo	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km
	3	R\$5,50	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+ 20km
	4	R\$7,00	Tempo	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km
	5	R\$5,50	Tempo	Ótimo	Tempo+1 H	+60km
	6	R\$8,50	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo+1 H	+60km
	7	R\$7,00	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+60km
	8	R\$5,50	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo + 1H30	+40km
	9	R\$7,00	Tempo	Razoável	Tempo+30	+ 20km
6	1	R\$8,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo+30	+40km
	2	R\$5,50	Tempo	Inexistente	Tempo+30	+ 20km
	3	R\$8,50	Tempo	Inexistente	Tempo + 1H30	+ 20km
	4	R\$8,50	Tempo	Ótimo	Tempo + 1H30	+40km
	5	R\$5,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+40km
	6	R\$7,00	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo + 1H30	+40km
	7	R\$7,00	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+ 20km
	8	R\$7,00	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+30	+40km
	9	R\$8,50	Tempo	Inexistente	Tempo + 1H30	+40km

Caderno	Pergunta	Tarifa	Tempo de viagem na rodovia pedagiada	Qualidade do pavimento na rota alternativa	Tempo extra de viagem na rota alternativa	Distância extra na rota alternativa
7	1	R\$7,00	Tempo	Inexistente	Tempo+30	+ 20km
	2	R\$8,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+ 20km
	3	R\$8,50	Tempo	Razoável	Tempo + 1H30	+60km
	4	R\$7,00	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+60km
	5	R\$7,00	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+ 20km
	6	R\$5,50	Tempo	Razoável	Tempo+1 H	+60km
	7	R\$8,50	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+30	+40km
	8	R\$8,50	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+60km
	9	R\$8,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km
8	1	R\$8,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo+30	+ 20km
	2	R\$5,50	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo+30	+60km
	3	R\$7,00	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+40km
	4	R\$5,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+40km
	5	R\$7,00	Tempo - 30 min	Ótimo	Tempo+30	+40km
	6	R\$8,50	Tempo - 30 min	Razoável	Tempo+1 H	+40km
	7	R\$8,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo + 1H30	+40km
	8	R\$5,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km
	9	R\$5,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo+30	+40km
9	1	R\$7,00	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo+30	+ 20km
	2	R\$7,00	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo+30	+ 20km
	3	R\$7,00	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km
	4	R\$7,00	Tempo	Inexistente	Tempo+1 H	+40km

Caderno	Pergunta	Tarifa	Tempo de viagem na rodovia pedagiada	Qualidade do pavimento na rota alternativa	Tempo extra de viagem na rota alternativa	Distância extra na rota alternativa
	5	R\$8,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo + 1H30	+60km
	6	R\$8,50	Tempo	Ótimo	Tempo+30	+40km
	7	R\$8,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo + 1H30	+40km
	8	R\$5,50	Tempo + 30 min	Razoável	Tempo + 1H30	+60km
	9	R\$7,00	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+60km
<b>10</b>	1	R\$5,50	Tempo	Razoável	Tempo+1 H	+40km
	2	R\$5,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+40km
	3	R\$5,50	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo+30	+40km
	4	R\$8,50	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo + 1H30	+40km
	5	R\$5,50	Tempo - 30 min	Inexistente	Tempo+30	+ 20km
	6	R\$8,50	Tempo	Razoável	Tempo+1 H	+ 20km
	7	R\$5,50	Tempo + 30 min	Inexistente	Tempo+1 H	+ 20km
	8	R\$8,50	Tempo + 30 min	Ótimo	Tempo+30	+40km
	9	R\$5,50	Tempo	Ótimo	Tempo + 1H30	+40km

Além da categoria desvio de rota, também foi analisada a sensibilidade dos usuários das rodovias sobre o valor do preço da tarifa em função do serviço ofertado. Para tanto foram feitas combinações com diversas condições da rodovia, serviços de policiamento/ambulância e guincho e o valor da tarifa, estes tanto para a via pedagiada quanto para a rota de desvio. A Tabela 4 as apresenta.

Tabela 4: Níveis e fatores considerados na pesquisa de preço de pedágio

Nível	Valor do pedágio	Qualidade do pavimento	Estado da sinalização	Serviços ofertados	Qualidade da rodovia
<b>0</b>	Gratuito	-	-	-	-
<b>A</b>	R\$ 5,50	Ruim	Inexistente	Nenhum	-

<b>B</b>	R\$ 7,00	Regular	Ruim	Guincho 24 horas	Pavimentada
<b>C</b>	R\$ 8,50	Bom	Bom	Guincho + Posto Policial	Pavimentada + 3 <sup>a</sup> faixa

Foram obtidas 216 combinações para esta categoria, sendo que foram montados 10 cadernos com 9 perguntas cada. Estas se encontram apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Montagem dos cadernos da pesquisa de preferência declarada para a categoria preço do pedágio

CADERNO	PERGUNTA	PAVIMENTO	SINALIZAÇÃO	SERVIÇOS	TARIFA	PA
1	1	BOM	RUIM	GUI + POL	7,00	PA
	2	BOM	INEXISTENTE	GUI + POL	5,50	PAVIM
	3	REGULAR	BOM	NENHUM	8,50	PA
	4	REGULAR	BOM	GUI + POL	GRATUITO	PAVIM
	5	BOM	INEXISTENTE	GUI + POL	8,50	PAVIM
	6	BOM	BOM	NENHUM	8,50	PA
	7	REGULAR	RUIM	GUI + POL	7,00	PA
	8	REGULAR	BOM	GUI + POL	5,50	PA
	9	BOM	RUIM	GUINCHO	GRATUITO	PA
2	10	RUIM	RUIM	GUI + POL	8,50	PA
	11	REGULAR	RUIM	GUI + POL	5,50	PA
	12	REGULAR	INEXISTENTE	GUI + POL	5,50	PAVIM
	13	REGULAR	BOM	GUINCHO	7,00	PA
	14	BOM	BOM	GUINCHO	5,50	PA
	15	BOM	RUIM	GUI + POL	5,50	PAVIM
	16	REGULAR	INEXISTENTE	NENHUM	8,50	PA
	17	BOM	INEXISTENTE	NENHUM	GRATUITO	PA
	18	BOM	BOM	NENHUM	5,50	PAVIM
3	19	REGULAR	BOM	NENHUM	7,00	PA
	20	RUIM	BOM	GUINCHO	5,50	PAVIM
	21	REGULAR	BOM	NENHUM	5,50	PAVIM
	22	REGULAR	RUIM	GUINCHO	7,00	PA
	23	REGULAR	BOM	GUINCHO	5,50	PA
	24	RUIM	RUIM	GUI + POL	7,00	PAVIM
	25	REGULAR	RUIM	NENHUM	8,50	PAVIM
	26	BOM	BOM	GUINCHO	5,50	PAVIM
	27	BOM	INEXISTENTE	GUINCHO	GRATUITO	PAVIM
4	28	RUIM	BOM	GUINCHO	GRATUITO	PA
	29	RUIM	RUIM	NENHUM	7,00	PAVIM
	30	REGULAR	BOM	NENHUM	8,50	PAVIM
	31	RUIM	INEXISTENTE	GUINCHO	5,50	PA
	32	BOM	RUIM	GUINCHO	7,00	PAVIM

CADERNO	PERGUNTA	PAVIMENTO	SINALIZAÇÃO	SERVIÇOS	TARIFA
5	33	REGULAR	RUIM	GUINCHO	GRATUITO
	34	RUIM	BOM	GUI + POL	7,00
	35	BOM	BOM	GUINCHO	GRATUITO
	36	RUIM	INEXISTENTE	GUI + POL	5,50
	37	BOM	RUIM	GUI + POL	GRATUITO
	38	BOM	BOM	GUI + POL	8,50
	39	REGULAR	INEXISTENTE	GUINCHO	7,00
	40	RUIM	RUIM	NENHUM	8,50
	41	BOM	BOM	GUINCHO	7,00
	42	RUIM	INEXISTENTE	GUINCHO	GRATUITO
6	43	REGULAR	RUIM	GUI + POL	GRATUITO
	44	REGULAR	RUIM	NENHUM	GRATUITO
	45	REGULAR	RUIM	GUI + POL	GRATUITO
	46	BOM	INEXISTENTE	GUI + POL	GRATUITO
	47	BOM	INEXISTENTE	NENHUM	5,50
	48	BOM	RUIM	GUI + POL	7,00
	49	BOM	RUIM	GUI + POL	5,50
	50	BOM	BOM	GUI + POL	GRATUITO
	51	REGULAR	INEXISTENTE	GUINCHO	8,50
	52	RUIM	BOM	GUI + POL	GRATUITO
7	53	RUIM	INEXISTENTE	GUINCHO	8,50
	54	RUIM	BOM	GUI + POL	GRATUITO
	55	REGULAR	RUIM	GUINCHO	8,50
	56	BOM	INEXISTENTE	NENHUM	8,50
	57	RUIM	INEXISTENTE	GUI + POL	GRATUITO
	58	RUIM	BOM	NENHUM	GRATUITO
	59	BOM	INEXISTENTE	GUINCHO	8,50
	60	REGULAR	INEXISTENTE	NENHUM	7,00
	61	REGULAR	RUIM	NENHUM	5,50
	62	REGULAR	INEXISTENTE	GUI + POL	7,00
8	63	RUIM	INEXISTENTE	GUINCHO	8,50
	64	REGULAR	RUIM	NENHUM	7,00
	65	REGULAR	INEXISTENTE	GUINCHO	7,00
	66	RUIM	BOM	NENHUM	GRATUITO
	67	RUIM	RUIM	GUINCHO	7,00
	68	RUIM	RUIM	GUI + POL	7,00
	69	REGULAR	BOM	GUI + POL	8,50
	70	BOM	INEXISTENTE	GUI + POL	5,50
	71	BOM	RUIM	NENHUM	7,00
	72	RUIM	RUIM	GUI + POL	GRATUITO
9	73	BOM	RUIM	NENHUM	GRATUITO
					PAVIMENTO

CADERNO	PERGUNTA	PAVIMENTO	SINALIZAÇÃO	SERVIÇOS	TARIFA
	74	REGULAR	INEXISTENTE	NENHUM	GRATUITO PAVIMENTO
	75	RUIM	BOM	GUI + POL	5,50 PAVIMENTO
	76	BOM	BOM	GUI + POL	7,00 PAVIMENTO
	77	REGULAR	BOM	GUINCHO	8,50 PAVIMENTO
	78	RUIM	BOM	GUI + POL	8,50 PAVIMENTO
	79	RUIM	INEXISTENTE	GUINCHO	5,50 PAVIMENTO
	80	BOM	RUIM	NENHUM	7,00 PAVIMENTO
	81	RUIM	INEXISTENTE	GUINCHO	GRATUITO PAVIMENTO
<b>10</b>	82	REGULAR	INEXISTENTE	GUINCHO	GRATUITO PAVIMENTO
	83	BOM	RUIM	GUI + POL	8,50 PAVIMENTO
	84	RUIM	INEXISTENTE	NENHUM	8,50 PAVIMENTO
	85	REGULAR	BOM	GUINCHO	5,50 PAVIMENTO
	86	BOM	INEXISTENTE	GUINCHO	5,50 PAVIMENTO
	87	BOM	INEXISTENTE	NENHUM	7,00 PAVIMENTO
	88	RUIM	RUIM	NENHUM	GRATUITO PAVIMENTO
	89	BOM	INEXISTENTE	GUINCHO	5,50 PAVIMENTO
	90	REGULAR	INEXISTENTE	NENHUM	7,00 PAVIMENTO

## 3.2 PROCESSAMENTO DAS PESQUISAS

### 3.2.1 Obtenção do VMD (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” (VMD). 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, dentro 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 (VMD) 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 VMD em relação ao Volume Médio Diário Anual (VMDA).

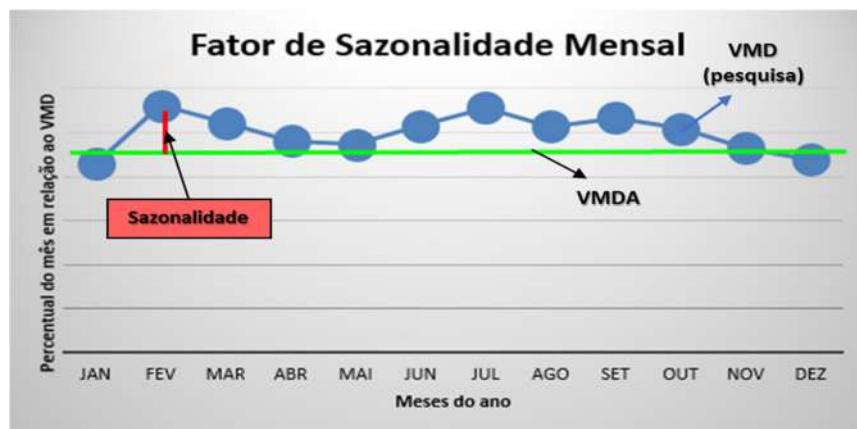


Figura 28: Ilustração do Fator de Sazonalidade Mensal

Neste caso do exemplificado no gráfico, o VMD de pesquisa foi 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 VMD, 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. O único local de contagem com série histórica adequado para as rodovias em estudo foi o PNCT da BR-135 na altura do quilometro 591, na cidade de Corrente/PI, apresentado na Figura 29

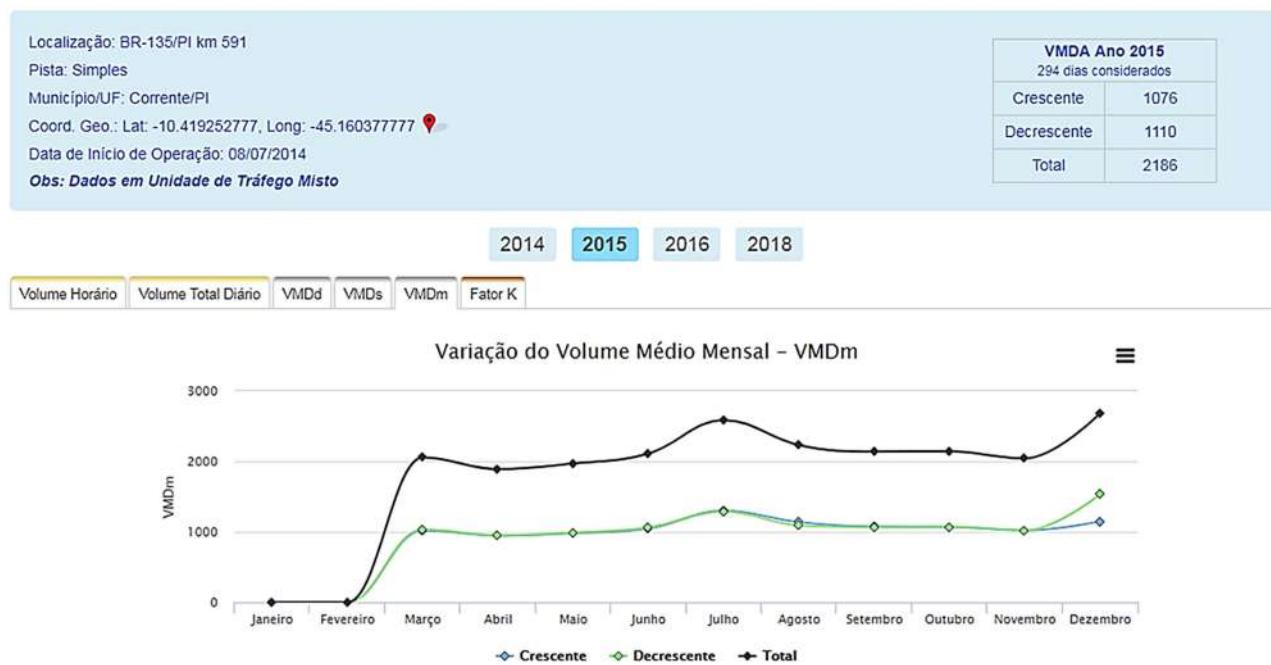


Figura 29: PNCT de Corrente/PI - BR-135 km 591

Observa-se que neste ponto o comportamento do tráfego apresenta um pico com início no mês de junho, com ápice no mês de julho e reduzindo em agosto, mês de realização das pesquisas.

Ao adotarmos o comportamento evidenciado acima para realização da correção sazonal das pesquisas o volume absoluto seria reduzido, dado que, de acordo com o gráfico, o mês de agosto ainda apresenta um dos maiores volumes de tráfego do ano, diferentemente do que foi

levantado junto aos moradores, produtores e empresas do agronegócio instaladas na região. Assim concluímos que os dados do PNCT do km 591 evidenciam um comportamento do tráfego diferente da região em questão.

Portanto, uma vez não dispondo de dados adequados e devido à ausência de outros dados de tráfego na região, utilizou-se, então, como indicador para Fc a série histórica da produtividade mensal de soja e milho do estado do Piauí. Ou seja, uma particularidade econômica da região.

Este é o indicador mais ajustado para a correção, pois a rodovia é cercada de diversos municípios produtores de grãos e que consequentemente impactam no tráfego.

Na Tabela 6 estão os dados da produção de soja e milho, segundo IBGE, entre 2010 e 2019. Nota-se que historicamente os meses de janeiro a abril são os de maior produção, enquanto o último trimestre fica abaixo da média do ano. Lembrando que os dados do mês estão relacionados à média do ano.

Tabela 6: Produção mensal da soja e milho de 1º safra em relação à média anual nos últimos 10 anos.

MÊS	PRODUÇÃO SOJA									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
JANEIRO	123,9%	101,0%	112,9%	166,1%	120,5%	112,8%	185,1%	102,7%	95,8%	106,1%
FEVEREIRO	123,9%	101,0%	112,9%	166,1%	120,5%	104,4%	188,6%	102,6%	95,8%	106,1%
MARÇO	101,7%	101,0%	114,3%	103,2%	109,3%	102,9%	142,1%	106,5%	101,5%	100,9%
ABRIL	101,7%	101,3%	102,0%	103,2%	109,3%	102,9%	142,1%	106,5%	101,5%	100,9%
MAIO	93,8%	101,4%	95,0%	84,5%	93,5%	100,6%	69,3%	99,5%	100,2%	100,7%
JUNHO	93,8%	99,4%	95,0%	84,5%	93,5%	100,6%	69,1%	99,5%	100,2%	100,7%
JULHO	93,8%	99,4%	95,0%	84,5%	93,5%	100,6%	69,1%	99,5%	100,2%	100,7%
AGOSTO	93,8%	99,3%	95,0%	81,6%	92,0%	95,1%	69,1%	96,7%	101,1%	96,8%
SETEMBRO	93,8%	99,3%	94,5%	81,6%	92,0%	95,1%	66,4%	96,7%	101,1%	96,8%
OUTUBRO	93,8%	99,3%	94,5%	81,6%	92,0%	95,1%	66,4%	96,7%	101,1%	96,8%
NOVEMBRO	93,0%	98,8%	94,5%	81,6%	91,9%	95,0%	66,4%	96,5%	100,7%	
DEZEMBRO	93,0%	98,8%	94,5%	81,6%	91,9%	95,0%	66,4%	96,8%	100,7%	

No mês referência das pesquisas, a saber agosto, para o ano de 2018 a produção ficou 1,1% acima da média anual (101,1%) enquanto em 2019, ano base das pesquisas, a produção ficou 3,2% abaixo da média (96,8%), considerando que os meses de novembro e dezembro a produção será igual ao mês de outubro, portanto este será o fator de correção sazonal ( $Fc = 0,968$ ) adotado para correção das pesquisas.

Logo, já com o fator de correção estabelecido, procede-se então para correção do VMD para VMDA da seguinte forma:

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

Onde:

**VMDA** = Volume Médio Diário Anual

**VMD** = Volume Médio Diário (média contagem)

**Fc** = Fator de correção

### 3.2.2 Obtenção do VHP (volume horário de projeto)

As avaliações de Nível de Serviço devem ser realizadas para a 50<sup>a</sup> hora de maior volume de tráfego, cuja determinação deve ser realizada 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 percentagem do Volume Médio Diário (VMD), 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-135/PI no km 591, localizado na cidade de Corrente, próximo ao município de Gilbués e Monte Alegre do Piauí, com um valor de Fator K de 10,7% do VMDA na hora de projeto para o sentido crescente e no sentido oposto um valor de 12,6%.

Tabela 7: Fator K BR-135/PI km 591 (PNCT)

Sentido	VMDA	Fator K				
		1 <sup>a</sup> hora	30 <sup>a</sup> hora	50 <sup>a</sup> hora	100 <sup>a</sup> hora	200 <sup>a</sup> hora
Crescente	1076	0.1803	0.1134	0.1078	0.1004	0.0939
Decrescente	1110	0.2369	0.1378	0.1261	0.1081	0.0946

Obs: 294 dias considerados

*Fator K = VH / VMDA*

### 3.3 OBTEÇÃO DA MATRIZ DE VIAGENS GERADAS PELO AGRONEGÓCIO E SUA EXPANSÃO

Este capítulo é um dos, senão o item mais importante desta seção de apresentação das metodologias de trabalho.

Em estudos usuais de tráfego com vista para viabilidade de uma concessão, por exemplo, têm-se uma realidade diferente deste, com, por exemplo, o tráfego já consolidado, regiões ao longo das rodovias já desenvolvidas e estabilizadas, enquanto que neste estudo tem-se uma situação ímpar que é a de prever qual o crescimento do tráfego em função das atuais áreas de cultivo e da potencial expansão delas.

E ainda, após as áreas chegarem nos respectivos limites da expansão, fatores de produção/produtividade podem ser alterados, melhorados, de modo a aumentar ainda mais o tráfego. Em resumo, foi necessário elaborar uma espécie de modelo de geração de viagens a partir das áreas em uso e potenciais.

Portanto, devido à forte característica de produção agrícola das áreas impactadas pelas rodovias Transcerrados e Palestina, a necessidade de se estudar as viagens geradas por essa atividade se mostrou evidente.

Para tanto, a consultora buscou estabelecer o total de viagens provocadas pelo cultivo da soja

e do milho a partir de taxas de produtividade e de insumos necessários por hectare produzido. Junto a isso, a Contratante forneceu o estudo realizado pela YBY AGRO (2014) onde, através de imagens satelitárias, foi feita uma análise das áreas já cultivadas e daquelas disponíveis para expansão agrícola. A região próxima à Rodovia objeto de estudo foi dividida em diversas áreas para melhor detalhamento dos resultados obtidos. Na Figura 30 a seguir verifica-se as referidas áreas consideradas.

