



GOVERNO DO
**Rio de
Janeiro**



PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE – PMI

**Estudos de Concessão
Lote Eixo Noroeste**

PRODUTO RT1.3

ESTUDOS DE ENGENHARIA

ANÁLISE DE LOCALIZAÇÃO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO



PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE - PMI

**Estudos de Concessão
Lote Eixo Noroeste**

PRODUTO RT1.3 ESTUDOS DE ENGENHARIA - VOLUME 3

ANÁLISE DE LOCALIZAÇÃO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO

Julho de 2020

Ao

**Conselho Gestor do Programa Estadual de Parcerias Público-Privadas - PROPAR e
Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Emprego e Relações Internacionais –
SEDEERI**

Palácio Guanabara - R. Pinheiro Machado, s/nº - Anexo 3º Andar - Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ,
22231-901

Ref.: Estudos técnicos destinados à implementação de concessão de rodovias estaduais do Rio de
Janeiro – Lote Eixo Noroeste.

Prezados Senhores,

A Dynatest Engenharia Ltda vem por meio do presente, entregar formalmente ao Conselho Gestor do Programa Estadual de Parcerias Público–Privadas e Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Emprego e Relações Internacionais, o produto **RT1.3 – Estudos de Engenharia – Volume 3, Análise de Localização das Praças de Pedágio** , conforme requisitos constantes do Edital de Chamamento Público nº 01/2018 e Anexos.

Ficamos à disposição para quaisquer dúvidas e/ou esclarecimentos que se façam necessários.

Atenciosamente,

Leonardo Appel Preussler

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	6
1.1 ESCOPO DO TRABALHO.....	7
1.2 EQUIPE TÉCNICA	10
1.3 FONTES DE INFORMAÇÃO.....	11
1.4 MAPA DE SITUAÇÃO.....	12
2. PROCEDIMENTOS PRELIMINARES.....	13
2.1 ANÁLISE PRELIMINAR - ESTUDO DO PELC/RJ	14
2.2 SELEÇÃO DA LOCALIZAÇÃO PRELIMINAR DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO.....	14
2.2.1 Praça 1 – RJ-186 km 91,45	15
2.2.2 Praça 2 – RJ-186 km 11,89	16
2.2.3 Praça 3 – RJ-160 km 21,13	17
2.2.4 Praça 4 – RJ-122 km 31,30	18
2.3 DIVISÃO EM SEGMENTOS HOMOGÊNEOS E ZONEAMENTO	19
2.4 DADOS DE VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DE TRÁFEGO EXISTENTES	22
2.5 MATRIZ ORIGEM E DESTINO E CALIBRAÇÃO.....	23
3. MODELO DE SIMULAÇÃO.....	25
3.1 MODELAGEM DE ANÁLISE DA REDE UTILIZANDO VISUM	26
3.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DE IMPEDÂNCIAS OBSERVADAS PELO MODELO	29
3.3 CENÁRIOS MODELADOS, RESULTADOS OBTIDOS COM AS SIMULAÇÕES E ANÁLISES	31
3.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE INTERFERÊNCIA ENTRE PRAÇAS DE PEDÁGIO.....	35
4. RESULTADOS	37
4.1 RESULTADOS DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO.....	38
4.2 LOCALIZAÇÃO DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO.....	41

1. APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

1.1 Escopo do Trabalho

A Dynatest Engenharia encaminha o presente Relatório Técnico, denominado “RT1.3 – Estudos de Engenharia Volume 3 – Análise de localização das praças de pedágio”, integrante dos estudos técnicos, conforme estabelecido no Edital de Chamamento Público nº 01/2018, referente aos Estudos Técnicos destinados à Implementação de Concessão de Rodovias Estaduais do Rio de Janeiro, Lote Eixo Noroeste. O referido Lote contempla uma extensão de 195,5 km e abrange trechos das rodovias estaduais RJ-122, RJ-158, RJ-160 e RJ-186.

- ✓ RJ-122, início no entroncamento com a rodovia BR-116N (Rio Teresópolis) e fim no entroncamento com a rodovia BR-116, extensão de 35,2 km;
- ✓ RJ-158, início no entroncamento com a rodovia BR-393 e fim no entroncamento com a rodovia RJ-160, extensão de 7 km;
- ✓ RJ-160, início no entroncamento com a RJ-158 e fim no entroncamento com a rodovia RJ-116, extensão de 51,6 km;
- ✓ RJ-186, início na divisa com MG e fim na divisa com ES, extensão de 101,77 km.

O trecho rodoviário em questão atravessa os municípios:

- ✓ RJ-186
 - Bom Jesus de Itabapoana;
 - Itaperuna;
 - São João de Ubá;
 - Santo Antônio de Pádua.
- ✓ RJ-158
 - Carmo.
- ✓ RJ-160
 - Carmo;
 - Cantagalo;
 - Cordeiro.
- ✓ RJ-122
 - Guapimirim;
 - Cachoeiras de Macacu.

A seguir, as figuras ilustram o início e o fim da rodovia (Figura 1 a Figura 4).