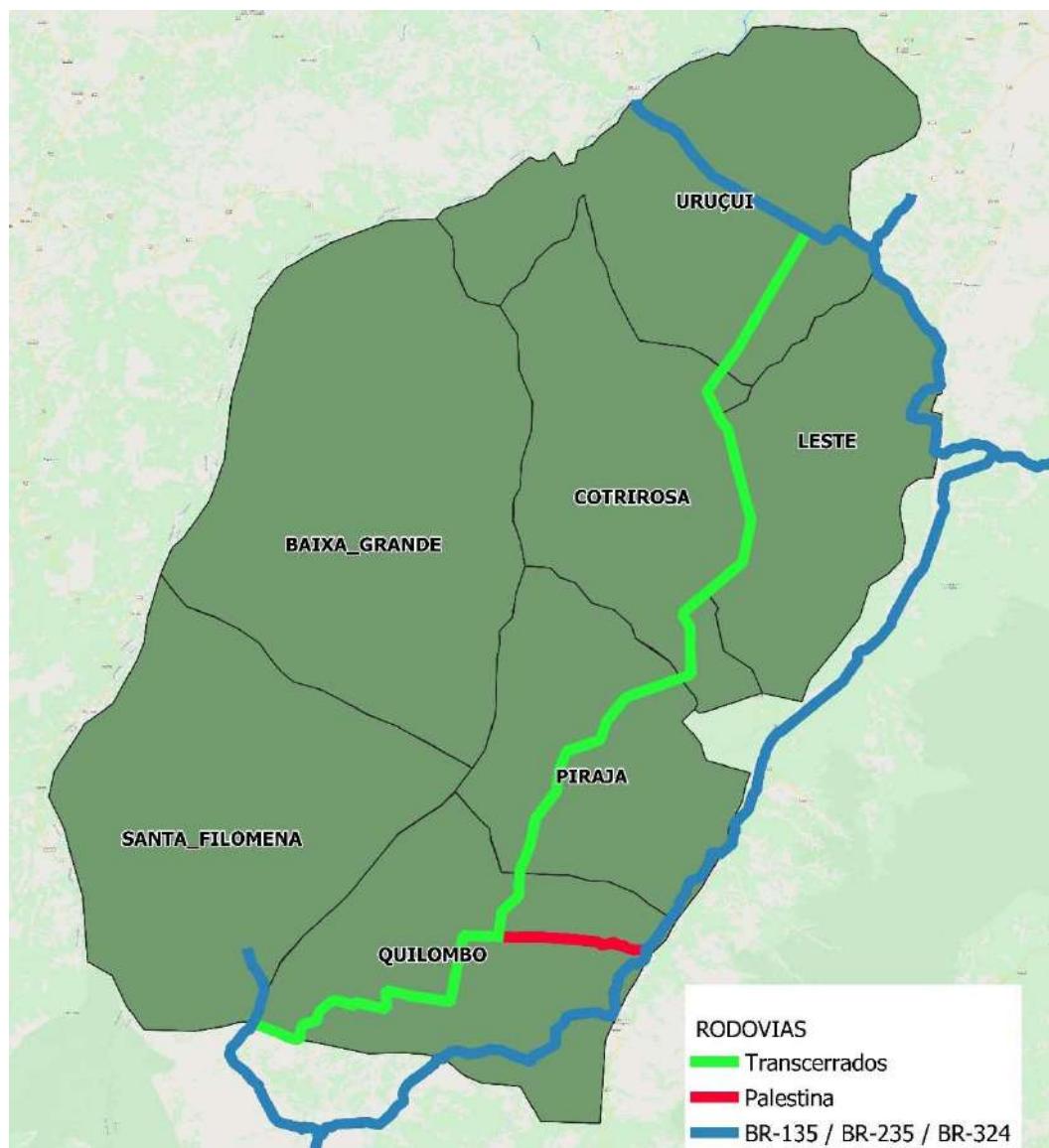


Figura 30: Divisão das áreas produtoras de grãos do Sul do Piauí (YBY AGRO, 2014 adaptado pelos autores)

Com os dados da ocupação de cada uma destas áreas produtoras, foi possível estabelecer a quantidade de viagens geradas de veículos pesados a serem alocadas na rede viária do

entorno.

Adicionalmente, buscou-se dados da série histórica de produção de soja e milho para o estado do Piauí junto aos sítios eletrônicos do IBGE, da CONAB e em entrevistas específicas com os produtores locais. Estes últimos também forneceram informações sobre os insumos necessários ao cultivo da terra. Todos esses dados foram parametrizados para taxas por hectare de área produtiva, em seguida convertidos em toneladas totais de matéria prima a transportar (grãos produzidos + insumos necessários aos cultivos) que foram então convertidos em volume de tráfego de veículos pesados. A seguir serão apresentados os dados utilizados juntamente com o passo a passo detalhado até a obtenção dos resultados finais.

### **3.3.1 Taxas de produção de soja e de milho por hectare**

Para obtenção desses dados, foram consultadas as seguintes fontes de dados:

- Série histórica de safras – CONAB (2019) [<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>]
- Levantamento sistemático da produção agrícola: Série histórica – IBGE (2019) [<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agrícola.html?=&t=resultados>]
- Entrevista com produtores locais, empresas do agronegócio e responsáveis da Aprosoja Piauí

Destas fontes foram obtidos os seguintes resultados de produção de soja e de milho por hectares:

- CONAB: 3.063 kg/ha de soja e 3.964 kg/ha de milho (1ª safra);
- IBGE: 3.387 kg/ha de soja e 4.256 kg/ha de milho (1ª safra);
- Produtores locais: 3.300 kg/ha de soja e 9.000 kg/ha de milho (1ª safra).

### **3.3.2 Insumos necessários à produção agrícola**

Além disso os produtores locais citaram as seguintes quantidades de insumos para os cultivos de soja e milho:

- Ssp: 450 kg/ha para a soja, o mesmo para o milho;
- Kcl: 150 kg/ha para a soja, 200 kg/ha para o milho;
- Ureia: 200 kg/ha para o milho;
- Calcário: 2.500 kg/ha para todas as terras cultivadas durante os meses de abril a novembro.

### **3.3.3 Taxas finais por hectare de produto a transportar para obtenção do tráfego gerado**

Essas taxas foram somadas (a de calcário convertida para um valor anual) e assim obteve-se a tonelada necessária a ser transportada gerada para cada hectare de terra produtiva. Embora dispondo de dados de várias fontes (IBGE, CONAB, Produtor), por segurança adotou-se a taxa do IBGE, assim temos:

- Soja: 4.820 kg/ha de matéria a transportar;
- Milho: 5.939 kg/ha de matéria a transportar.

Essas taxas compreendem a totalidade do ano e, portanto, resultam em um volume de tráfego anual. Ao dividir esse valor por 365, obtém-se o volume médio diário anual gerado pelas atividades agrícolas.

O mesmo procedimento também foi realizado para o milheto (milho de 2<sup>a</sup> safra) e sorgo, que complementaram essa geração.

### **3.3.4 Nota sobre a sazonalidade**

No que diz respeito a sazonalidade, sabe-se que há transporte na região todo o ano, seja transporte dos grãos ou insumos, porém, com picos bem definidos, que ocorre entre os meses de março a julho, período da colheita, a Figura 31 apresentada a seguir resume, de forma didática, o ano de produção no estado do Piauí.

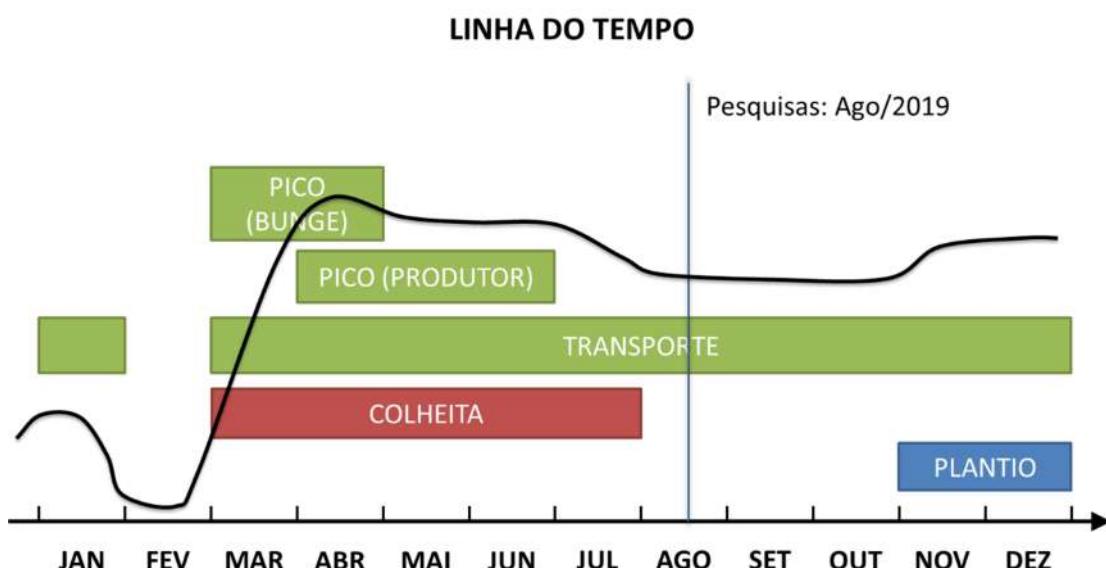


Figura 31: Variação do Fluxo em função de cada atividade

Sabe-se que o plantio dos grãos ocorre nos meses de novembro e dezembro e que a colheita ocorre entre março e julho (informações obtidas de entrevistas). Os grãos produzidos são transportados principalmente na época de sua colheita devido a um primeiro engajamento dos produtores com seus credores, ocorrendo, portanto, um pico de demanda por transporte no primeiro semestre do ano. Definir com exatidão a magnitude deste pico necessitaria, entretanto, a realização de pesquisas de tráfego nesta época do ano visto que não existem séries históricas ou quaisquer outras bases de dados disponíveis para tanto.

A Figura 32 apresenta a série histórica da produção de soja e milho nos últimos 10 anos segundo IBGE. Verifica-se que, de fato, no início do ano existe uma produção muito acentuada, já no mês de junho a produção começa a ficar na média e cai a partir de

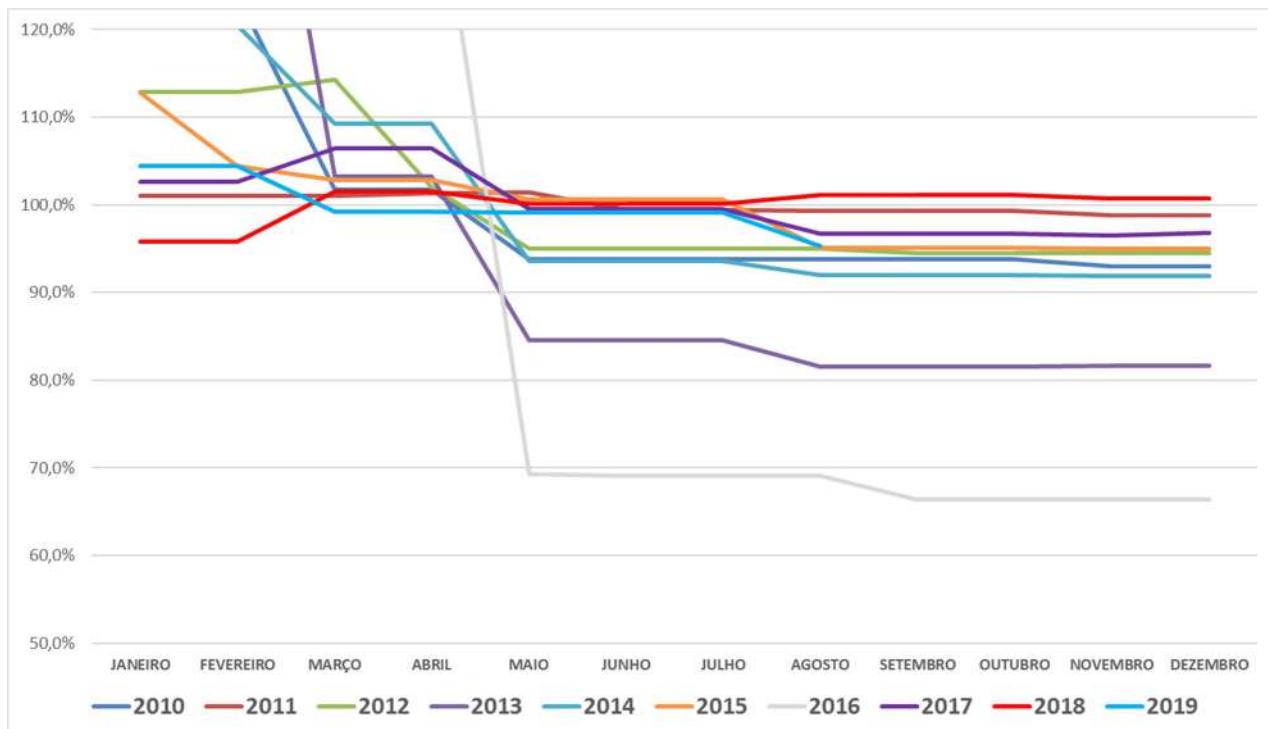


Figura 32: Produção de Soja e Milho no Piauí - fonte: IBGE

Assim, pode-se inferir que nos meses de maior da produção/colheita o tráfego tende a aumentar significativamente e ir reduzindo à medida que a atividade agro vai entrando nas etapas de estoque, plantio e vazio sanitário. É importante ressaltar que os resultados foram obtidos já como média diária anual, i.e, o valor médio de tráfego de todos os dias de um ano que será observado na via. Visto que as pesquisas de tráfego foram realizadas em somente um mês do ano de 2.019, não é possível determinar com exatidão qual será a evolução dos volumes de tráfego ao longo de um ano típico ou de uma safra típica.

Sabendo disso, considerou-se que os dados obtidos pela geração de tráfego devem ser utilizados como Valores Médios Diários Anuais para composição do tráfego da rodovia analisada.

### 3.4 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 da calibração efetuada com o cenário atual de 2019 em função da produção anual local.

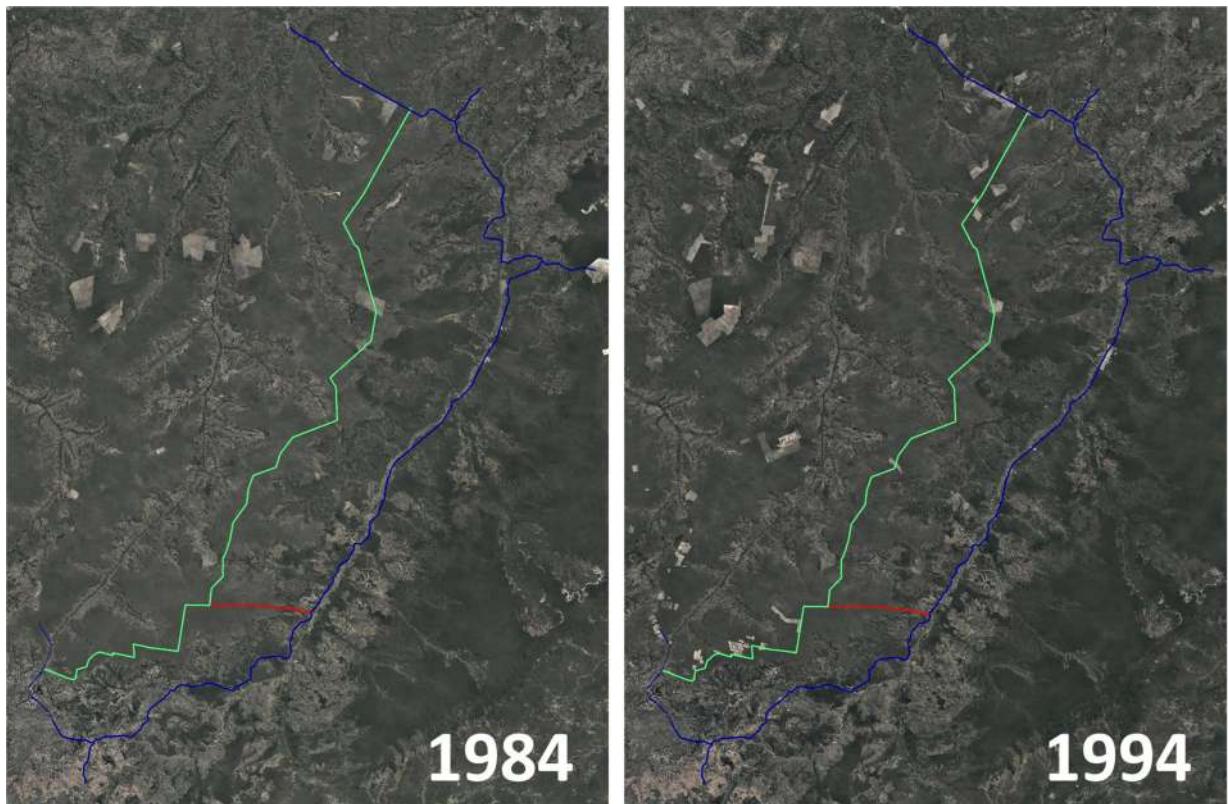
### 3.4.1 Expansão do Tráfego Anual

Antes de entrar propriamente dito nos cenários de alteração da demanda é importante mencionar ainda sobre os dados para expansão do tráfego para os próximos anos.

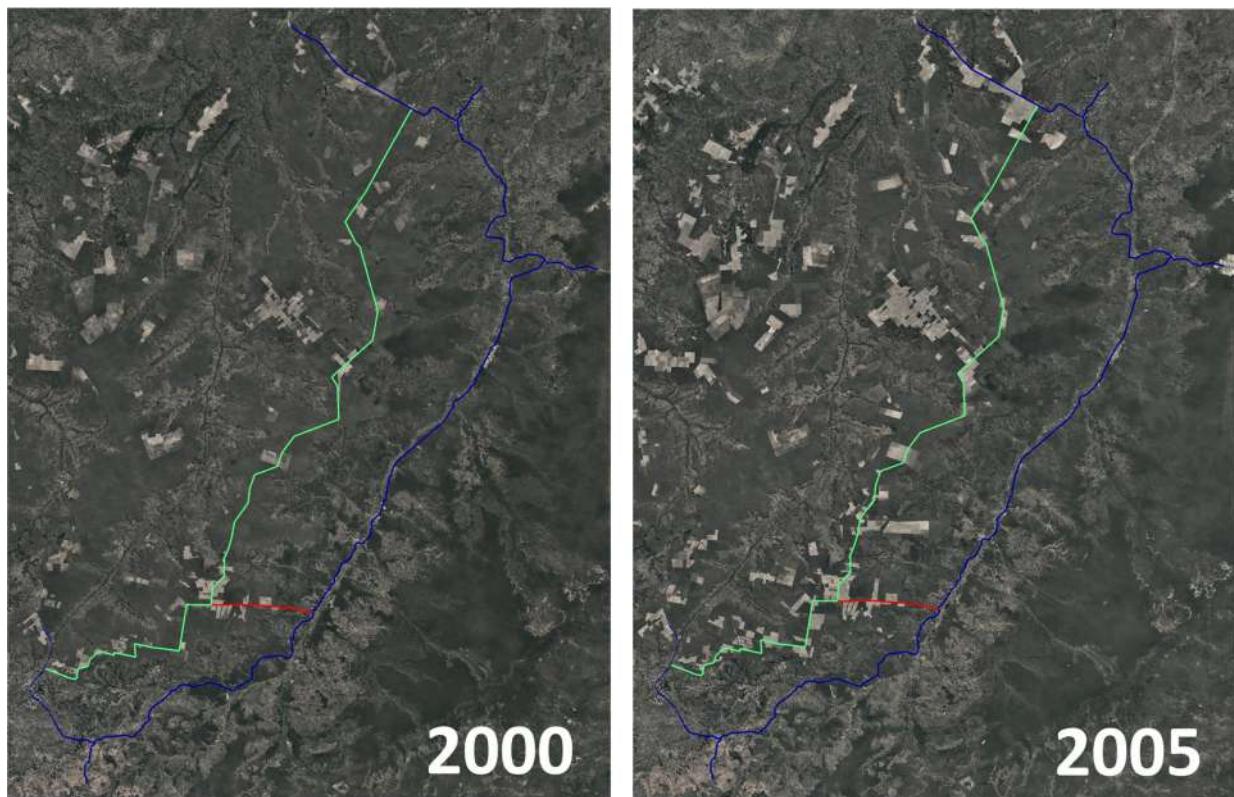
Devido à complexidade peculiar do tráfego das rodovias em questão, a taxa de crescimento do tráfego adotada foi atrelada à taxa de crescimento das áreas plantadas de soja previstas para a região Sul do Piauí.

É importante enfatizar que a região do Sul do Piauí compõe a região conhecida como MATOPIBA, que é formada pelos estados (ou parte deles) do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Esta região é conhecida atualmente como a última fronteira agrícola brasileira e tem se destacado muito na produção de grãos.

Estas áreas apresentaram forte expansão nos últimos anos. As imagens satelitárias a seguir ilustram isso:



Verifica-se que nos primeiros 10 anos entre 84 e 94 a região pouco se desenvolveu.



Dos anos 1994 até 2000 já se nota um maior crescimento nas áreas de produção, enquanto dos anos 2000 até 2005 houve um aumento significativo nas áreas de produção, sobretudo ao longo da Transcerrados.

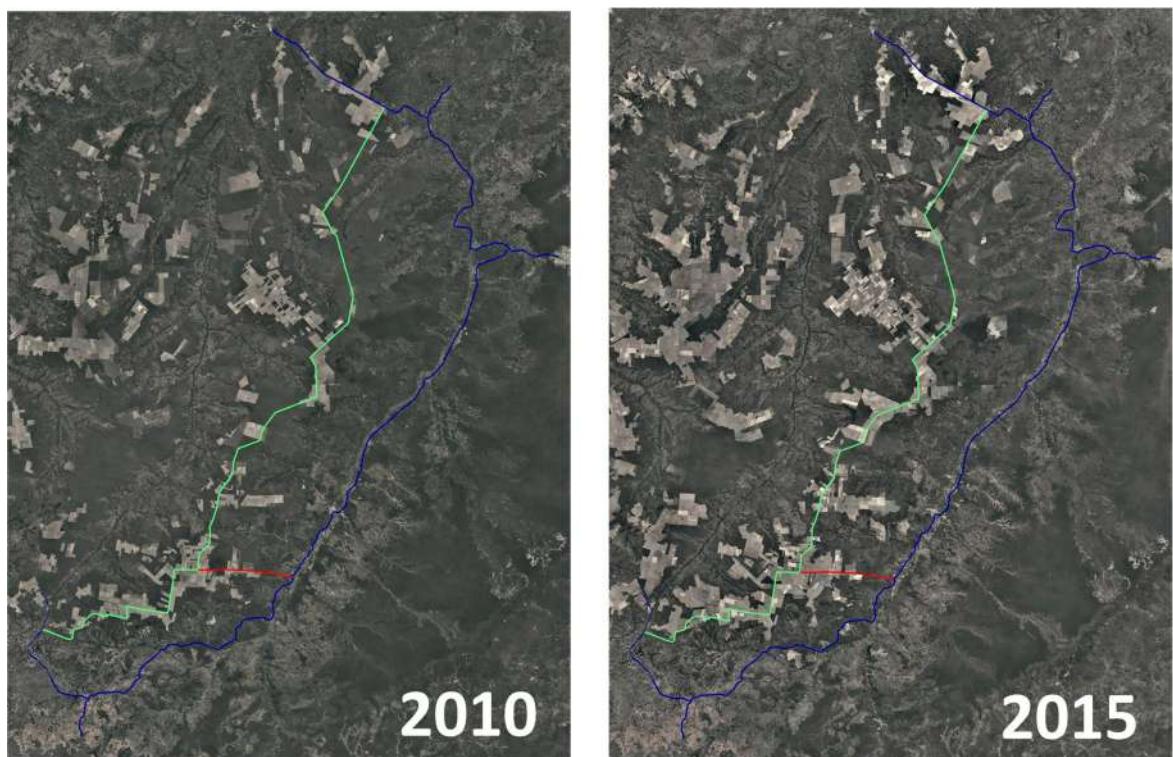


Figura 33: Evolução do uso do solo no Sul do Piauí. Todas as imagens correspondem ao mês de dezembro de cada ano (Fonte: Google Earth)

Como pode ser observado, a partir do início dos anos 2000 e com forte aumento a partir de 2010, a ocupação das áreas próximas a Transcerrados para destinação à agricultura teve avanço expressivo.