Figura 1 – Início e fim do trecho: RJ-122.

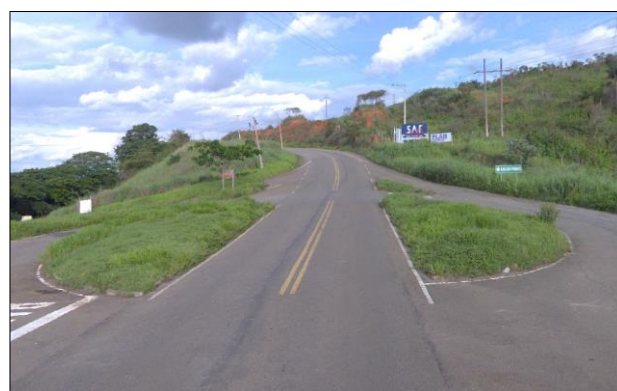


Figura 2 – Início e fim do trecho: RJ-158.

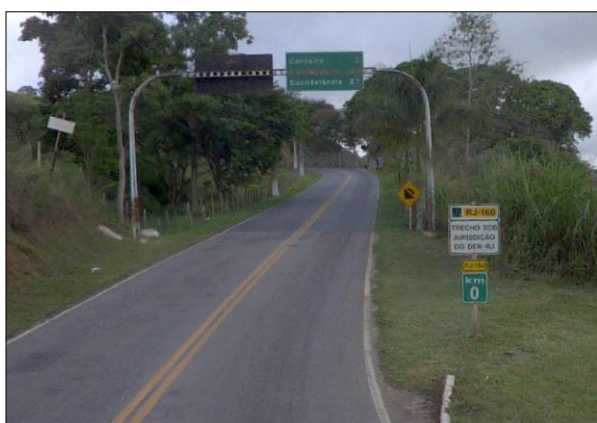


Figura 3 – Início e fim do trecho: RJ-160.



Figura 4 – Início e fim do trecho: RJ-186

As coordenadas de início e fim de trecho estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas de início e fim de trecho. Datum horizontal WGS 84.

Rodovia	Início		Fim	
	Latitude (°)	Longitude (°)	Latitude (°)	Longitude (°)
RJ-122	-22,546964	-42,987035	-22,516029	-42,696308
RJ-158	-21,876863	-42,66722	-21,856722	-42,608718
RJ-160	-22,047454	-42,355265	-21,856722	-42,608718
RJ-186	-21,658263	-42,343056	-21,135641	-41,662541

A partir do Estudo de Tráfego, apresentado no RT 1.1, foi possível a obtenção de insumos suficientes que possibilitaram a simulação do tráfego, de forma a definir como as viagens existentes e futuras serão redistribuídas pela rede, dado um novo cenário de oferta viária (Concessão) e da introdução de um elemento de impedância, que no caso deste estudo tem na cobrança de pedágios das rodovias analisadas seu principal impacto para a demanda de transporte.

O impacto no volume de tráfego após o início da operação da concessão tem influência direta na receita potencial da implantação de praças de pedágio para o modelo de concessão de prazo igual a 25 anos.

1.2 Equipe Técnica

A equipe técnica chave está apresentada na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Equipe chave

Coordenação Geral	
Leonardo Appel Preussler	Coordenação e Responsável Técnico pelo Estudo de Concessão
Paloma Gentil Fialho Barbosa	Co-Coordenador e Co-Responsável Técnico pelo Estudo de Concessão
Estudos de Engenharia	
Paloma Gentil Fialho Barbosa	Coordenadora e Responsável Técnica pelos estudos de CAPEX, incluindo fase de trabalhos iniciais, recuperação, simulações com HDM-4 e ampliações de capacidade
Aline Hayashi Suzuki	Coordenadora e Responsável Técnica pelos estudos ambientais e Responsável Técnica dos estudos de OPEX
Vitor Antonio Canato	Coordenador e Responsável Técnico pelos estudos de tráfego e simulação de redes de tráfego de aproximadamente 500 km no Visum
David Ferreira Lurznik	Responsável pelos estudos de melhorias e ampliação de capacidade
Lucas Fonseca Oliveira	Responsável pelo orçamento
Luciana Moreira Barbosa	Co-Responsável Técnica pelos estudos de OPEX
Gabriele da Silva Ramalho	Co-Responsável Técnica pelos estudos de CAPEX
Fernando Santos	Responsável pelos Levantamentos de Campo com FWD, <i>Pavement Scanner</i> (IGG+LVC+LVD+IRI), Drone
Análises Financeiras	
Ruy Moraes	Coordenador e Responsável pelos trabalhos de análise e viabilidade econômico financeira
Rui Alves Margarido	Coordenador e Co-Responsável pelos trabalhos de análise e viabilidade econômico financeira
Aspectos Jurídicos	
Alexandre Frayze David	Aspectos jurídicos e contratuais