De acordo com os dados das áreas, estima-se que o crescimento entre 2005 e 2010 tenha sido

de aproximadamente 9% a.a.

Atualmente, já com algumas regiões de produção já consolidadas o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), prevê uma taxa de crescimento 3,4 % a.a. para os próximos 10 anos, i.e. de 2019 a 2029. (fonte: Projeções do Agronegócio Brasil 2018/19 a 2028/29 – Elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

Portanto, para o crescimento do tráfego e das áreas de expansão, essa foi a taxa foi aplicada para a evolução nos próximos anos até das áreas de cultivos apresentadas anteriormente na Figura 30.

Sabendo que durante a expansão das áreas de cultivo haverá um aumento do tráfego mais importante principalmente das viagens geradas pelas atividades agrícolas, foi feita a análise combinada desses dois dados para se definir para cada área o seu ano de saturação, e assim o ano limite do aumento expressivo do tráfego. A Figura 8 apresenta os respectivos anos de saturação de cada uma das regiões.

Tabela 8: Anos de saturação das áreas produtivas

Áreas	Ano de saturação
<b>Cotrirosa</b>	2034
<b>Leste</b>	2048
<b>Pirajá</b>	2035
<b>Santa Filomena</b>	2034
<b>Quilombo</b>	2030
<b>Uruçuí</b>	2037
<b>Baixa Grande do Ribeiro</b>	2032

A partir destas considerações, foram definidas as seguintes taxas de crescimento anual para a projeção do tráfego da rodovia:

- Veículos leves: 2% (projeção de crescimento do PIB)
- Veículos pesados até ano de saturação: 3,4% (Taxa de crescimento do Ministério da Agricultura)
- Veículos pesados após ano de saturação: 2%

A equação para expansão do tráfego considera um crescimento linear do tráfego conforme equaçã

o seguinte:

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

Onde n representa o ano futuro.

### 3.4.2 Cenário base

O cenário base e que será adotado para as premissas econômicas considera operações de praças de pedágio nos trechos 1,2 e 3 com início da concessão no ano de 2020, ou seja, ano 1.

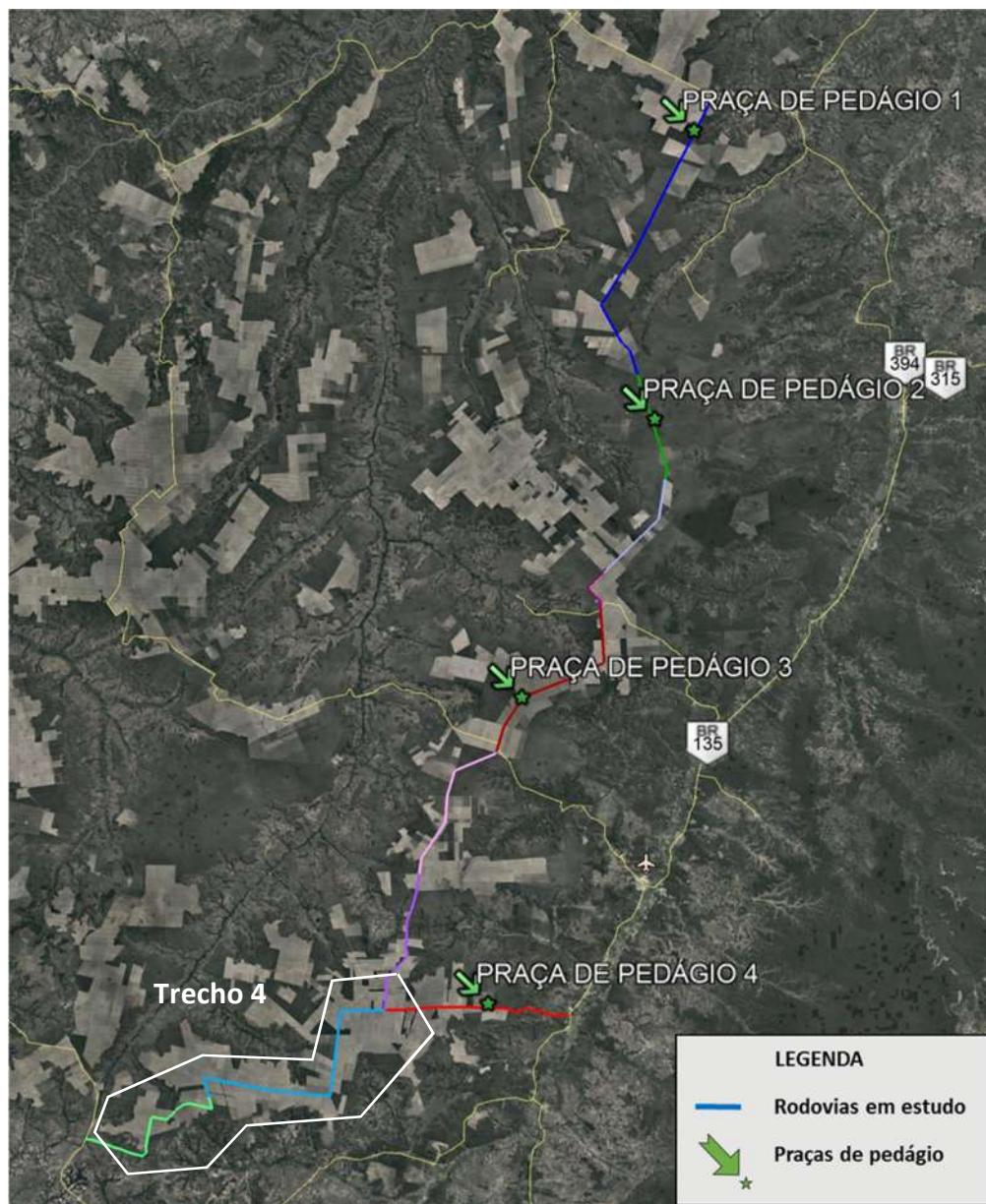


Figura 34: Localização das Praças de Pedágio – Cenário Base

Neste cenário foram inseridas praças nos segmentos 1,2 e 3 da Transcerrados, além de uma 4º praça na Palestina. Daqui em diante o trecho 4, demarcado na cor branca, foi excluído, pois apresentou baixo volume de tráfego. Ainda neste cenário, o Governo do Estado do Piauí terá

terminado a pavimentação do trecho 1 e, portanto, já poderão estar em operação, logo após o término das obras, as Praças de Pedágio 1, 2 e 4.

Em 2021 as obras no trecho 2 se iniciariam e findariam em 2022, o que permitirá o início da operação da Praça de Pedágio 3.

A partir deste ano e seguindo a projeção feita pelo Ministério da Agricultura para o Piauí, adotou-se uma taxa de crescimento de tráfego de veículos comerciais de 3,4% a.a. e uma taxa de crescimento considerada natural de 2% a.a. para veículos leves. Seguindo o realizado por YBY AGRO, observou-se que a região no entorno da Rodovia Transcerrados alcançará sua saturação com esta taxa de crescimento da área plantada por volta do ano de 2034. A partir deste ano, portanto, adotou-se a taxa de crescimento natural para todas as categorias de veículos.

### **3.4.3 Cenário otimista**

Este é o cenário que considera, segundo a série histórica de crescimento das áreas de produção demonstrada no 3.4.1, um crescimento exponencial seguindo a mesma proporção dos anos 2000. Assim este cenário, denominado “otimista” considera um crescimento acentuado das regiões e consequentemente do tráfego devido a pavimentação da rodovia analisada.

A taxa de crescimento adotada foi de 9% a.a. a partir de 2022 (ou seja, dois anos após a concessão e fim da pavimentação, simulando uma espécie de consolidação da rodovia.) para leves e pesados, durando 10 anos, isto é, indo até o ano 12 da concessão (2031) e em seguida adotou-se a taxa de crescimento natural de 2% a.a.

### **3.4.4 Cenário pessimista**

Segundo Banco Mundial (2013), as mudanças climáticas devido ao aumento dos Gases de Efeito Estufa na atmosfera podem causar impactos significativos ao setor de agricultura do Brasil. A soja pode ser bastante impactada devido às previsões de aumento da temperatura média sendo que o Sul do Piauí é identificado como área adequada à plantação de soja com alto risco de impactos das mudanças climáticas. Reforça-se que a região já trabalha com menos água para o cultivo da soja e do milho que as regiões produtoras do Centro-Oeste

brasileiro. É previsto um aumento das áreas plantadas para a soja, mas que crescerão menos devido às mudanças climáticas que reduzirão a área disponível para expansão agrícola. O estudo cita uma possível queda de 7% da produção de grãos para o Piauí em 2030 em relação ao cenário de referência sem os impactos ambientais.

Além disso, no cenário base se utilizou para a soja a taxa de produtividade por hectare para todos os anos da concessão igual àquela da safra 2018/2019. Se for utilizada a série histórica da CONAB para se obter a evolução nas últimas décadas desta taxa de produção, obtém-se uma redução de 10,8%. Isto acarreta numa queda do tráfego de 5,94% para veículos comerciais pesados e 1,70% para veículos comerciais leves no tráfego que cruzará praças de pedágio.

Se somar a esta queda o previsto devido às mudanças climáticas, têm-se uma redução total de 17,8% da produção de soja. A fim de se obter um cenário conservador, pode-se considerar esse impacto em todo o tráfego do trecho (não somente para o tráfego da soja) e uma taxa de crescimento reduzida ao crescimento natural já apresentado.

Portanto, neste cenário, a taxa de crescimento considerada será de 1,2% a.a.

### **3.5 OBTENÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO**

Após as definições de cenários avaliados procedeu-se para a obtenção da matriz origem-destino do ano base, ou seja, 2019.

Como exposto em capítulos anteriores, na PI-397/PI-262 foram realizadas pesquisa de Origem e Destino em três pontos da rodovia BR-135 e em um ponto da BR-324 conforme apresentado na Figura 24.

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

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

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

Onde:

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

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

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

Tabela 9: 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 Piauí;
- Segundo nível: mesorregiões limítrofes ao Estado do Piauí segundo classificação do IBGE;
- Terceiro nível: Unidades da Federação das regiões Sudeste e Nordeste mais o estado do Piauí excluídos os territórios das mesorregiões do segundo Nível;
- Quarto nível: regiões Norte (exceto Tocantins), Centro-Oeste e Sul.

A Figura 35 apresenta um breve detalhe do zoneamento adotado.



Figura 35: Detalhe para o zoneamento adotado

### 3.6 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:

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

A variável resposta  $Y$  tem distribuição Bernoulli  $(1, \pi)$ , com probabilidade de sucesso  $P(Y_i = 1)$

e de fracasso  $P(Y_i = 0) = 1 - \pi_i$ . Desta forma:

$$(Y_i) = \pi_i$$

Igualando-se os valores de  $Y_i$ , temos:

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

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:

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

Onde  $\beta_i$  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  $\beta$ , contínua e que pode variar de  $-a + \infty$ :

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

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 36 apresenta a função logística com o seu característico formato em 'S' e a relação linear entre uma única variável  $x$  e o Logit  $g(x)$ .

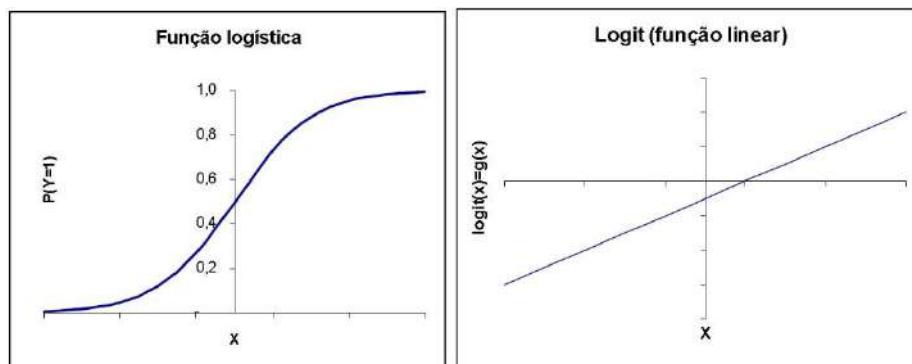


Figura 36: Função logística e a relação logística

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 3<sup>a</sup> 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:

$$\Delta U = \ln\left(\frac{1}{Prob_A} - 1\right)$$

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<sup>2</sup>) 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  $\alpha$  (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  $\alpha$ .
- **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:

Ema% = erro médio absoluto percentual;

Xri = Medida real;

Xci = Medida obtida a partir do modelo calibrado;

### 3.7 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 F. O limite entre os níveis de serviço 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 37

- **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 comece 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 f

orçada, com velocidades muito baixas e formação de fias.

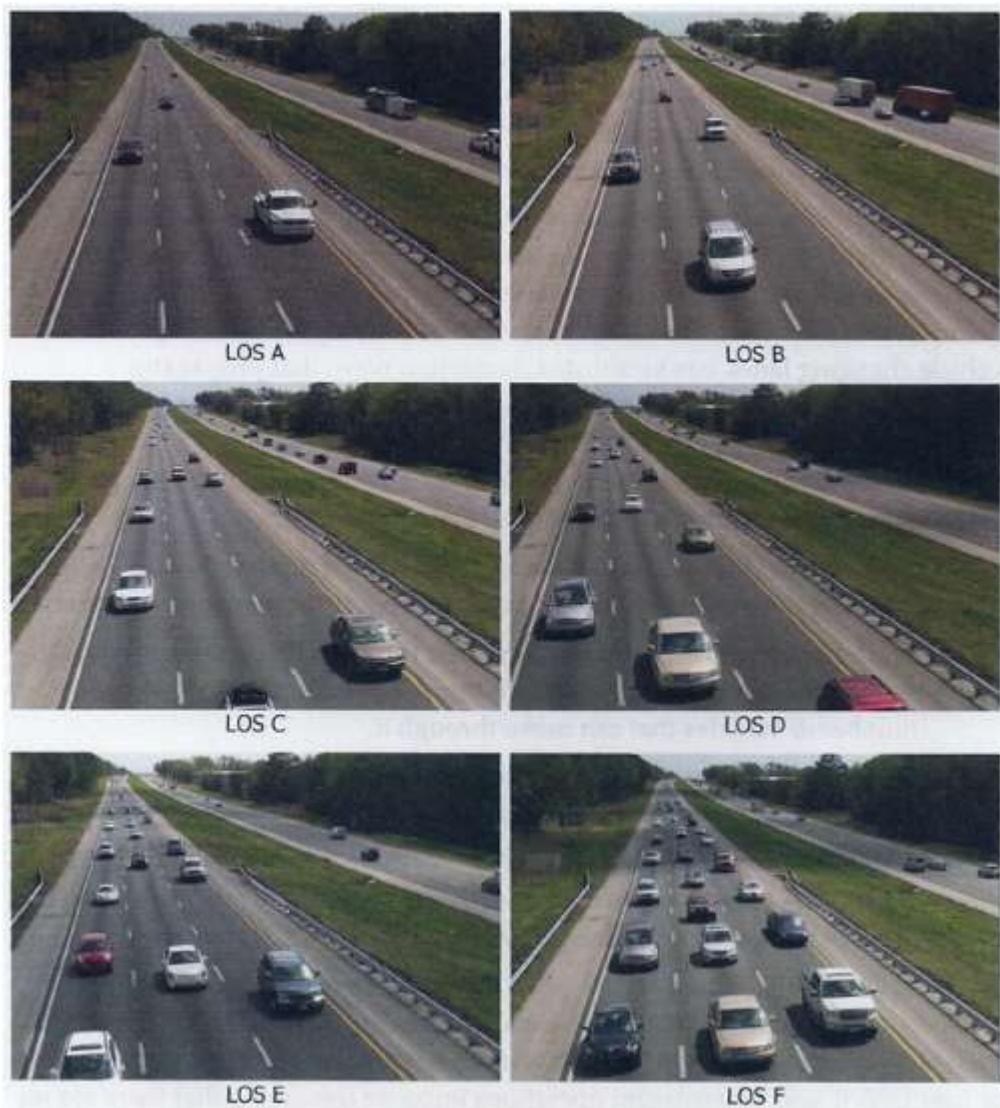


Figura 37: Situações em uma rodovia respectivas aos diferentes níveis de serviço do HCM

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 prevalecentes, mais restritivas do que as condições ideais. A aplicação do método para as condições prevalecentes 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

### 3.7.1 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.

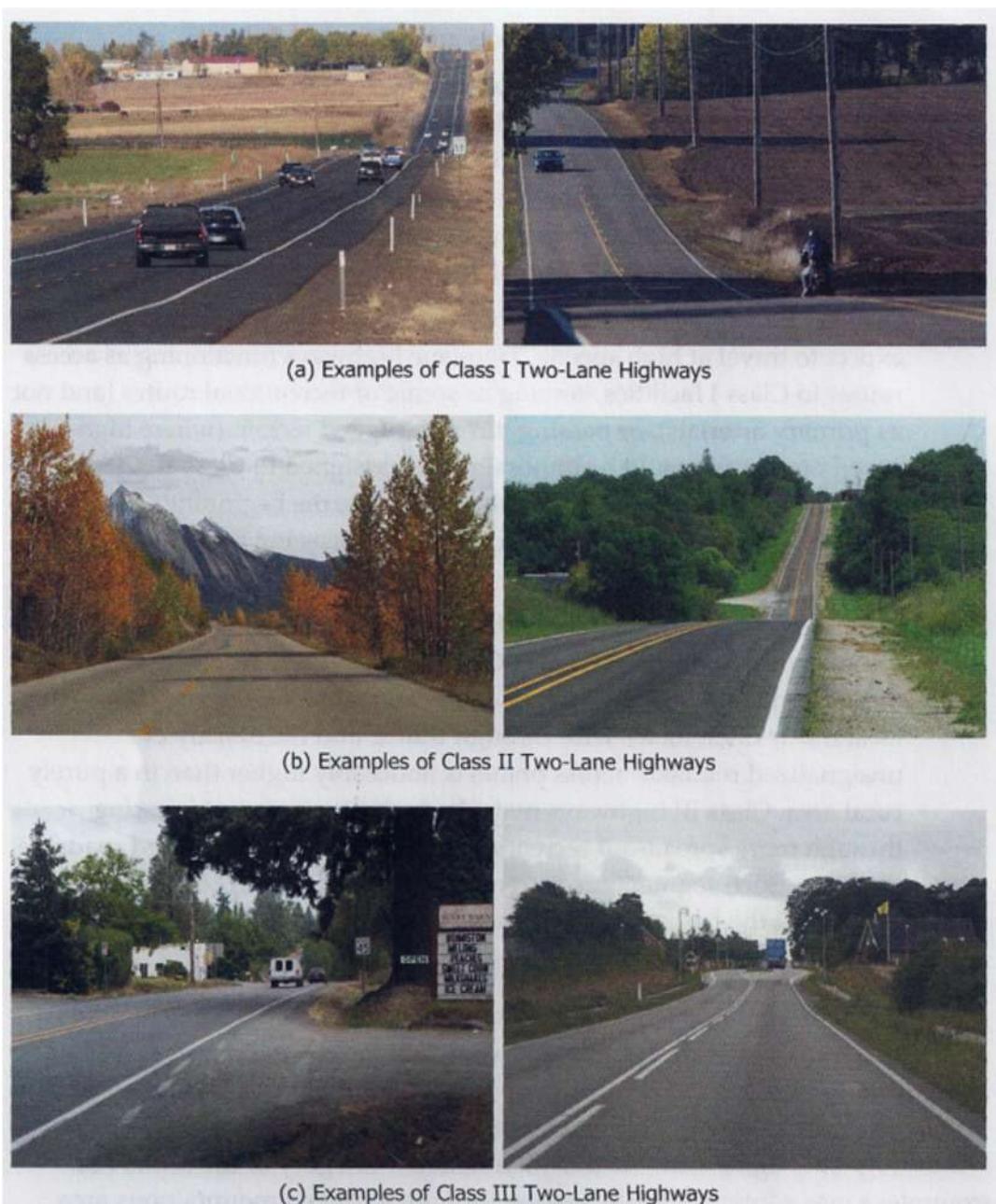


Figura 38: Exemplos de rodovias de duas faixas com sentidos de tráfego contrários

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  $\geq 12$  ft ( $\approx 3,66$  m);
- Largura do acostamento  $\geq 6$  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 10 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 10: 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
<b>A</b>	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>B</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.
<b>C</b>	A maioria dos veículos trafega em pelotões, velocidades reduzidas.		
<b>D</b>	Significante aumento da formação de pelotões. Aumento da demanda para ultrapassagens mas a capacidade para isso se aproxima de zero.	Significante queda da velocidade.	
<b>E</b>	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> .	
<b>F</b>	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 11: Parâmetros para avaliação do Nível de Serviço

ATS	<p><b>Average Travel Speed: Velocidade Média de Viagem</b></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><b>Percent Time-Spent-Following: Percentual do Tempo Gasto Seguindo</b></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><b>Percent of Free-Flow Speed: Percentual da Velocidade de Fluxo Livre</b></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 12: Parâmetros utilizados para a determinação do nível de serviço para as diferentes classes de rodovias de pista simples

Classe da rodovia	Critérios	Medidas utilizadas
Classe I	velocidade e conforto	ATS e PTSF
Classe II	conforto	PTSF
Classe III	velocidade próxima da velocidade limite	PFFS

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

Tabela 13: Limites para determinação do Nível de Serviço em rodovias de pista simples

LOS	Class I Highways		Class II Highways PTSF (%)	Class III Highways PFFS (%)
	ATS (mi/h)	PTSF (%)		
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

### 3.7.2 Cálculo dos Níveis de Serviço por patamares

Neste trabalho foi empregado o método do cálculo dos patamares de Nível de Serviço baseado nas características geométricas dos trechos e da composição do tráfego médio diário anual de cada segmento.

São definidos os valores de VMDA limítrofes de cada patamar de NS explanados acima e a partir destes valores se obtém o respectivo NS de cada trecho.

## 3.8 ESTIMATIVA DE NÚMERO N

### 3.8.1 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.

### 3.8.2 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.

### 3.8.3 Metodologia empregada

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

- Volume Médio Diário anual (VMD) e classificação da frota;
- Carregamento da frota;
- Fator de equivalência de carga;
- Número equivalente “N”.

O VMD 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.

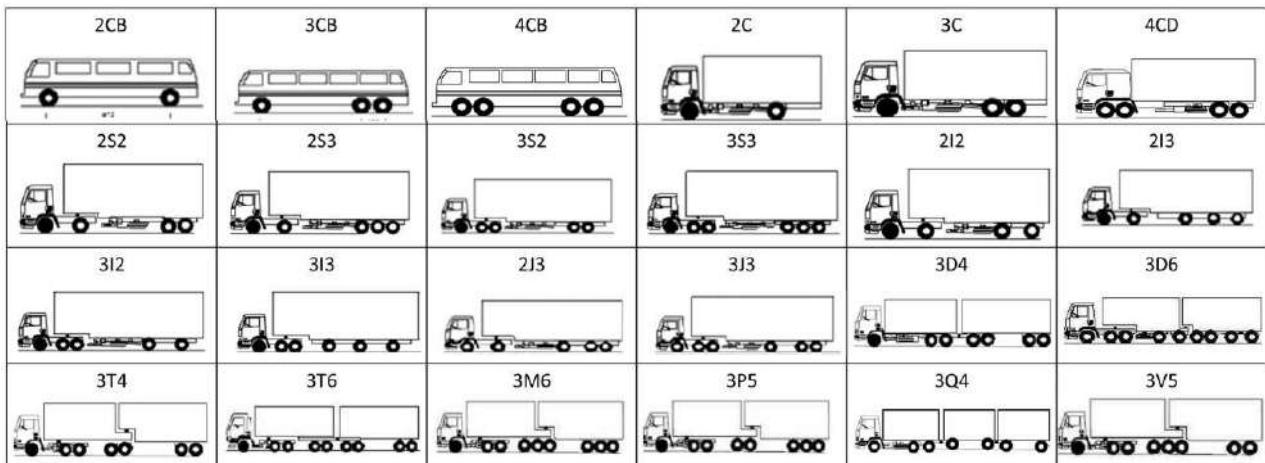


Figura 39: Classificação dos veículos de carga

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 14: Fatores de equivalência de carga da AASHTO

<b>Tipos de eixo</b>	<b>Equações (P em tf)</b>
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 15: Fatores de equivalência de carga da USACE

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

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 16 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 16: 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 17.

Tabela 17: Fator climático regional

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

Fonte: BRASIL, 1996

## 4 VOLUMES DE TRÁFEGO ATUAL

A seguir são apresentados os resultados das contagens realizadas (Figura 40 - VMD) de forma esquemática.

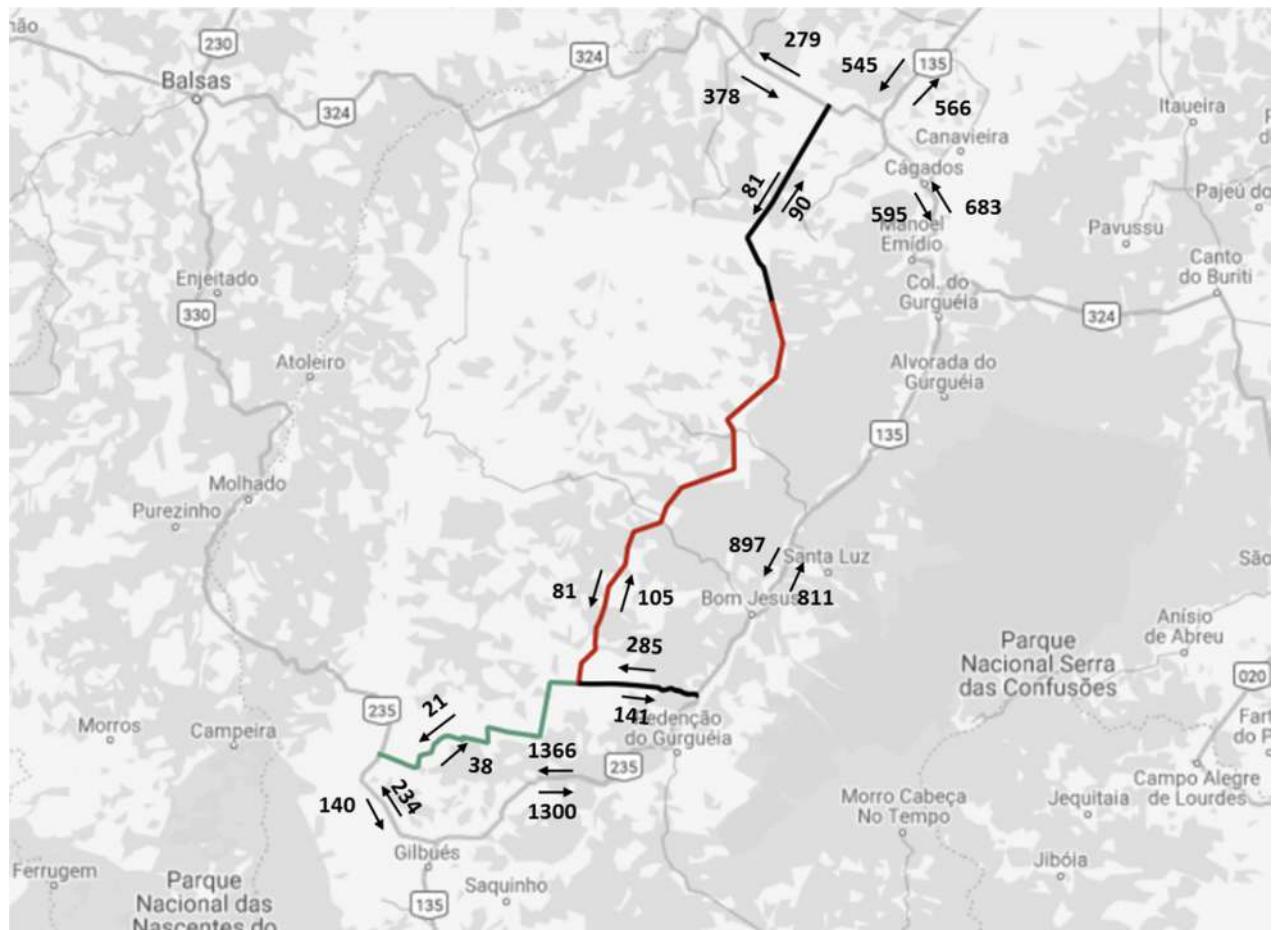


Figura 40: VMD contabilizados nas rodovias

Uma vez que as pesquisas realizadas aconteceram em agosto, isto é, fora do pico da safra foi adotado o devido fator de correção (Fc) para realização da correção sazonal, implicando então nos resultados apresentados na Figura 41 a seguir.

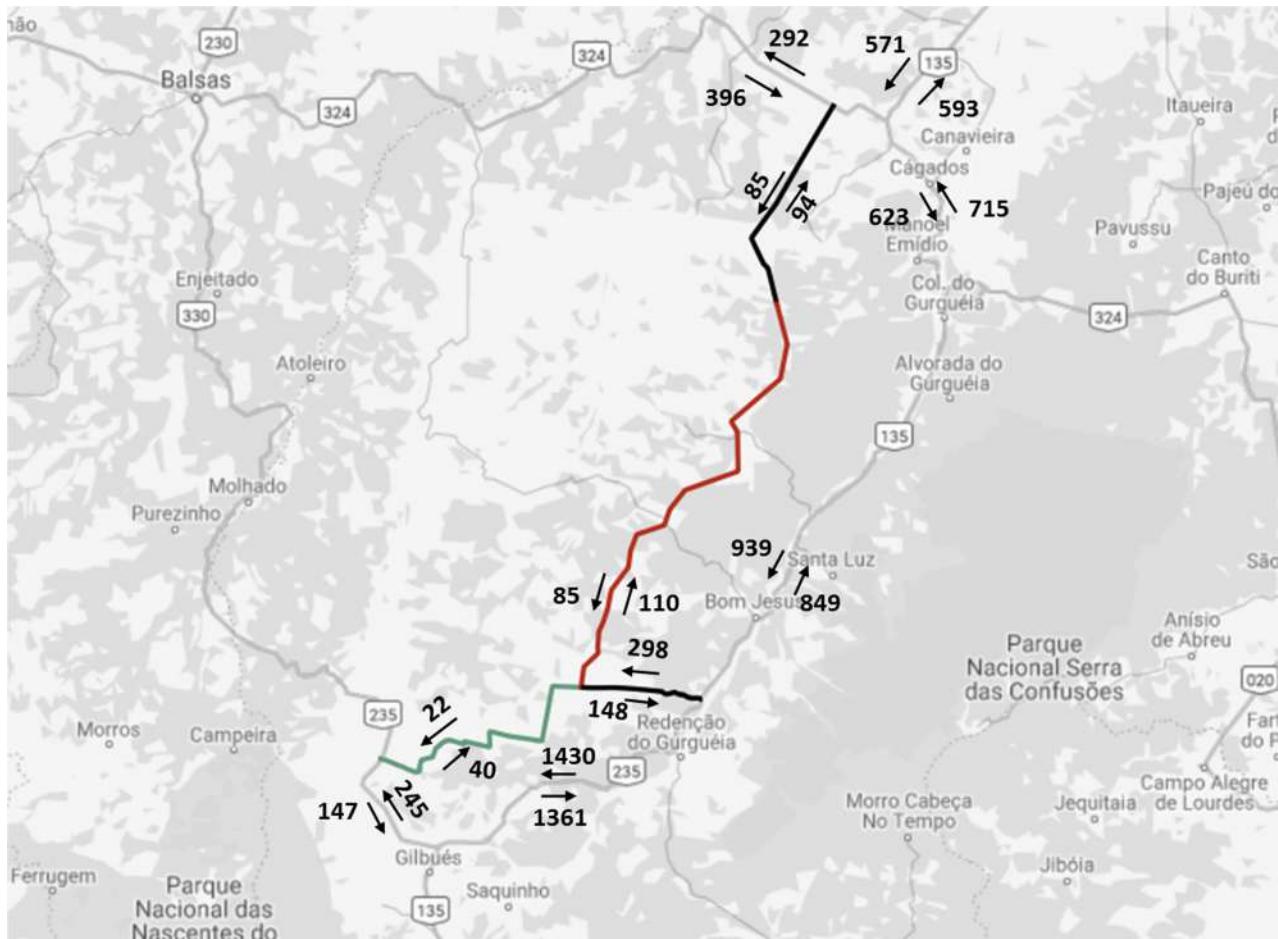


Figura 41: VMDA corrigido com Fc

No entanto, conforme já explicado, estimou-se também o potencial tráfego das rodovias PI-397 (Transcerrados) e PI-262 (Palestina) a partir das áreas de produção e da produtividade real da safra, de acordo com o item 3.3 e os resultados serão apresentados no capítulo 7.5. Esta definição se fez mister, em função da peculiaridade econômica da região ao longo do ano e da aderência da volumetria de tráfego com este comportamento.

## 5 MATRIZ ORIGEM DESTINO DA REGIÃO SUDESTE DO PIAUÍ

### 5.1 MATRIZ ORIGEM-DESTINO BASE

As principais Origens e Destinos da rodovia estão verificadas nas tabelas seguintes, onde se têm os 10 maiores valores verificados das viagens da matriz. Foram contabilizadas ao todo 5.009 viagens diárias de veículos de passeio, 612 viagens de veículos comerciais leves e 634 viagens de veículos de carga, contabilizando-se assim 6.255 viagens diárias nas rodovias BR-135/BR324 nos dois pontos de pesquisa realizados.

Tabela 18: Principais origens e destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos leves)

#### MATRIZ PASSEIO

ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
<b>GILBUÉS</b>	Monte Alegre do Piauí	1	17%	857
	Uruçuí	2	15%	731
	Gilbués	3	13%	639
<b>BERTOLÍNIA</b>	Bertolínia	4	5%	229
<b>REDENÇÃO DO GURGUEIA</b>	Redenção do Gurgueia	5	4%	188
<b>BOM JESUS</b>	Redenção do Gurgueia	6	3%	169
<b>BERTOLÍNIA</b>	Sebastião Leal	7	3%	152
<b>CORRENTE</b>	Monte Alegre do Piauí	8	2%	86
<b>REDENÇÃO DO GURGUEIA</b>	Bom Jesus	9	2%	82
<b>GILBUÉS</b>	Gilbués	10	2%	76

Tabela 19: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais leves)

#### MATRIZ COMERCIAIS LEVES

ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
<b>SÃO RAIMUNDO NONATO</b>	Corrente	1	9%	55
	Extremo Oeste Baiano	2	7%	43
<b>BOM JESUS</b>	Curimatá	3	6%	37
<b>SÃO GONÇALO DO GURGUEIA</b>	Bom Jesus	4	6%	35
<b>CORRENTE</b>	Santa Filomena	5	5%	32
<b>CORRENTE</b>	Bom Jesus	6	5%	31
<b>URUÇUÍ</b>	Uruçuí	7	4%	24
<b>BOM JESUS</b>	Redenção do Gurgueia	8	3%	21

<b>GILBUÉS</b>	Monte Alegre do Piauí	9	2%	15
<b>CENTRO-OESTE</b>	CE	10	2%	13

Tabela 20: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais pesados)

#### MATRIZ COMERCIAIS PESADOS

ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
<b>RN</b>	Extremo Oeste Baiano	1	12%	77
<b>BOM JESUS</b>	Curimatá	2	5%	33
<b>URUÇUÍ</b>	Uruçuí	3	5%	29
<b>URUÇUÍ</b>	Bom Jesus	4	4%	27
<b>BERTOLÍNIA</b>	Uruçuí	5	4%	25
<b>CORRENTE</b>	Bom Jesus	6	3%	18
<b>GILBUÉS</b>	Curimatá	7	3%	18
<b>GILBUÉS</b>	Ribeira do Piauí	8	3%	18
<b>BERTOLÍNIA</b>	MA	9	2%	14
<b>TERESINA</b>	Bom Jesus	10	2%	13

Como pode ser visto nas tabelas anteriores, a maior parte das viagens são caracterizadas por viagens curtas como, por exemplo, Gilbués >> Monte Alegre do Piauí e Redenção do Gurgueia >> Bom Jesus.

#### 5.2 MATRIZ ORIGEM-DESTINO BASE DAS VIAGENS GERADAS PELAS ATIVIDADES DO AGRONEGÓCIO

Conforme explicitado no item 3.3, as atividades agrícolas correspondem por grande parte do tráfego da Rodovia Transcerrados e Palestina. É importante estabelecer então a geração de tráfego e a sua distribuição.

Considerou-se as seguintes matrizes OD para as três categorias de veículos consideradas. Aqui só estão apresentados os pares mais expressivos.

Tabela 21: Principais origens e destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos leves)

#### MATRIZ PASSEIO

ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
URUÇUÍ	Uruçuí	1	7%	7
	Palmeira do Piauí	2	7%	7
	Uruçuí	3	7%	7
PALMEIRA DO PIAUÍ	Palmeira do Piauí	4	6%	7
	Uruçuí	5	6%	6
BOM JESUS	Bom Jesus	6	6%	6
	Palmeira do Piauí	7	6%	6
URUÇUÍ	Bom Jesus	8	6%	6
	Bom Jesus	9	5%	6
PALMEIRA DO PIAUÍ	Currais	10	4%	4

Tabela 22: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais leves)

#### MATRIZ COMERCIAIS LEVES

ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
MA	Uruçuí	1	5%	5
	MA	2	5%	5
	Palmeira do Piauí	3	4%	5
PALMEIRA DO PIAUÍ	MA	4	4%	5
	Bom Jesus	5	4%	5
BOM JESUS	MA	6	4%	5
	Uruçuí	7	4%	4
SEBASTIÃO LEAL	Sebastião Leal	8	4%	4
	Palmeira do Piauí	9	4%	4
URUÇUÍ	Sebastião Leal	10	4%	4
SEBASTIÃO LEAL				
PALMEIRA DO PIAUÍ				

Tabela 23: Principais origens de destinos verificados para a BR-135/BR324 (veículos comerciais pesados)

#### MATRIZ CP

ORIGEM	DESTINO	Ordem	%	Viagens
MA	Uruçuí	1	5%	35
	MA	2	5%	35
	Palmeira do Piauí	3	4%	34
PALMEIRA DO PIAUÍ	MA	4	4%	34
	Bom Jesus	5	4%	31
BOM JESUS	MA	6	4%	31
	Uruçuí	7	4%	30



**URUÇUÍ  
SEBASTIÃO LEAL  
PALMEIRA DO  
PIAUÍ**

Sebastião Leal	8	4%	30
Palmeira do Piauí	9	4%	30
Sebastião Leal	10	4%	30

## 6 CALIBRAÇÃO DO MODELO LOGIT

### 6.1 RESULTADOS DO MODELO

Para calibração do modelo Logit, estimou-se primeiramente um modelo com a aplicação de todas as variáveis: pavimentação, sinalização, existência de terceira faixa (via) e tarifa.

Como condições da rota de desvio e pedagiada são variáveis qualitativas (categóricas) nominais, estas foram inseridas como variáveis *dummy* na equação de acordo com a Tabela 24.

Tabela 24: Codificações das variáveis *dummy*

Pavimentação		Sinalização		Via	
Pavimento bom	1	Bom	1	Existência de 3 <sup>a</sup> faixa	1
<b>Sem pavimento ou ruim</b>	0	Ruim ou inexistente	0	<b>Inexistência de 3<sup>a</sup> faixa</b>	0

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 25, as variáveis pavimentação, sinalização e via não passaram no teste de 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 25: Análise de regressão com todas as variáveis

RESUMO DOS RESULTADOS									
Estatística de regressão									
R múltiplo	0,32310333								
R-Quadrado	0,104395762								
R-quadrado ajustado	0,06224968								
Erro padrão	1,371313401								
Observações	90								
ANOVA									
	gl	SQ	MQ	F		F de significação			
Regressão	4	18,63198369	4,657995922	2,476998043	2,47901547	0,05015115			
Resíduo	85	159,8425378	1,880500445						
Total	89	178,4745215							
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%	
Interseção	0,917581979	0,352417814	2,603676497	1,6629785	0,0108828	0,21688095	1,618283009	0,21688095	1,618283009
PAVIMENTO	0,24072975	0,321852516	0,747950499	1,6629785	0,456554425	-0,399199279	0,880658779	-0,399199279	0,880658779
SINALIZAÇÃO	-0,094557461	0,306928763	-0,308076245	1,6629785	0,758778005	-0,70481407	0,515699148	-0,70481407	0,515699148
TARIFA	-0,126304753	0,044542428	-2,83560547	1,6629785	0,005715017	-0,214867033	-0,037742472	-0,214867033	-0,037742472
VIA	-0,254800288	0,28976632	-0,879330241	1,6629785	0,381701421	-0,830933363	0,321332787	-0,830933363	0,321332787

Diante dessa análise, descarta-se o uso destas variáveis. Neste sentido, foi estimado um novo

modelo somente com a variável tarifa.

Tabela 26: Análise de regressão variáveis selecionadas

RESUMO DOS RESULTADOS								
Estatística de regressão								
R múltiplo	0,298242415							
R-Quadrado	0,088948538							
R-quadrado ajustado	0,07859568							
Erro padrão	1,359309123							
Observações	90							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	1	15,87504773	15,87504773	8,591689556	0,004302235			
Resíduo	88	162,5994738	1,847721293					
Total	89	178,4745215						
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	0,8343813	0,262111668	3,183304682	0,002013283	0,313489439	1,355273161	0,313489439	1,355273161
TARIFA	-0,1280979	0,043702142	-2,931158398	0,004302235	-0,214946723	-0,041249076	-0,214946723	-0,041249076

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

$$Y(\text{Passeio}) = 0,83 - 0,13 \times P$$

Onde:

T =Tempo adicional em minutos na rota de desvio;

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 42, 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\$ 1,00 a R\$ 17,00.



Figura 42: 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.

$$\text{Tarifa ótima} = \arg \max R$$

Onde R é a função Receita, definida como:

$$R = \% \text{Prob}_A \times P$$

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<sub>A+B</sub> = Somatório do VMD 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 43.



Figura 43: Estimativa de tarifa ótima

Obteve-se, portanto, o valor de tarifa ótima de R\$11,80 com percentual de adesão de 34%.

É importante lembrar que esta adesão é de usuários da BR-135 e BR-324 locais onde foram realizadas as pesquisas OD. Portanto, podemos inferir que na possibilidade de pedágio na

Transcerrados e Palestina, 34% dos usuários das outras rodovias fariam a troca de rota, logicamente que se o valor da tarifa for reduzido a tendência de usuários propensos a mudar de rota é de aumentar. Por exemplo:

Valor da Tarifa	% Adesão
R\$ 5,10	55%
R\$ 7,00	48%
R\$ 8,00	45%

## 7 MODELAGEM DE REDE GEORREFERENCIADA

O processo de modelação 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* tradicional do mercado.

Para definição das zonas de tráfego, se tomou como insumo inicial a divisão política dos municípios, ajustando as condições próprias do projeto. A Figura 44, apresenta o zoneamento, ainda de forma macro, proposto com base nos limites territoriais dos municípios que definem a área de influência do projeto. Além do zoneamento, pode-se perceber em coloração mais escura, que representa as vias estudadas (Transcerrados e Palestina).

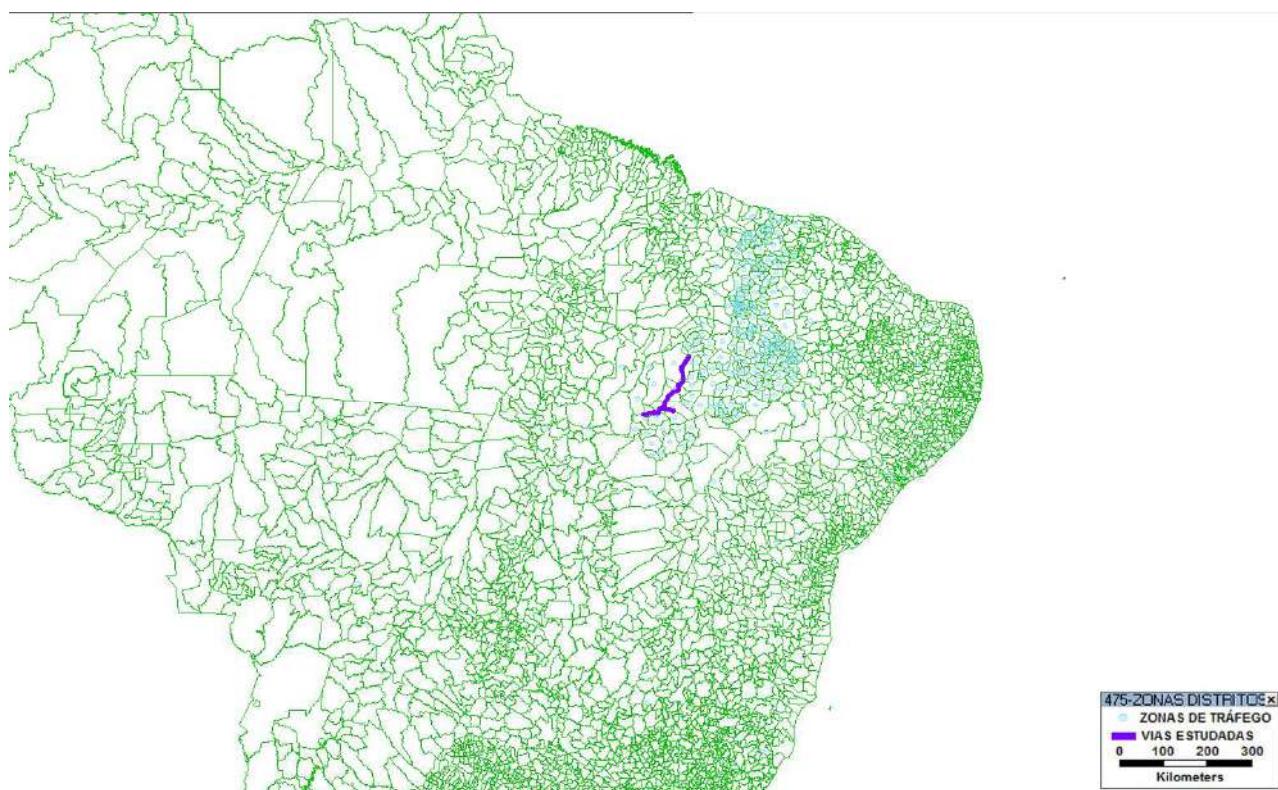


Figura 44: Vias estudas e zoneamento

### 7.1 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 é alimentada com

atributos do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), com valores levantados em campo pelo GPS e outros obtidos por via do software Google Earth. Na Figura 45 pode-se observar a representação da rodovia através de links.

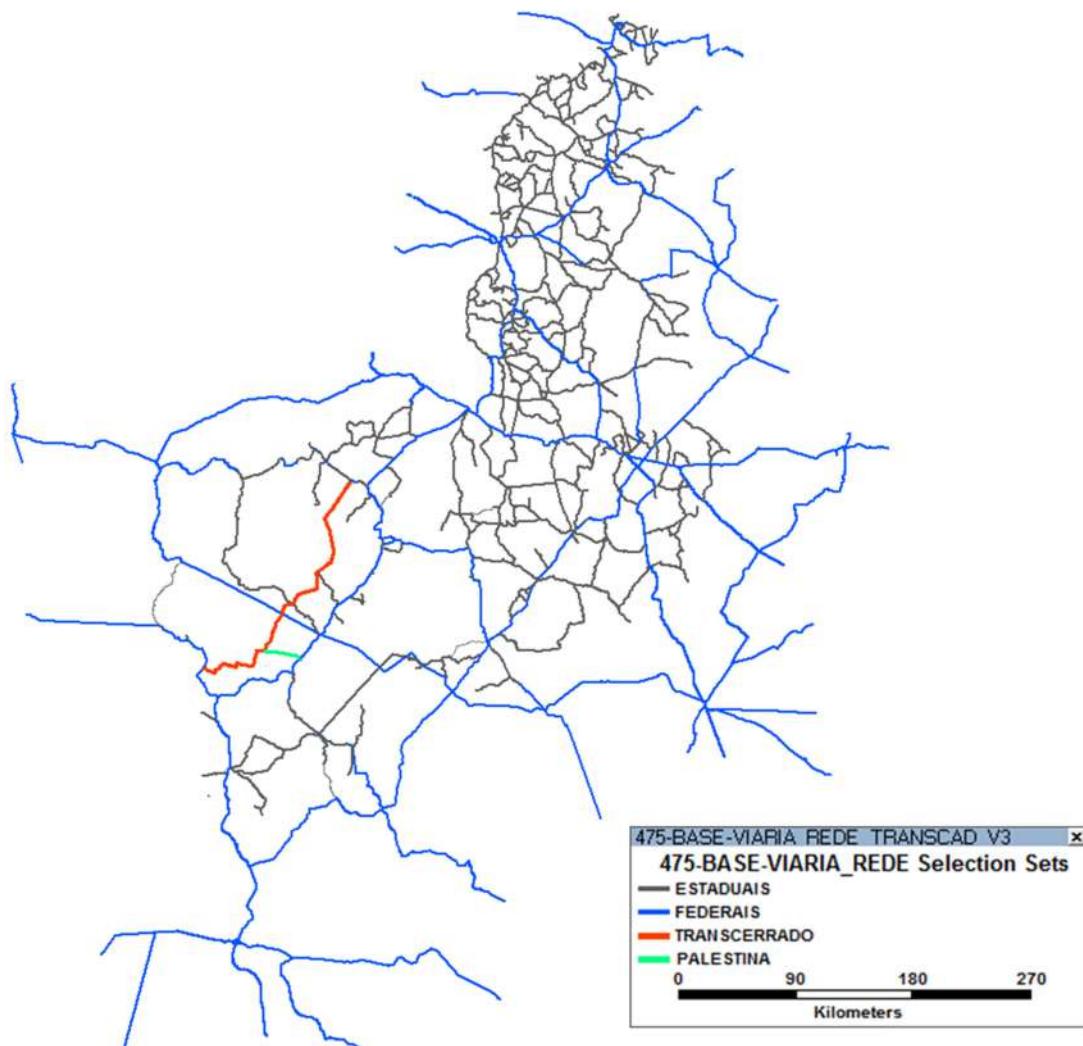


Figura 45: Base viária utilizada no modelo

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 na visita de campo realizada no mês de agosto. Ressalta-se que a região possui uma malha viária bastante escassa e que as principais vias asfaltadas são a BR-135, que passa atualmente por obras de renovação e alargamento, a BR-324 que possui trechos com asfalto em baixa qualidade, e algumas poucas rodovias estaduais em trechos curtos. Das vias que são objeto de estudo, a Transcerrados é pavimentada no seu trecho Norte e a Palestina é

pavimentada em toda sua extensão.

Observa-se que em relação às vias que serão pedagiadas, há uma grande rota de desvio que é a BR-135 (Figura 46). Esta via é a que responde pela demanda de ligação norte sul devido à suas características e traçado além da atual qualidade do pavimento, o que não é o caso da via Transcerrados. Eventualmente com a melhoria desta, pode haver atração de tráfego da rodovia federal.



Figura 46: Detalhe (em azul) da BR-135 - via concorrente

Além disso, duas rodovias estaduais são de destaque pois conectam a Transcerrados à rodovia federal elencada: a PI-392 e PI-395 (ver Figura 53). As duas possuem traçado ruim (a PI-395 é geometricamente intransponível para veículos de grande porte) mas permitem essa ligação e são utilizadas por residentes locais. Elas podem ser utilizadas por residentes para fugirem das praças de pedágio a serem instaladas quando da concessão.

De resto, apesar da grande extensão da rodovia, não foram identificadas outras rotas de fuga no trecho, que é, conforme já dito, precário em conexões rodoviárias.

## 7.2 SISTEMA DE TRANSPORTES

Atualmente não há modos de transportes concorrentes às rodovias em avaliação. Conforme já dito, a região Sul do Piauí possui escassez de infraestruturas de transporte.

No entanto, há previsão de construção de dois trechos da ferrovia Transnordestina que impactariam o fluxo de mercadorias na região. Um trecho seria a conexão do trecho existente no Pernambuco até o município de Eliseu Martins, ilustrado na figura a seguir e outro seria a partir desta ponta até sua conexão com os trechos ferroviários no Maranhão e Pará conforme destacado na Figura 48.



Figura 47: Detalhe da Ferrovia entre Suape (PE) e Eliseu Martins (fonte <https://www.camara.leg.br/noticias/549484-COMISSAO-VOTA-PARECER-SOBRE-A-FERROVIA-NOVA-TRANSNORDESTINA>)

]

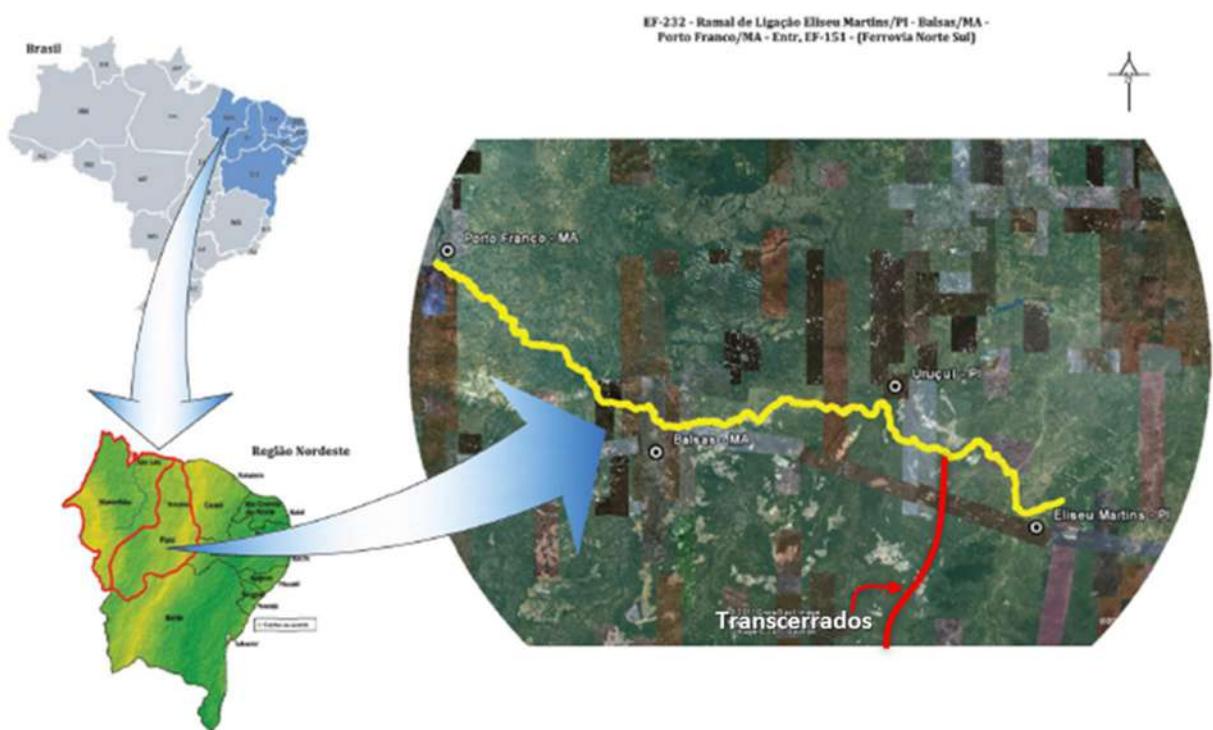


Figura 48: Detalhe da Ferrovia - Trecho entre Eliseu Martins a Porto Franco Maranhão (fonte: Estudo de Viabilidade Ministério dos Transportes / Valec)

Enquanto o primeiro trecho (Figura 47) pode fazer com que certo fluxo de cargas oriundas de zonas mais à Oeste da Transcerrados passe a utilizá-la, o segundo trecho (Figura 48) de ferrovia prevê a construção e terminal de cargas no município de Uruçuí, o que inviabilizaria completamente o roteamento passando pela rodovia PI-397 uma vez que a rota pela BR-324 através

do município de Baixa Grande do Ribeiro é muito mais viável visto trecho de menor comprimento a tomar não pavimentado. Esta situação se reforça ainda mais na hipótese de confirmação da concessão da rodovia estadual PI-392 neste município, que acarretaria num trecho ainda maior em boas condições para roteamento que não passe pela Transcerrados.

Deste fato, o cenário mais provável é aquele onde não há acréscimo de tráfego devido a esta ferrovia nos trechos analisados.

## 7.3 ZONEAMENTO

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

O zoneamento seguiu a seguinte lógica:

- Em primeiro nível, cada um dos municípios do estado do Piauí, que foram numeradas de 1 a 223;
- Em segundo nível, as mesorregiões definidas pelo IBGE que são limítrofes ao estado do Piauí, que foram numeradas de 301 a 317;
- Em terceiro nível, as áreas territoriais restantes dos estados que contêm as mesorregiões acima mais cada um dos estados restantes da região Nordeste e os estados da Região Sudeste, que foram numerados de 401 a 413;
- Em quarto e último nível, as regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, que foram numeradas de 501 a 503.

Foram definidas um total de 256 zonas de tráfego para este trabalho. Cada uma delas está detalhada em sequência.

1 - Acauã	31 - Bom Jesus	61 - Colônia do Gurguéia	91 - Guadalupe	121 - Madeiro
2 - Agricolândia	32 - Bom Princípio do Piauí	62 - Colônia do Piauí	92 - Guaribas	122 - Manoel Emídio
3 - Água Branca	33 - Bonfim do Piauí	63 - Conceição do Canindé	93 - Hugo Napoleão	123 - Marcolândia
4 - Alagoinha do Piauí	34 - Boqueirão do Piauí	64 - Coronel José Dias	94 - Ilha Grande	124 - Marcos Parente
5 - Alegrete do Piauí	35 - Brasileira	65 - Corrente	95 - Inhuma	125 - Massapê do Piauí
6 - Alto Longá	36 - Brejo do Piauí	66 - Cristalândia do Piauí	96 - Ipiranga do Piauí	126 - Matias Olímpio
7 - Altos	37 - Buriti dos Lopes	67 - Cristino Castro	97 - Isaías Coelho	127 - Miguel Alves
8 - Alvorada do Gurguéia	38 - Buriti dos Montes	68 - Curimatá	98 - Itainópolis	128 - Miguel Leão
9 - Amarante	39 - Cabeceiras do Piauí	69 - Currais	99 - Itaueira	129 - Milton Brandão
10 - Angical do Piauí	40 - Cajazeiras do Piauí	70 - Curral Novo do Piauí	100 - Jacobina do Piauí	130 - Monsenhor Gil
11 - Anísio de Abreu	41 - Cajueiro da Praia	71 - Curralinhos	101 - Jaicós	131 - Monsenhor Hipólito
12 - Antônio Almeida	42 - Caldeirão Grande do Piauí	72 - Demerval Lobão	102 - Jardim do Mulato	132 - Monte Alegre do Piauí
13 - Aroazes	43 - Campinas do Piauí	73 - Dirceu Arcanjo	103 - Jatobá do Piauí	133 - Morro Cabeça no Tempo
14 - Aroeiras do Itaim	44 - Campo Alegre do Piauí	74 - Dom Expedito Lopes	104 - Jerumenha	134 - Morro do Chapéu do Piauí
15 - Arraial	45 - Campo Grande do Piauí	75 - Dom Inocêncio	105 - João Costa	135 - Murici dos Portelas
16 - Assunção do Piauí	46 - Campo Largo do Piauí	76 - Domingos Mourão	106 - Joaquim Pires	136 - Nazaré do Piauí
17 - Avelino Lopes	47 - Campo Maior	77 - Elesbão Veloso	107 - Joca Marques	137 - Nossa Senhora de Nazaré
18 - Baixa Grande do Ribeiro	48 - Canavieira	78 - Eliseu Martins	108 - José de Freitas	138 - Nossa Senhora dos Remédios
19 - Barra D'Alcântara	49 - Canto do Buriti	79 - Esperantina	109 - Juazeiro do Piauí	139 - Nova Santa Rita
20 - Barras	50 - Capitão de Campos	80 - Fartura do Piauí	110 - Júlio Borges	140 - Novo Oriente do Piauí
21 - Barreiras do Piauí	51 - Capitão Gervásio Oliveira	81 - Flores do Piauí	111 - Jurema	141 - Novo Santo Antônio
22 - Barro Duro	52 - Caracol	82 - Floresta do Piauí	112 - Lagoa Alegre	142 - Oeiras
23 - Batalha	53 - Caraúbas do Piauí	83 - Floriano	113 - Lagoa de São Francisco	143 - Olho D'Água do Piauí
24 - Bela Vista do Piauí	54 - Caridade do Piauí	84 - Francinópolis	114 - Lagoa do Barro do Piauí	144 - Padre Marcos
25 - Belém do Piauí	55 - Castelo do Piauí	85 - Francisco Ayres	115 - Lagoa do Piauí	145 - Paes Landim
26 - Beneditinos	56 - Caxingó	86 - Francisco Macedo	116 - Lagoa do Sítio	146 - Pajeú do Piauí
27 - Bertolínia	57 - Cocal	87 - Francisco Santos	117 - Lagoinha do Piauí	147 - Palmeira do Piauí
28 - Betânia do Piauí	58 - Cocal de Telha	88 - Fronteiras	118 - Landri Sales	148 - Palmeirais
29 - Boa Hora	59 - Cocal dos Alves	89 - Geminiano	119 - Luís Correia	149 - Paquetá
30 - Bocaina	60 - Coivaras	90 - Gilbués	120 - Luzilândia	150 - Parnaguá

151 - Parnaíba	181 - Santo Antônio dos Milagres	211 - Socorro do Piauí	401 - RJ
152 - Passagem Franca do Piauí	182 - Santo Inácio do Piauí	212 - Sussuapara	402 - MG
153 - Patos do Piauí	183 - São Braz do Piauí	213 - Tamboril do Piauí	403 - SP
154 - Pau D'Arco do Piauí	184 - São Félix do Piauí	214 - Tanque do Piauí	404 - ES
155 - Paulistana	185 - São Francisco de Assis do Piau	215 - Teresina	405 - CE
156 - Pavussu	186 - São Francisco do Piauí	216 - União	406 - SE
157 - Pedro II	187 - São Gonçalo do Gurguéia	217 - Uruçuí	407 - AL
158 - Pedro Laurentino	188 - São Gonçalo do Piauí	218 - Valença do Piauí	408 - PE
159 - Picos	189 - São João da Canabrava	219 - Várzea Branca	409 - PB
160 - Pimenteiras	190 - São João da Fronteira	220 - Várzea Grande	410 - RN
161 - Pio IX	191 - São João da Serra	221 - Vera Mendes	411 - MA
162 - Piracuruca	192 - São João da Varjota	222 - Vila Nova do Piauí	412 - TO
163 - Piripiri	193 - São João do Arraial	223 - Wall Ferraz	413 - BA
164 - Porto	194 - São João do Piauí	301 - Leste Maranhense	501 - Sul
165 - Porto Alegre do Piauí	195 - São José do Divino	302 - Leste Maranhense	502 - Centro-Oeste
166 - Prata do Piauí	196 - São José do Peixe	303 - Leste Maranhense	503 - Norte
167 - Queimada Nova	197 - São José do Piauí	304 - Leste Maranhense	
168 - Redenção do Gurguéia	198 - São Julião	305 - Leste Maranhense	
169 - Regeneração	199 - São Lourenço do Piauí	306 - Sul Maranhense	
170 - Riacho Frio	200 - São Luis do Piauí	307 - Oriental do Tocantins	
171 - Ribeira do Piauí	201 - São Miguel da Baixa Grande	308 - Extremo Oeste Baiano	
172 - Ribeiro Gonçalves	202 - São Miguel do Fidalgo	309 - Centro Sul Baiano	
173 - Rio Grande do Piauí	203 - São Miguel do Tapuio	310 - Vale São-Franciscano da Bahia	
174 - Santa Cruz do Piauí	204 - São Pedro do Piauí	311 - São Francisco Pernambucano	
175 - Santa Cruz dos Milagres	205 - São Raimundo Nonato	312 - Sertão Pernambucano	
176 - Santa Filomena	206 - Sebastião Barros	313 - Sul Cearense	
177 - Santa Luz	207 - Sebastião Leal	314 - Sertões Cearenses	
178 - Santa Rosa do Piauí	208 - Sigefredo Pacheco	315 - Sertões Cearenses	
179 - Santana do Piauí	209 - Simões	316 - Noroeste Cearense	
180 - Santo Antônio de Lisboa	210 - Simplicio Mendes	317 - Noroeste Cearense	

## 7.4 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.

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

Considerando o salário mínimo de R\$ 998,00 têm-se na Tabela 27 os valores em R\$/min por faixa salarial.

Tabela 27: Valores considerados por faixa salarial (veículos leves)

Salários mínimos	Renda Média (mensal)	R\$/min
ATÉ 1	R\$ 1 000,00	R\$ 0,09
2--3	R\$ 2 500,00	R\$ 0,23
3--4	R\$ 3 500,00	R\$ 0,32
6--7	R\$ 6 500,00	R\$ 0,60
ACIMA DE 7	R\$ 8 500,00	R\$ 0,79

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\$/min).

As tabelas seguintes apresentam os resultados obtidos para as rodovias considerando os veículos de passeio.

Tabela 28: Valores calculados em R\$/min (veículos passeio)

Salários mínimos	R\$/min	% de usuários	Composição
1--2	R\$ 0,09	29%	R\$ 0,03
2--3	R\$ 0,23	37%	R\$ 0,09
3--4	R\$ 0,32	19%	R\$ 0,06
6--7	R\$ 0,60	11%	R\$ 0,06
ACIMA DE 7	R\$ 0,79	5%	R\$ 0,04
TOTAL			R\$ 0,27

Após obtido o custo por hora (R\$/min), considera-se também o fator de desgaste/manutenção do veículo. Portanto para veículos de passeio o custo de manutenção é de 20% sobre o custo total, isto é, o R\$/min + 20%. Logo os valores finais para veículos de passeio estão demonstrados na Tabela 29.

Tabela 29: Custo final R\$/min + custo de manutenção (20%) - Veículos de passeio

Salários mínimos	R\$/min	% de usuários	Composição
1--2	R\$ 0,09	29%	R\$ 0,03
2--3	R\$ 0,23	37%	R\$ 0,10
3--4	R\$ 0,32	19%	R\$ 0,07
6--7	R\$ 0,60	11%	R\$ 0,08
ACIMA DE 7	R\$ 0,79	5%	R\$ 0,04
TOTAL			R\$ 0,33

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 30) e o custo consolidado considerando o acréscimo de 50% devido a manutenção (Tabela 31).

Tabela 30: Valores calculados em R\$/min (veículos comerciais)

Salários mínimos	R\$/h	% de usuários	Composição
1--2	R\$ 0,09	18,6%	R\$ 0,02
2--3	R\$ 0,23	50,8%	R\$ 0,12
3--4	R\$ 0,32	23,5%	R\$ 0,08
4--5	R\$ 0,60	7,2%	R\$ 0,04
ACIMA DE 7	R\$ 0,79	0,0%	R\$ -
		TOTAL	R\$ 0,25

Tabela 31: Custo final R\$/min + Manutenção (50%) – Veículos Comerciais

Salários mínimos	R\$/h	% de usuários	Composição
1--2	R\$ 0,09	18,6%	R\$ 0,03
2--3	R\$ 0,23	50,8%	R\$ 0,18
3--4	R\$ 0,32	23,5%	R\$ 0,11
4--5	R\$ 0,60	7,2%	R\$ 0,07
ACIMA DE 7	R\$ 0,79	0,0%	R\$ -
		TOTAL	R\$ 0,39

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](http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Index.asp) (2019).

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

Combustível	PREÇO		Autonomia (Km/l)	R\$/km	% Usuários	Composição
	PIAUI	Média				
Gasolina	4,633	4,633	12,630	R\$ 0,37	71,87%	R\$ 0,26
Álcool	3,68	3,68	10,322	R\$ 0,36	0,75%	R\$ 0,00
Diesel	3,6765	3,6765	9,080	R\$ 0,40	26,31%	R\$ 0,11
GNV	0	0	0,000	R\$ -	0,00%	R\$ -
					TOTAL	R\$ 0,37

Tabela 33: Valores em R\$/km – Diesel (veículos comerciais)

Combustível	PREÇO		Autonomia (Km/l)	R\$/km	% Usuários	Composição
	PIAUI	Média				
Gasolina	4,633	4,633	11,510	R\$ 0,40	0,00%	R\$ -
Álcool	3,68	3,68	0,000	R\$ -	0,00%	R\$ -
Diesel	3,6765	3,6765	9,080	R\$ 0,40	100,00%	R\$ 0,40
GNV	0	0	0,000	R\$ -	0,00%	R\$ -
					TOTAL	R\$ 0,40

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

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

## 7.5 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.

Segunda 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.

## **8 INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO**

A indicação da localização das praças de pedágio deve levar em consideração os trechos homogêneos com maiores VMDs, 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. Dever-se evitar também a proximidade com locais de preservação ambiental, trechos de mata nativa ou cursos d'água.

Como já apresentado anteriormente, não há atravessamento de trechos urbanos na rodovia em estudo. O trecho 1 é o que concentra maiores volumes de tráfego além de não se encontrar próximo de reservas ambientais. As únicas possíveis rotas de fuga são as rodovias PI-392 e PI-395. Aquela apesar de possível é de bastante difícil tráfego para veículos pesados. Já a PI-395 na decida da Chapada possui traçado vertical e horizontal que restringe o tráfego de veículos de grande porte, sendo praticável somente por veículos leves (ainda assim demandando bastante habilidade do motorista).

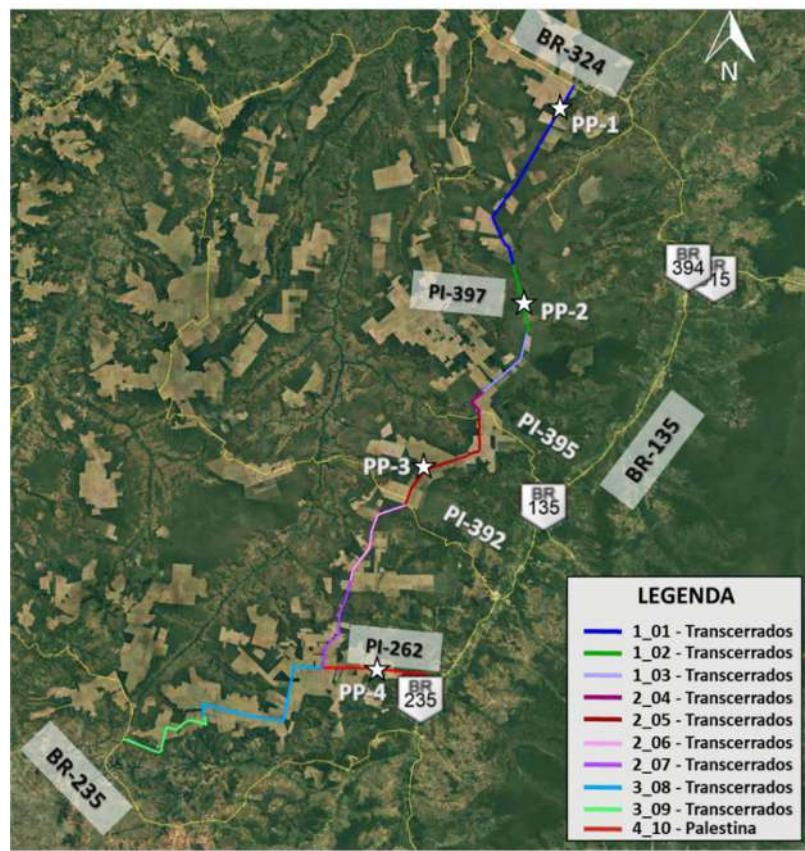


Figura 49: Detalhe para os trechos, praças de pedágio e PI's 392 e 395.

Eventualmente a localização da Praça 3 mais a Norte permitiria captar um volume de tráfego pagante maior, porém a proximidade entre as praças pode levar a parecer negativo dos órgãos

reguladores.

Desses fatos, considera-se as localizações previamente apresentadas como suficientes, não sendo necessário sua realocação. Serão, portanto:

- 2 praças no trecho 1 - Transcerrados: Praça 1 (Uruçuí) e Praça 2 (Sebastião Leal);
- 1 praça no trecho 2 - Transcerrados: Praça 3 (Currais);
- 1 praça no trecho 4 - Palestina: Praça 4 (Bom Jesus).

A Figura 50 apresenta a localização das referidas praças de pedágio.

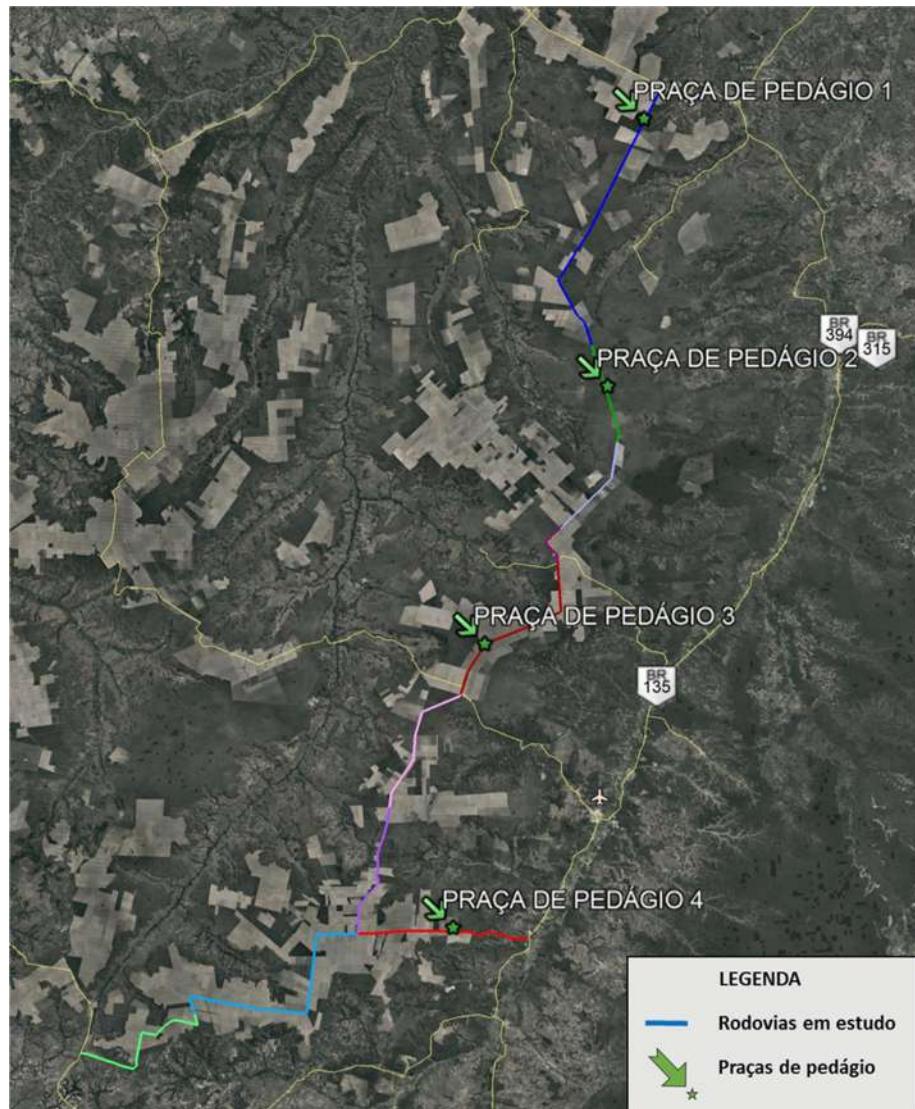


Figura 50: Localização das Praças de Pedágio

## 8.1 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 51 apresenta uma breve ilustração das opções em relação a praça de pedágio.



Figura 51: 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 rotas 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.

A rodovia Transcerrados possui uma rota alternativa que lhe é bastante concorrente (Figura 46), que é a BR-135. Esta rodovia conecta o município de São Luís (Maranhão) ao município de Belo Horizonte (Minas Gerais), sendo no extremo Sul.

No Sul do Piauí, a Rodovia Transcerrados se encontra a uma distância média de 30 km desta rodovia federal e, portanto, se caracterizam por fazer a mesma ligação Norte-Sul na região.

A BR-135 atravessa diversos municípios nesse trecho, inclusive as respectivas zonas urbanas o que configura em trechos com redutores de velocidade. Os municípios atravessados por esta BR são:

- Gilbués inclusive sua sede;
- Monte Alegre do Piauí inclusive sua sede;
- Redenção do Gurgueia;
- Bom Jesus inclusive sua sede;
- Santa Luz;
- Cristino Castro inclusive sua sede;
- Alvorada do Gurgueia inclusive sua sede;
- Colônia do Gurgueia inclusive sua sede;
- Eliseu Martins;
- Manoel Emídio inclusive sua sede;
- Bertolínia, onde existe um contorno viário; e
- Sebastião Leal.

A rodovia BR-135 se encontra pavimentada em todo este trecho (conforme Figura 4) alterando a presença e a ausência de acostamento. O traçado possui grandes trechos em tangente, porém por se localizar próximo ao vale do Rio Gurgueia há a presença de curvas e de rampas significativas.

Vale ressaltar que atualmente está em execução obras de ampliação da pista para criação de acostamento em todo o trecho entre Eliseu Martins e Gilbués além de correção do traçado onde necessário, conforme Figura 52.

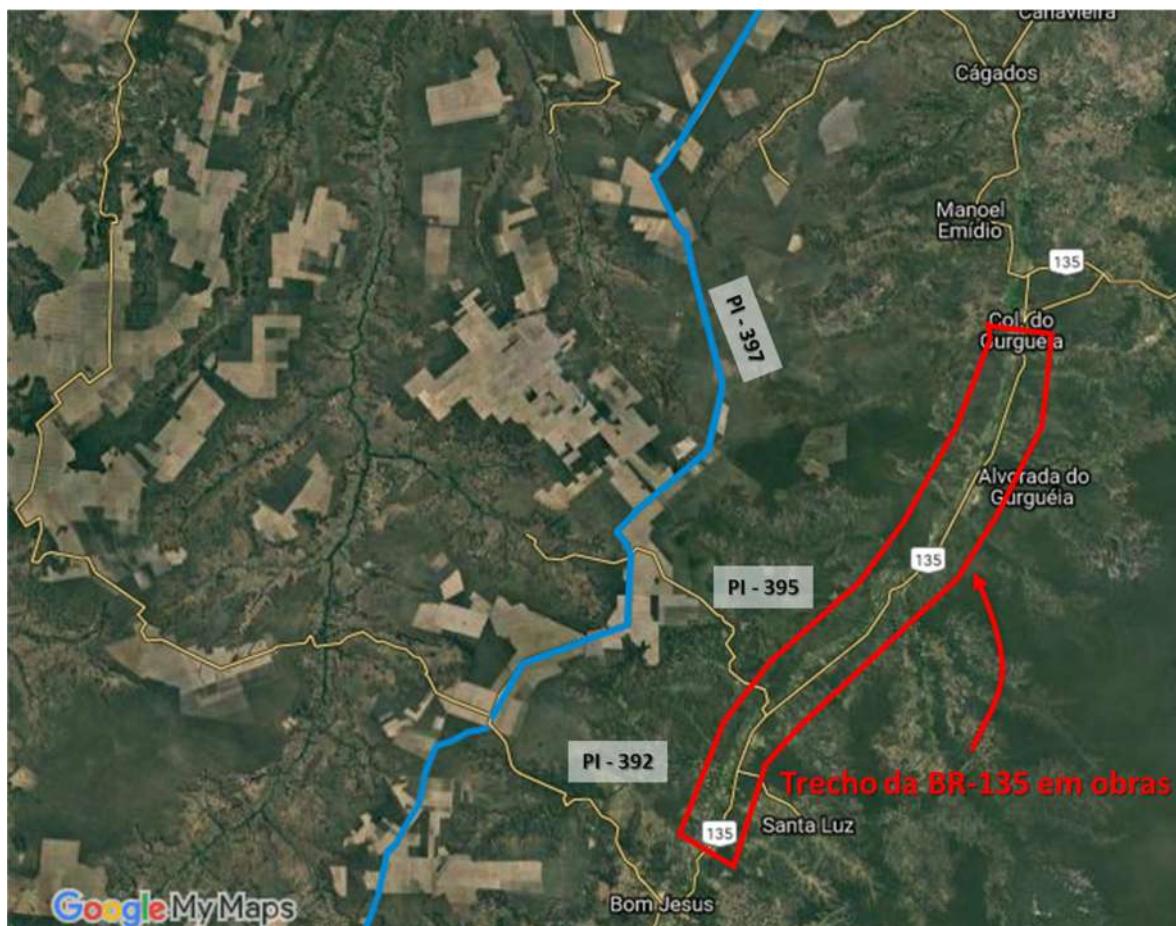


Figura 52: Detalhe para o trecho em obra na BR-135

Se esta rodovia se caracteriza pela forte concorrência à Rodovia Transcerrados, a interligação entre as duas rodovias necessita a fortiori o atravessamento das chapadas. Isto faz com que as estradas que fazem essa ligação possuam traçado sinuoso e de difícil tráfego principalmente para veículos de grande porte, como bitrens.

As duas rodovias principais que fazem essa conexão são a Rodovia PI-392 (destacada na cor preta na Figura 53), que liga Bom Jesus à Rodovia BR-324 no município de Ribeiro Gonçalves, e a Rodovia PI-395. Esta possui pior traçado se comparada com aquela, sendo geometricamente inviável veículos pesados transitarem por esta via, o que pode ser observado na Figura 53.

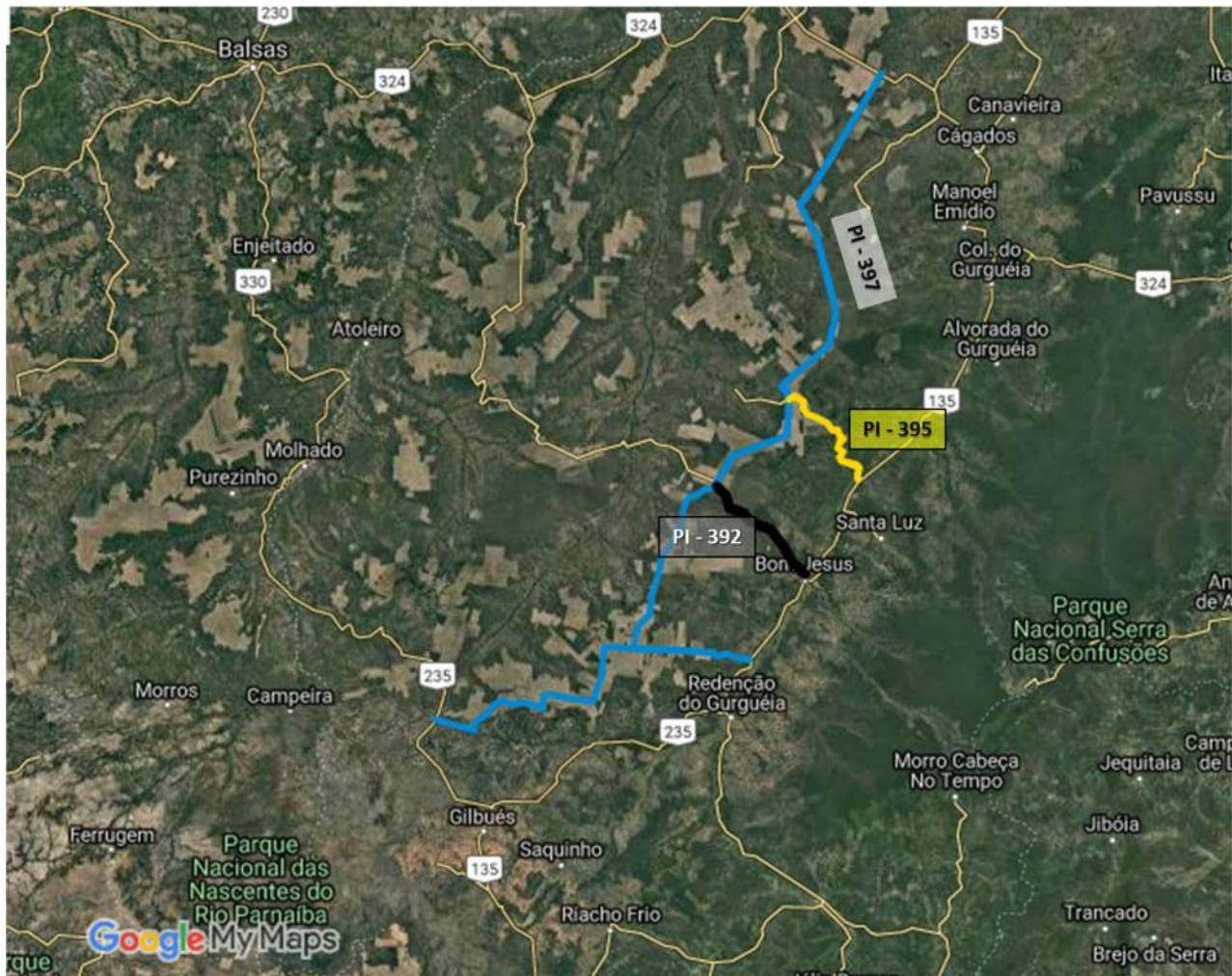


Figura 53: Detalhe para PI-395 (amarelo) e PI-392 (na cor preto)

Além dessas duas rodovias, existe também a Rodovia PI-391 que liga a Rodovia Transcerrados, passa pelo distrito de Nova Santa Rosa até atingir a Rodovia BR-324/PI-247.

## 9 VOLUME DE TRÁFEGO – ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

### 9.1 CENÁRIOS DE ALTERAÇÃO DE DEMANDA

Foi elaborado um cenário alvo/base (esperado) tendo como as premissas de geração de viagem já citadas. Há também um cenário pessimista com um volume de tráfego menor. Também foi realizado um cenário otimista com um crescimento de tráfego mais significativo nos primeiros anos de concessão.

#### 9.1.1 Cenário esperado

Para este cenário, foi considerado a matriz de geração de viagens obtida para o ano base adicionada a matriz a partir das premissas de produção agrícola nas áreas no entorno das rodovias Transcerrados e Palestina. As taxas de crescimento de tráfego adotadas são aquelas apresentadas no item 3.4.

A abertura das praças seguirá a seguinte lógica:

- Ano 1 (2020): com a expectativa de conclusão da pavimentação do trecho 1, serão liberadas para operação as praças 1, 2 e 4;
- Ano 3 (2022): com o término da pavimentação do trecho 2, a praça 3 será aberta para operação nesse ano.

É válido mencionar que após diversas discussões técnicas, comparações entre cenários e metodologias este cenário foi o cenário definido é o utilizado em todas as análises deste relatório e no Estudo Econômico-Financeiro.

#### 9.1.2 Cenário otimista

Este cenário é similar ao anterior se diferenciando somente pela taxa de crescimento anual do tráfego. Esta foi adotada de 9% a.a. para todos os tipos de veículos nos 10 primeiros anos de concessão após o término das grandes intervenções (2022) e em seguida adotou-se a taxa de crescimento natural de tráfego de 2%.

#### 9.1.3 Cenário pessimista

Uma possibilidade de análise da taxa de produtividade da soja é se basear nos dados da série histórica do CONAB. Com esses dados pode se criar uma projeção do crescimento da taxa de produtividade deste produto para os próximos anos.

Neste cenário, foi utilizado num primeiro momento a média dos valores encontrados para os próximos 10 anos. Em seguida calculou-se a nova geração de viagens por categoria de veículo.

Desse valor, se considerou os impactos das mudanças climáticas na produção de grãos. Em relatório elaborado pelo Banco Mundial é citado que há risco de queda de produção de grãos de 13% a 24% devido a alterações do clima, principalmente aumento da temperatura e baixa das precipitações. Por segurança, foi adotada a taxa de queda mais expressiva para composição deste cenário.

Além disso, em se considerando estes mesmos impactos, decidiu-se adotar uma taxa de crescimento de tráfego reduzida de apenas 1,20% a.a. para todas as categorias de veículos.

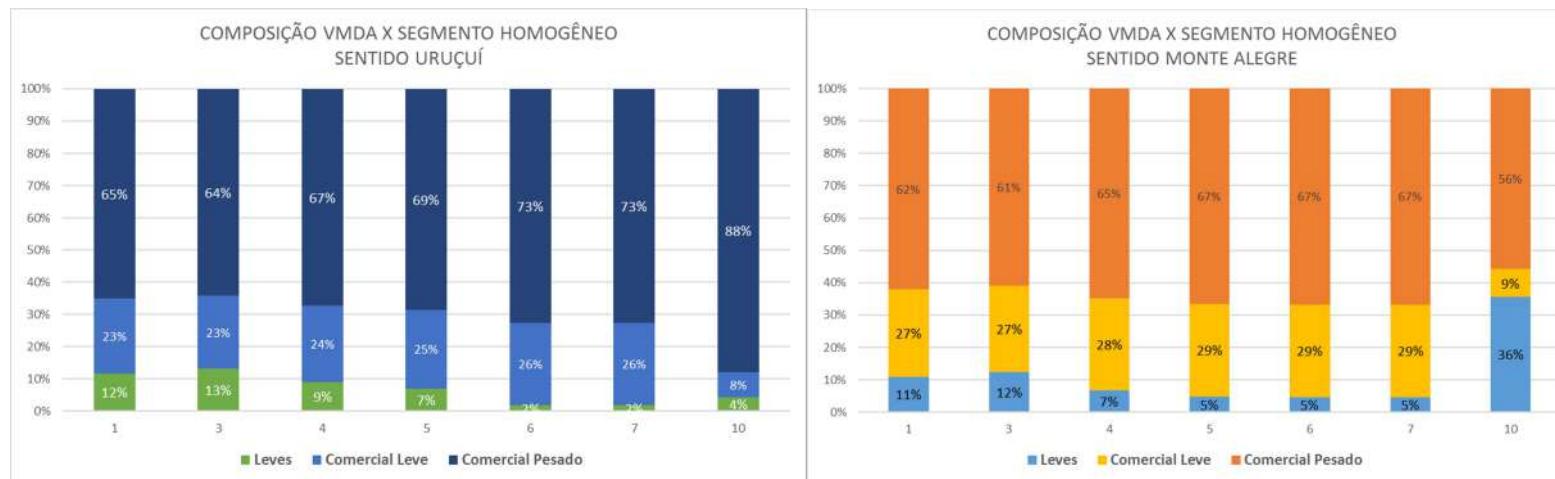
## 9.2 ESTIMATIVA DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL

A tabela a seguir mostra o resumo do VMDA dos segmentos homogêneos após a simulação das matrizes base e agronegócio para os 2 sentidos das Rodovias PI-397 / PI-262, já considerando a correção sazonal e ainda sem operação das praças de pedágio.

Tabela 34: VMDA encontrados apóis simulação de tráfego para o ano base para cada um dos segmentos

RODOVIA	SEGMENTO HOMOGÊNEO	Auto	Auto	Moto	2CB	3CB	4CB	2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2I2	2I3	3I2	3I3	2J3	3J3	3C2	3D4	3D6	3T4	3T6	3M6	3P5	3Q4	3V5	3R6	VMD TOTAL POR SENTIDO	VMD TOTAL DO SEGMENTO	RELAÇÃO POR SENTIDO
PI-397	1	URUÇUÍ	25	29	18	0	0	1	74	0	0	15	10	0	18	63	0	7	0	0	0	0	7	0	0	48	59	87	0	0	2	0	463	877	53%
PI-397	1	MONTE ALEGRE	26	19	0	0	0	24	83	0	0	5	12	11	0	121	0	0	0	0	0	0	5	0	0	56	28	24	0	0	0	0	414		47%
PI-397	3	URUÇUÍ	25	29	15	0	0	1	65	0	0	13	9	0	16	55	0	6	0	0	0	0	6	0	0	42	52	77	0	0	2	0	413	777	53%
PI-397	3	MONTE ALEGRE	26	19	0	0	0	21	71	0	0	5	11	9	0	104	0	0	0	0	0	0	5	0	0	49	24	20	0	0	0	0	364		47%
PI-397	4	URUÇUÍ	16	19	15	0	0	1	65	0	0	13	9	0	16	55	0	6	0	0	0	0	6	0	0	42	52	77	0	0	2	0	394	736	54%
PI-397	4	MONTE ALEGRE	13	10	0	0	0	21	71	0	0	5	11	9	0	104	0	0	0	0	0	0	5	0	0	49	24	20	0	0	0	0	342		46%
PI-397	5	URUÇUÍ	8	10	10	0	0	1	44	0	0	9	6	0	11	37	0	4	0	0	0	0	4	0	0	29	35	52	0	0	1	0	261	473	55%
PI-397	5	MONTE ALEGRE	6	4	0	0	0	13	45	0	0	3	7	6	0	66	0	0	0	0	0	0	3	0	0	31	15	13	0	0	0	0	212		45%
PI-397	6	URUÇUÍ	1	2	7	0	0	1	31	0	0	6	4	0	8	27	0	3	0	0	0	0	3	0	0	20	25	37	0	0	1	0	176	308	57%
PI-397	6	MONTE ALEGRE	3	3	0	0	0	8	28	0	0	2	4	4	0	41	0	0	0	0	0	0	2	0	0	19	10	8	0	0	0	0	132		43%
PI-397	7	URUÇUÍ	1	2	7	0	0	1	31	0	0	6	4	0	8	27	0	3	0	0	0	0	3	0	0	20	25	37	0	0	1	0	176	308	57%
PI-397	7	MONTE ALEGRE	3	3	0	0	0	8	28	0	0	2	4	4	0	41	0	0	0	0	0	0	2	0	0	19	10	8	0	0	0	0	132		43%
PI-262	10	BOM JESUS	3	4	2	0	0	0	9	0	0	2	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	53	57	0	0	4	0	167	271	62%
PI-262	10	SANTA FILOMENA	22	15	4	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	12	17	13	0	0	1	0	104	38%

A seguir pode-se conferir a composição do tráfego nos segmentos. Verifica-se, conforme esperado, um elevado volume de veículos pesados, na ordem de 70%.



Para maior facilidade de visualização dos dados, a figura seguinte apresenta graficamente os volumes por segmento homogêneo das rodovias Transcerrados e Palestina. Lembrando que os segmentos de 1 a 6 estão na Transcerrados, partindo do norte para sul.

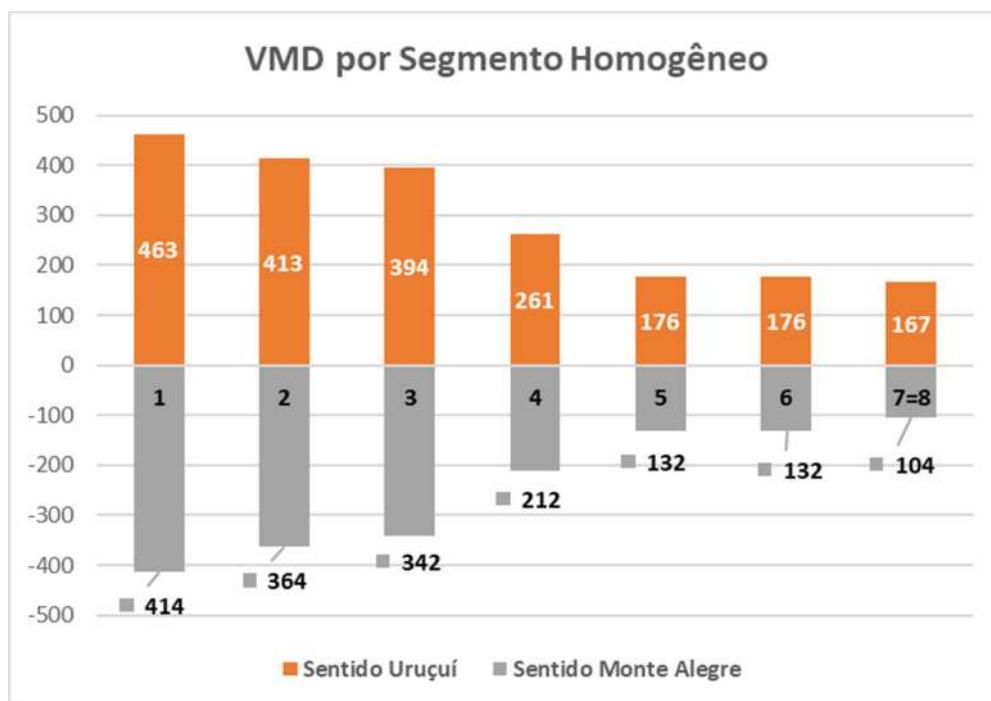


Figura 54: Variação do VMD por trecho e por sentido

### 9.3 FUGAS ESTIMADAS PELO MODELO

No processo de alocação de tráfego o modelo estima algumas fugas de tráfego, dado que o custo de transporte (explanado no item 7.4) é estritamente matemático, alocando a maior parcela de tráfego na caminho de menor custo entre sua zona de origem e zona de destino. Contudo, na Transcerrados, especificamente no trecho 3, há um trecho de má qualidade que é intransitável, isso impede que veículos que estão no sul vá para norte via Transcerrados, ou vice-versa, conforme ilustra a Figura 55

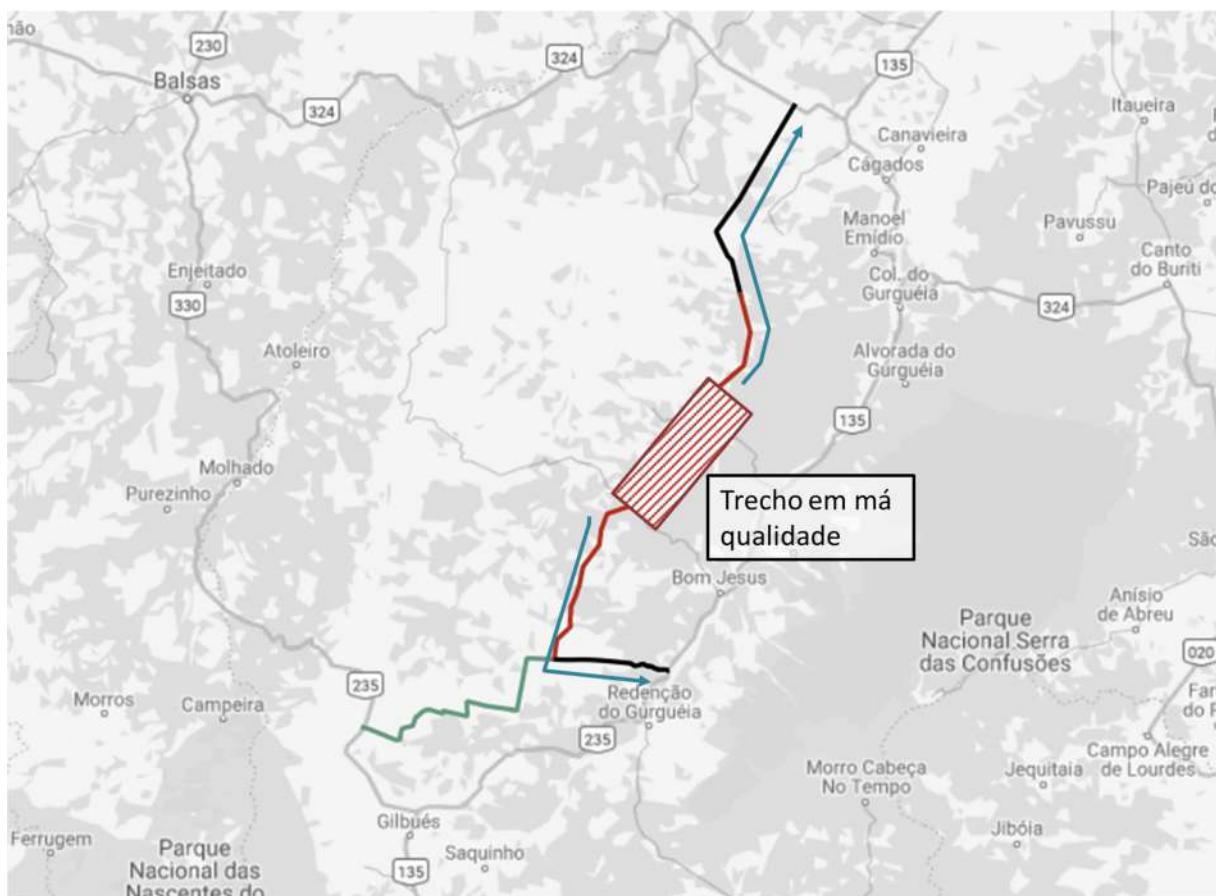


Figura 55: Detalhe para o trecho intransitável na Transcerrados

Este trecho também foi previsto no modelo, a Figura 57 apresentada a seguir é resultante do modelo após a completa pavimentação da Transcerrados. Já a Figura 57 apresenta a potencial fuga de veículos leves e Figura 58 a potencial de veículos pesados imediatamente após o início da cobrança de pedágio nos trechos.

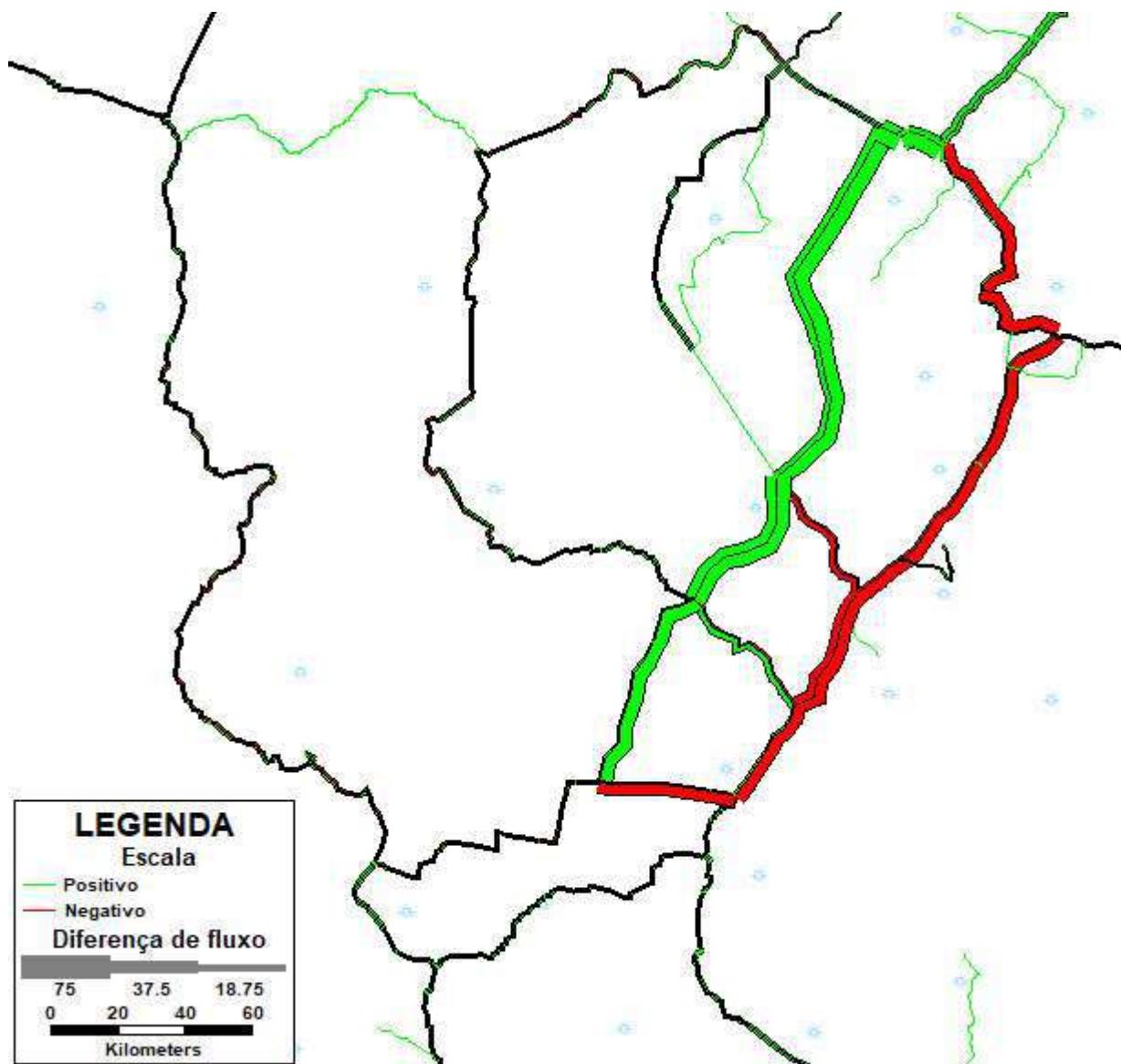


Figura 56: Atração de Tráfego em função de melhorias associadas (pavimentação - geometria)

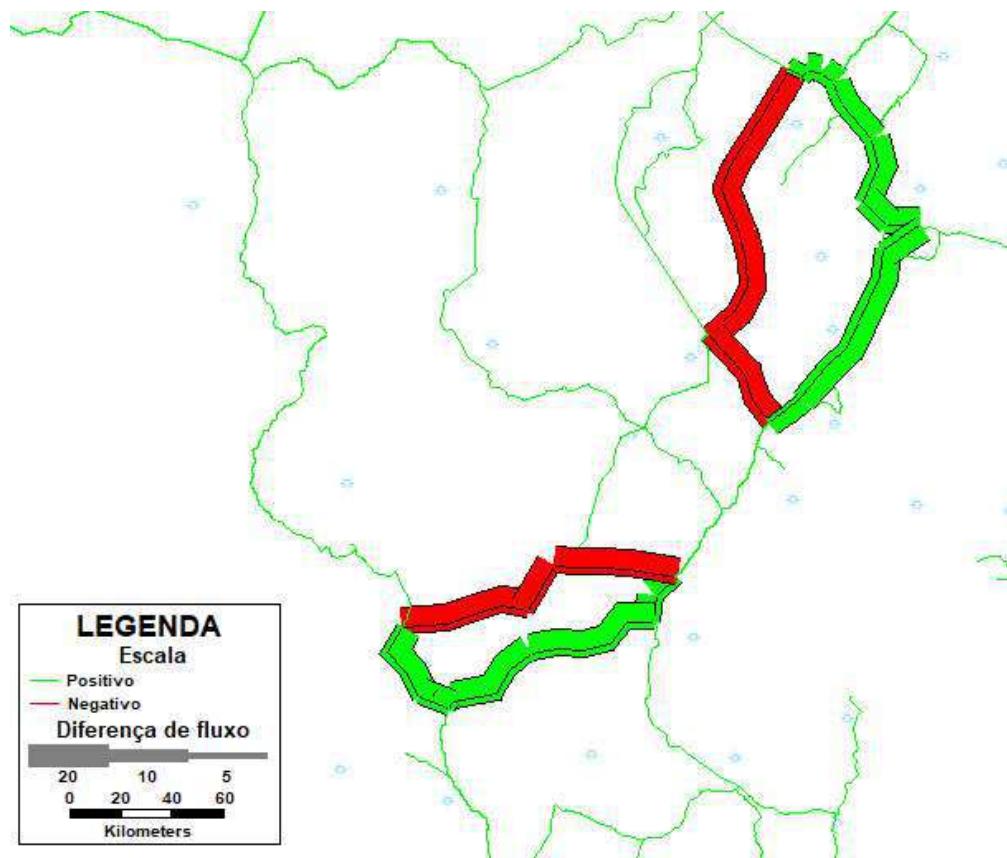


Figura 57: Fuga gerada pelo apόs a cobrança de pedágio

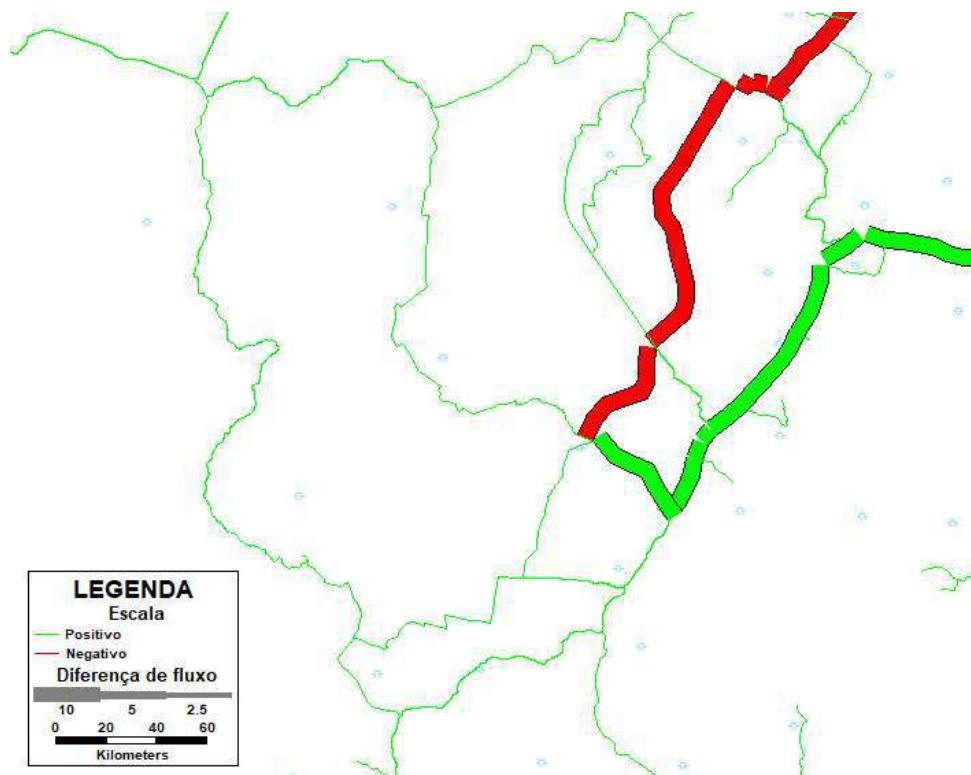


Figura 58: Fuga de veículos pesados após cobrança de pedágio

A seguir na Tabela 35 são apresentados os resumos de fugas, após o início da cobrança, e a atração/retorno estimado após a pavimentação dos trechos. Vale ressaltar que esse são valores estimados e não necessariamente podem acontecer, sobretudo que a via Transcerrados está, atualmente, carecendo de obras de melhorias. Em média, os valores de fuga e atração são de

Tabela 35: Tabela resumo de fugas e atração

FUGA E ATRAÇÃO DE TRAFEGO - ANALISE COMPARATIVA EM RELAÇÃO AO CENARIO BASE		FUGA R\$ 8,00			ATRAÇÃO R\$ 8,00		
		INÍCIO DA COBRANÇA DE PEDÁGIO EM P1 E P4			PAVIMENTAÇÃO COMPLETA E PEDÁGIO EM P1, P2, P3 EP4		
PRAÇA	KM	LEVE	C. LEVE	C. PESADO	LEVE	C. LEVE	C. PESADO
PP1	10	-56,56%	-4,11%	-3,80%	30,24%	13,52%	9,18%
PP2	80	-56,56%	-4,73%	-4,46%	30,24%	15,47%	10,72%
PP3	160	0,00%	-8,15%	-8,13%	18,75%	29,64%	20,27%
PP4	20	-68%	0,00%	-1,43%	48%	-4,28%	-24,00%
<b>MÉDIA POR CATEGORIA</b>		<b>-53,66%</b>	<b>-3,03%</b>	<b>-4,38%</b>	<b>13,48%</b>	<b>8,50%</b>	<b>8,03%</b>
<b>MÉDIA DO TRECHO</b>		<b>-8,06%</b>			<b>8,92%</b>		

Observação: os valores expressivos em porcentagem se devem aos baixos valores absolutos de tráfego que podem ser conferidos nas planilhas anteriores.

## 9.4 VOLUMES HORA DE PROJETO (VHP)

Para determinação dos níveis de serviço e capacidade adota-se, a partir do VMDA e do fator K, o VHP (volume hora pico ou projeto). Portanto, aplicando-se o fator K 50 apresentado anteriormente para cada sentido de tráfego, tem-se os VHPs para cada um dos segmentos homogêneos.

Tabela 36: Volumes Hora de Projeto por segmento

SEGMENTO HOMOGÊNE O	RODOVIA	CLASSE RODOVI A	KM INICIA L	KM FINA L	SENTID O	VHP
			A	L		
SH 1	PI-397 - Transcerrados	1	0,00	92,30	CRES.	43
SH 2	PI-397 - Transcerrados	1	92,30	116,50	DECRES	40
SH 3	PI-397 - Transcerrados	1	116,50	126,80	CRES.	38
SH 4	PI-397 - Transcerrados	1	126,80	170,60	DECRES	35
SH 5	PI-397 - Transcerrados	1	170,60	201,90	CRES.	25
SH 6	PI-397 - Transcerrados	1	201,90	242,70	DECRES	19
SH 7	PI-262 - Palestina	1	0,00	40,80	CRES.	17
					DECRES	11
					CRES.	17
					DECRES	11
					CRES.	20
					DECRES	24

SEGMENTO HOMOGÊNEO	RODOVIA	CLASSE RODOVIÁRIA	KM INICIAÇÃO	KM FINAL	SENTIDO	VHP
SH 8	PI-262 - Palestina	1	32,10	32,90	CRES. DECRES	20 24

## 10 PROJEÇÃO DE TRÁFEGO DURANTE A CONCESSÃO

Apresenta-se a seguir o VMDA para cada uma das praças durante todo horizonte de concessão, considerando a tarifa cheia de R\$8,00.

Lembrando que:

- Ano 2019 – Ano Base
- Ano 2020 – Ano 1 – Início da Cobrança de pedágio nas praças 1,2 e 4
- Ano 2022 – Ano 3 – Início de Cobrança de pedágio na praça 3

E que ainda temos 3 cenários:

- Esperado – explanado item 9.1.1
- Otimista – explanado item 9.1.2
- Pessimista - explanado item 9.1.3

É importante ressaltar aqui que, no modelo de tráfego a Praça de Pedágio 5, localizada no trecho 3 (ver item 2.1), área demarcada na cor branca na Figura 59, se tornou inviável, pois o VMDA (ver nas tabelas seguintes) dos subtrechos não é significativo a tal ponto de justificar investimento e operação da concessão deste trecho, pelo menos neste momento.

Assim, sugere-se a exclusão deste trecho do lote em estudo.

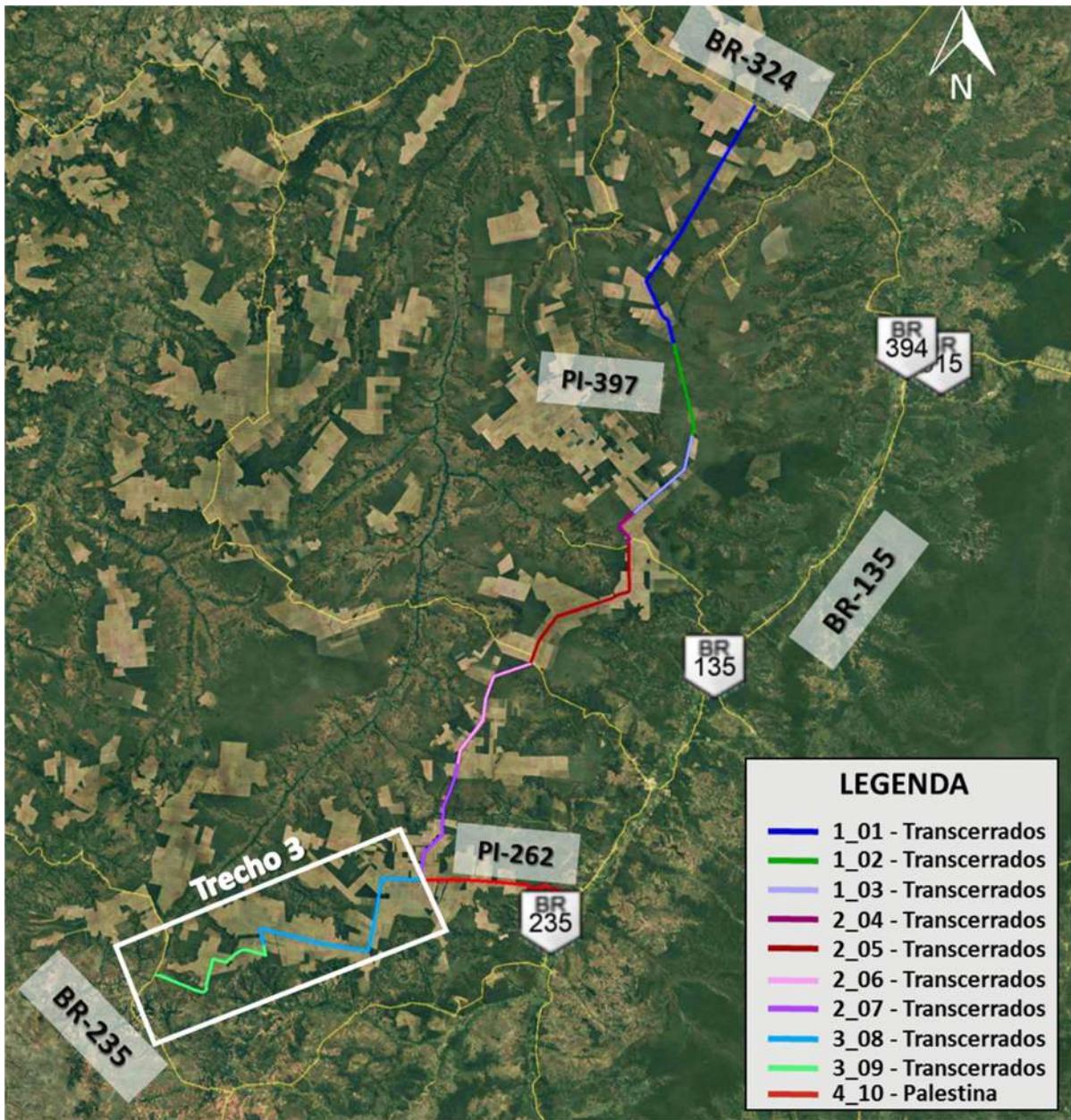


Figura 59: Detalhe Trecho 3 – retirado do escopo.

Na Figura 60 verifica-se o carregamento das rodovias no cenário esperado, destaque para os trechos 1 e 2 da Transcerrados

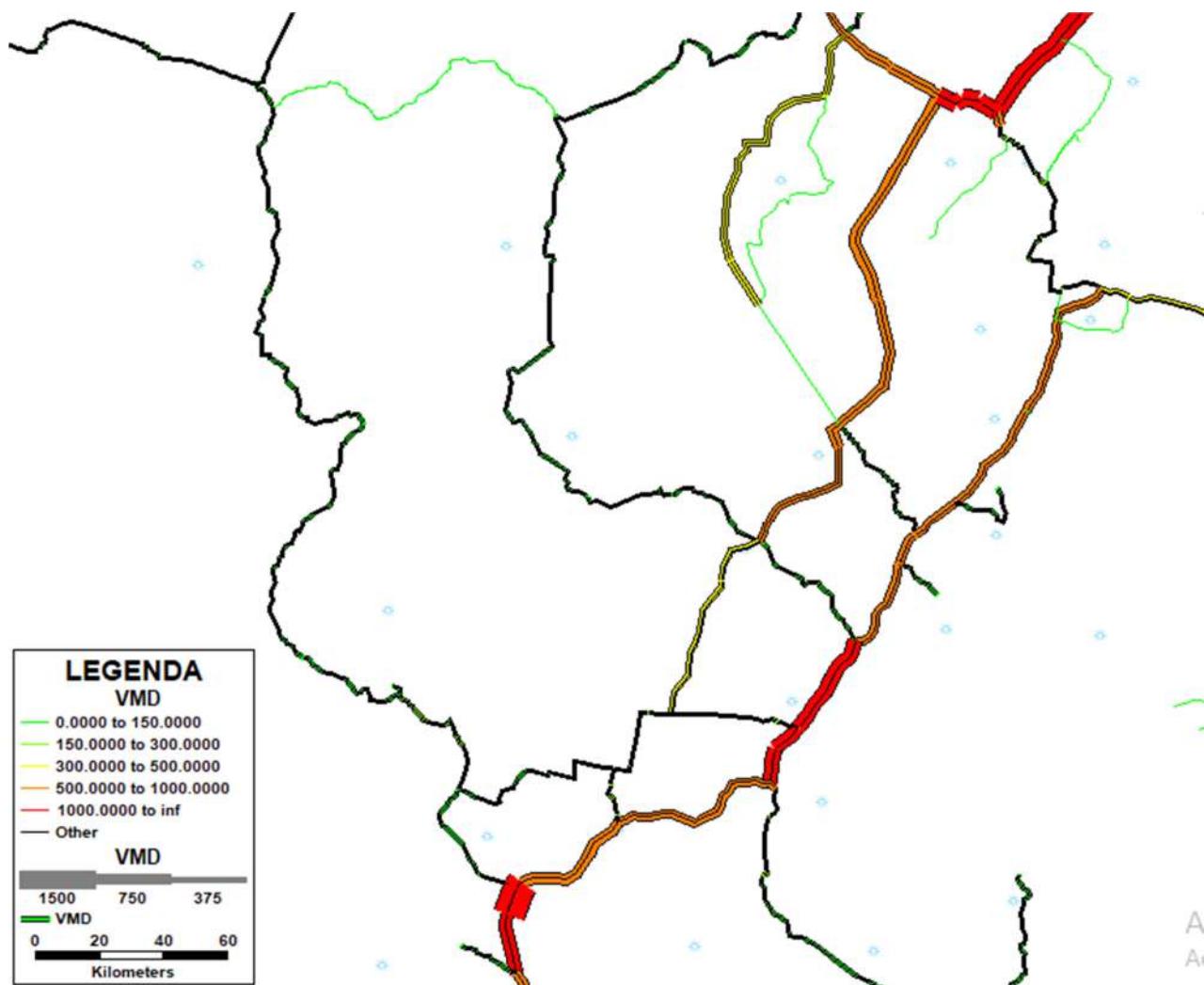


Figura 60: Carregamento 2020 - Cenário Esperado

As tabelas a seguir apresentam as projeções de tráfego nas praças de pedágio.

## 10.1 ESTIMATIVA DE RECEITA

Apresenta nas tabelas a seguir a receita esperada para os três cenários, até o fim da concessão.

Tabela 37: Estimativa de Receita durante a concessão

	<b>CENÁRIO ESPERADO</b>	<b>CENÁRIO OTIMISTA</b>	<b>CENÁRIO PESSIMISTA</b>
<b>2019</b>	R\$ 37.036.173,08	R\$ 37.036.173,08	R\$ 26.588.400,92
<b>2020</b>	R\$ 39.473.254,06	R\$ 39.473.254,06	R\$ 28.329.387,72
<b>2021</b>	R\$ 40.809.871,63	R\$ 40.809.871,63	R\$ 29.288.427,37
<b>2022</b>	R\$ 45.448.478,04	R\$ 45.448.478,04	R\$ 32.630.619,17
<b>2023</b>	R\$ 46.986.612,69	R\$ 49.535.054,19	R\$ 33.734.653,88
<b>2024</b>	R\$ 48.576.901,65	R\$ 53.989.346,46	R\$ 34.139.469,73
<b>2025</b>	R\$ 50.221.115,31	R\$ 58.844.447,78	R\$ 34.549.143,37
<b>2026</b>	R\$ 51.921.084,21	R\$ 64.136.429,42	R\$ 34.963.733,09
<b>2027</b>	R\$ 53.678.701,08	R\$ 69.904.609,04	R\$ 35.383.297,88
<b>2028</b>	R\$ 55.495.922,92	R\$ 76.191.842,84	R\$ 35.807.897,46
<b>2029</b>	R\$ 57.374.773,23	R\$ 83.044.844,06	R\$ 36.237.592,23
<b>2030</b>	R\$ 59.317.344,22	R\$ 90.518.880,02	R\$ 36.672.443,34
<b>2031</b>	R\$ 61.325.799,20	R\$ 98.665.579,23	R\$ 37.112.512,66
<b>2032</b>	R\$ 63.402.374,96	R\$ 100.638.890,81	R\$ 37.557.862,81
<b>2033</b>	R\$ 65.549.384,26	R\$ 102.651.668,63	R\$ 38.008.557,16
<b>2034</b>	R\$ 67.769.218,45	R\$ 104.704.702,00	R\$ 38.464.659,85
<b>2035</b>	R\$ 69.124.602,82	R\$ 106.798.796,04	R\$ 38.926.235,77
<b>2036</b>	R\$ 70.507.094,88	R\$ 108.934.771,96	R\$ 39.393.350,59
<b>2037</b>	R\$ 71.917.236,78	R\$ 111.113.467,40	R\$ 39.866.070,80
<b>2038</b>	R\$ 73.355.581,51	R\$ 113.335.736,75	R\$ 40.344.463,65
<b>2039</b>	R\$ 74.822.693,14	R\$ 115.602.451,48	R\$ 40.828.597,21
<b>2040</b>	R\$ 76.319.147,01	R\$ 117.914.500,51	R\$ 41.318.540,38
<b>2041</b>	R\$ 77.845.529,95	R\$ 120.272.790,52	R\$ 41.814.362,87
<b>2042</b>	R\$ 79.402.440,54	R\$ 122.678.246,33	R\$ 42.316.135,22
<b>2043</b>	R\$ 80.990.489,36	R\$ 125.131.811,26	R\$ 42.823.928,84
<b>2044</b>	R\$ 82.610.299,14	R\$ 127.634.447,48	R\$ 43.337.815,99
<b>2045</b>	R\$ 84.262.505,13	R\$ 130.187.136,43	R\$ 43.857.869,78
<b>2046</b>	R\$ 85.947.755,23	R\$ 132.790.879,16	R\$ 44.384.164,22
<b>2047</b>	R\$ 87.666.710,33	R\$ 135.446.696,75	R\$ 44.916.774,19
<b>2048</b>	R\$ 89.420.044,54	R\$ 138.155.630,68	R\$ 45.455.775,48
<b>2049</b>	R\$ 91.208.445,43	R\$ 140.918.743,29	R\$ 46.001.244,79
<b>2050</b>	R\$ 93.032.614,34	R\$ 143.737.118,16	R\$ 46.553.259,72
<b>2051</b>	R\$ 94.893.266,63	R\$ 146.611.860,52	R\$ 47.111.898,84
<b>2021 - 2051</b>	<b>CENÁRIO ESPERADO</b>	<b>CENÁRIO OTIMISTA</b>	<b>CENÁRIO PESSIMISTA</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.151.204.038,60</b>	<b>R\$ 3.176.349.728,88</b>	<b>R\$ 1.223.801.358,34</b>

O cenário otimista apresentou uma receita 32% maior que o esperado e 61% maior que o pessimista. No entanto é considerar que o cenário otimista aconteça é um risco. Se compararmos o esperado com o pessimista este gerou uma receita 43% menor que aquele.

## 11 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, extensão de 3<sup>a</sup> faixa, percentual de não ultrapassagem, classe da rodovia, largura da seção e do acostamento, VHP etc.

Os segmentos utilizados já foram apresentados no item 2.1.

Sendo assim, foi possível diagnosticar o nível de serviço de cada subtrecho para o cenário atual e cenários futuros após 10, 20 e 30 anos, utilizando o volume da 50º maior hora. Este volume foi baseado no valor K obtido por contagens realizadas na BR-135 pelo DNIT, sendo os valores adotados 10,8% para sentido Norte, 12,6% sentido Sul.

### 11.1 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.

#### 11.1.1 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 38.

Tabela 38: Parâmetros utilizados para o cálculo dos patamares de Nível de Serviço HCM

SEGMENTO HOMOGÊNEO	RODOVIA	CLASSE RODOVIÁ	Km Inicial	Km Final	SENTIDO	% PESADOS	VELOCIDADE FLUXO LIVRE	FH P	ACESSOS / KM	FATOR K
SH 1	PI-397 - Transcerrados	1	0,00	92,30	C	88%	88	0,88	5	0,1078
					D	89%	88	0,88	5	0,1261
SH 2	PI-397 - Transcerrados	1	92,30	116,50	C	87%	88	0,88	5	0,1078
					D	88%	88	0,88	5	0,1261
SH 3	PI-397 - Transcerrados	1	116,50	126,80	C	91%	88	0,88	5	0,1078
					D	93%	88	0,88	5	0,1261
SH 4	PI-397 -	1	126,80	170,60	C	93%	88	0,88	5	0,1078

SEGMENTO HOMOGÊNEO	RODOVIA	CLASSE RODOVIÁ	Km Inicial	Km Final	SENTIDO	% PESADOS	VELOCIDADE FLUXO LIVRE	FHP	ACESSOS / KM	FATOR K
	Transcerrados				D	95%	88	0,88	5	0,1261
SH 5	PI-397 - Transcerrados	1	170,60	201,90	C	98%	88	0,88	5	0,1078
					D	95%	88	0,88	5	0,1261
SH 6	PI-397 - Transcerrados	1	201,90	242,70	C	98%	88	0,88	5	0,1078
					D	95%	88	0,88	5	0,1261
SH 7	PI-262 - Palestina	1	0,00	40,80	C	96%	60	0,88	5	0,1078
					D	64%	60	0,88	5	0,1261
SH 8	PI-262 - Palestina	1	32,10	32,90	C	96%	60	0,88	5	0,1078
					D	64%	60	0,88	5	0,1261

O segmento homogêneo 8 identificado na tabela acima se trata de uma rampa específica identificada pela equipe técnica em campo. A inclinação média do trecho é de 10,3%.

### 11.1.2 Nível de Serviço para o horizonte de concessão da rodovia

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

Tabela 39: Níveis de Serviços durante concessão

SEGMENTO HOMOGENEO	RODOVIA	CLASSE RODOVIA	Km Inicial	Km Final	SENTIDO	VMDA 2019	ANO																												
							19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
SH 1	PI-397 - Transcerrados	1	0,00	92,30	C	398	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
						321	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SH 2	PI-397 - Transcerrados	1	92,30	116,50	C	353	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
						274	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SH 3	PI-397 - Transcerrados	1	116,50	126,80	C	352	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
						276	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SH 4	PI-397 - Transcerrados	1	126,80	170,60	C	232	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
						151	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SH 5	PI-397 - Transcerrados	1	170,60	201,90	C	154	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
						91	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SH 6	PI-397 - Transcerrados	1	201,90	242,70	C	154	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
						91	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SH 7	PI-262 - Palestina	1	0,00	40,80	C	186	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
						187	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
SH 8	PI-262 - Palestina	1	32,10	32,90	C	186	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
						187	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Como pode ser observado, apesar da alta porcentagem de veículos pesados, os baixos volumes de tráfego fazem com que a rodovia sempre opere com melhor Nível de Serviço possível e isto para todo o horizonte de concessão e em todos os outros cenários (pessimista e otimista).

## 12 NÚMERO N

### 12.1 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 combinado<sup>1</sup> (limite legal estabelecido) utilizados para o cálculo de Número N em cada uma das categorias.

Tabela 40: Carregamento da frota

	2CB	3CB	4CB	2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2I2	2I3
Tara Média dos Veículos de Carga				6248	11041	14456	12000	11705	14706	12600	16595	16611	10250	17500
Peso Médio das Cargas				8517	12254	14949	14000	13628	21013	20400	21205	25813	13250	30250
Peso Médio Total Combinado	16000	19500	25500	16000	23295	29404	26000	33000	41500	33000	40000	48500	36000	46000
	3I2	3I3	2I3	3I3	3C2	3D4	3D6	3T4	3T6	3M6	3P5	3Q4	3V5	3R6
Tara Média dos Veículos de Carga	14500	22733	17000	15531	21500	19591	25220	22092	22958	23342	20500	22300	23400	25320
Peso Médio das Cargas	12000	25350	30750	28613	21500	34175	39990	25631	41683	39898	36500	51700	50600	39320
Peso Médio Total Combinado	43000	48083	47750	44144	43000	53767	80000	57000	74000	74000	57000	74000	74000	74000

Por fim, os percentuais de vazio, meia carga e carga plena segundo pesquisa OD estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 41: Percentuais de vazio, meia carga e carga plena

	2CB	3CB	4CB	2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2I2	2I3
Percentual de Vazio		0%	0%	42%	39%	25%	0%	63%	52%	0%	20%	35%	75%	50%
Percentual de Carga Plena	100%	100%	100%	44%	48%	58%	100%	38%	44%	100%	60%	56%	25%	0%
Percentual de Meia Carga		0%	0%	14%	13%	17%	0%	0%	4%	0%	20%	10%	0%	50%
	3I2	3I3	2I3	3I3	3C2	3D4	3D6	3T4	3T6	3M6	3P5	3Q4	3V5	3R6
Percentual de Vazio	0%	67%	0%	0%	0%	32%	27%	29%	31%	20%	0%	0%	50%	0%
Percentual de Carga Plena	100%	17%	100%	100%	100%	63%	58%	52%	59%	80%	100%	100%	50%	100%
Percentual de Meia Carga	0%	17%	0%	0%	0%	5%	15%	19%	10%	0%	0%	0%	0%	0%

<sup>1</sup> 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.

Na Tabela 42 e Tabela 43 estão apresentados os fatores de veículos USACE e AASHTO calculados para cada classe quando vazia, meia carga e carga plena.

Tabela 42: Fatores de Veículo - USACE

	2CB	3CB	4CB	2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2I2	2I3
FV - USACE VAZIO				0,05	0,20	0,25	0,28	0,10	0,20	0,13	0,27	0,19	0,05	0,92
FV - USACE CARGA PLENA	3,57	2,69	3,68	3,57	9,46	10,59	6,86	12,12	12,87	12,12	17,38	18,13	10,15	13,44
FV - USACE MEIA CARGA				0,45	1,81	2,12	1,31	0,64	1,12	1,68	2,12	1,36	0,32	2,25
	3I2	3I3	2I3	3I3	3C2	3D4	3D6	3T4	3T6	3M6	3P5	3Q4	3V5	3R6
FV - USACE VAZIO	0,12	0,36	0,27	0,12	0,57	0,20	0,19	0,38	0,21	0,51	0,19	0,22	0,30	0,29
FV - USACE CARGA PLENA	15,41	10,57	28,28	10,31	15,41	18,84	30,53	25,92	34,47	27,43	12,42	57,19	52,21	34,47
FV - USACE MEIA CARGA	0,46	2,27	3,28	1,30	3,21	1,98	1,72	1,67	1,96	1,89	1,72	4,99	5,23	1,62

Tabela 43: Fatores de Veículo - AASHTO

	2CB	3CB	4CB	2C	3C	4CD	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2I2	2I3
FV - AASHTO VAZIO				0,04	0,13	1,31	0,29	0,07	0,17	0,08	0,17	0,11	0,05	0,94
FV - AASHTO CARGA PLENA	2,72	0,96	1,02	2,72	2,08	2,15	5,12	4,36	4,28	4,36	3,61	3,53	7,51	9,91
FV - AASHTO MEIA CARGA				0,44	0,58	2,47	1,32	0,37	0,51	0,91	0,73	0,44	0,28	2,25
	3I2	3I3	2I3	3I3	3C2	3D4	3D6	3T4	3T6	3M6	3P5	3Q4	3V5	3R6
FV - AASHTO VAZIO	0,08	0,25	0,25	0,07	0,52	0,09	0,10	0,28	0,09	0,45	0,09	0,13	0,07	0,08
FV - AASHTO CARGA PLENA	6,76	6,03	10,58	3,55	6,76	4,12	13,19	5,25	6,90	5,09	2,89	23,05	8,61	6,90
FV - AASHTO MEIA CARGA	0,29	1,62	2,01	0,68	1,98	0,84	1,15	0,69	0,78	0,54	0,58	3,64	1,50	0,67

## 12.2 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 média considerada foi de 3,4% conforme já explicado.

Para o presente estudo de tráfego, adotou-se, a favor da segurança, o Fator Climático Regional igual a 1. Tal fator se encontra a favor da segurança, uma vez que, de acordo com os dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), o estado do Piauí não possui índice de precipitação maior que 500 mm, com média mensal de 100 mm a 300 mm somente no primeiro semestre de cada ano.

De acordo com os parâmetros adotados, a tabela a seguir apresenta os resultados obtidos através do cálculo de número N com base no VMD corrigido para os 8 segmentos homogêneos das rodovias Transcerrados e Palestina.

Tabela 44: Número N - Rodovias PI-397/PI-262

<b>Cálculo do N</b>		Pista Simples						Pista Dupla					
		Acumulado USACE			Acumulado AASHTO			Acumulado USACE			Acumulado AASHTO		
		Ano de Projeto		Ano de Projeto		Ano de Projeto		Ano de Projeto		Ano de Projeto		Ano de Projeto	
Segmento Homogêneo	Rodovia	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	PI-397	2,14E+07	5,13E+07	9,31E+07	4,71E+06	1,13E+07	2,05E+07	1,93E+07	4,62E+07	8,38E+07	4,24E+06	1,02E+07	1,84E+07
2	PI-397	1,88E+07	4,51E+07	8,19E+07	4,14E+06	9,93E+06	1,80E+07	1,69E+07	4,06E+07	7,37E+07	3,73E+06	8,94E+06	1,62E+07
3	PI-397	1,88E+07	4,51E+07	8,19E+07	4,14E+06	9,93E+06	1,80E+07	1,69E+07	4,06E+07	7,37E+07	3,73E+06	8,94E+06	1,62E+07
4	PI-397	1,28E+07	3,06E+07	5,56E+07	2,81E+06	6,74E+06	1,22E+07	1,15E+07	2,76E+07	5,00E+07	2,53E+06	6,06E+06	1,10E+07
5	PI-397	9,20E+06	2,21E+07	4,00E+07	2,02E+06	4,84E+06	8,79E+06	8,28E+06	1,98E+07	3,60E+07	1,82E+06	4,36E+06	7,91E+06
6	PI-397	9,20E+06	2,21E+07	4,00E+07	2,02E+06	4,84E+06	8,79E+06	8,28E+06	1,98E+07	3,60E+07	1,82E+06	4,36E+06	7,91E+06
7	PI-262	1,21E+07	2,90E+07	5,26E+07	2,43E+06	5,82E+06	1,06E+07	1,09E+07	2,61E+07	4,74E+07	2,19E+06	5,24E+06	9,51E+06
8	PI-262	1,21E+07	2,90E+07	5,26E+07	2,43E+06	5,82E+06	1,06E+07	1,09E+07	2,61E+07	4,74E+07	2,19E+06	5,24E+06	9,51E+06

Os valores de número N calculados ficaram dentro da normalidade ( $N \times 10^7$ ) isso se dá pois apesar dos baixos valores de VMDA em veículos/dia, há forte presença de veículos comerciais pesados principalmente nos trechos mais ao Norte da rodovia (cerca de 70%).

Para o trecho 1, o mais carregado, de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, considerando um número N no período de 10 anos na ordem de  $2 \times 10^7$ , tem-se uma indicação de revestimento concreto betuminoso na ordem de 10,0 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 45: Espessura Mínima de revestimento betuminoso

<b>N</b>	<b>Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso</b>
$N \leq 10^6$	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

## 13 EQUIPE TÉCNICA

- RT: Frederico Rodrigues – Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia de Transportes, CREA 90.217/D – MG.
- Cristiano Carneiro Resende – Eng. Civil. CREA 120.845/D – MG.
- Igor Jackson Arthur Costa e Souza – Técnico em Transportes e Trânsito.
- Lucas Mendes Pina – Graduando em Engenharia de Transportes.