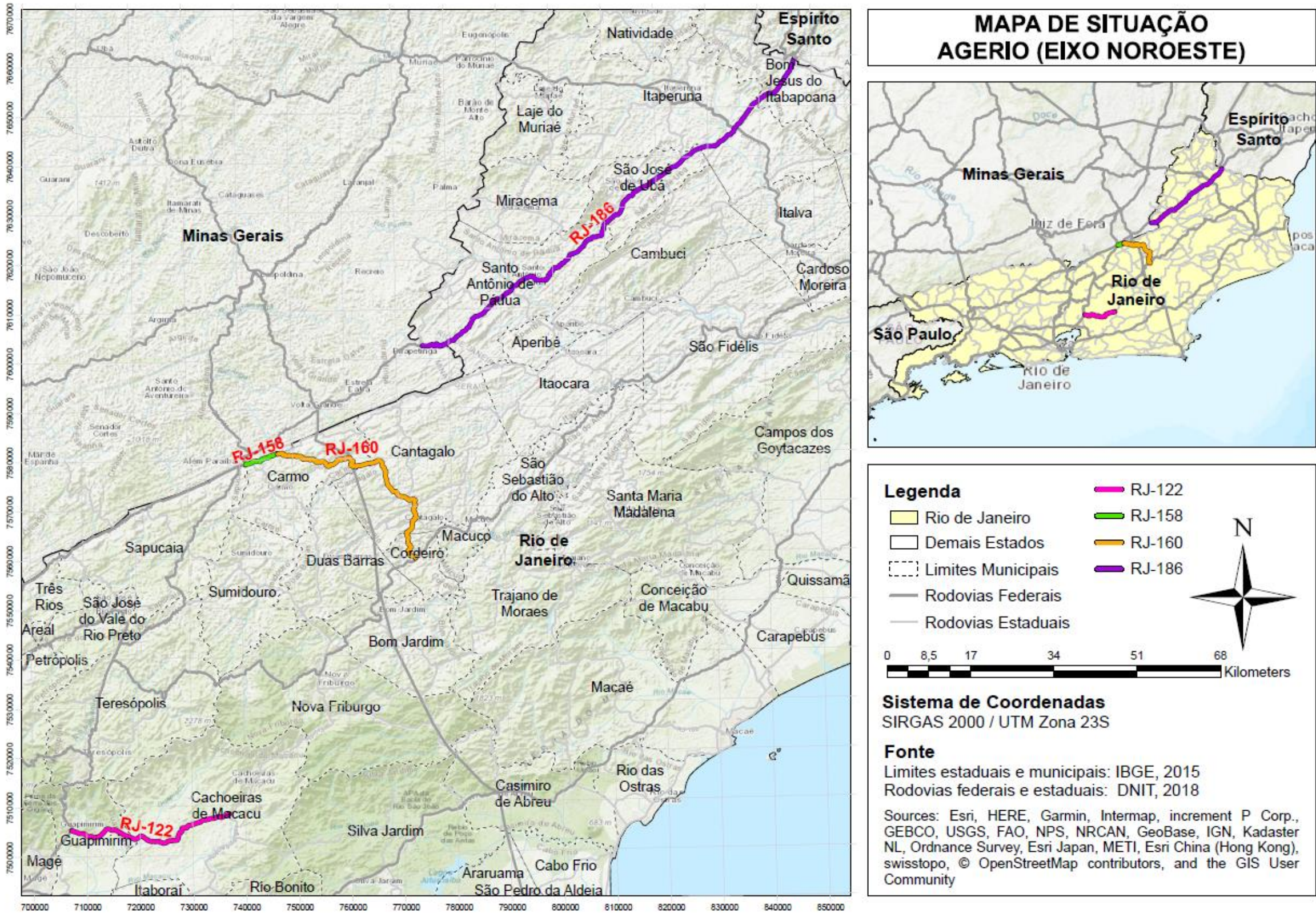
1.3 Fontes de Informação

As informações utilizadas para desenvolvimento deste estudo incluíram obtenção de dados através de:

- ✓ Pesquisa e levantamento de informações em fontes secundárias que caracterizam as condições ambientais e sociais da área de influência do projeto;
- ✓ Normas legais que têm incidência sobre os aspectos ambientais e sociais do trecho da rodovia em estudo;
- ✓ Cadastro físico do sistema e levantamentos primários desenvolvidos pela Dynatest Engenharia Ltda como parte dos estudos iniciais em outubro e novembro de 2018.

1.4 Mapa de Situação

O mapa de situação do trecho do lote Eixo Noroeste está apresentado no Mapa 1 apresentado na sequência.



Mapa 1 - Mapa de situação – Lote Eixo Noroeste.

2. PROCEDIMENTOS PRELIMINARES

2. PROCEDIMENTOS PRELIMINARES

2.1 Análise Preliminar - Estudo do PELC/RJ

No ano de 2016 o estado do Rio de Janeiro elaborou um plano denominado “Plano Estratégico de Logística e Cargas do Rio de Janeiro – PELC/RJ” cujo objetivo central foi descrito como sendo “ (...) *desenvolver Análise da Rede Logística de Cargas no Estado do Rio de Janeiro, e sua área de influência, com propostas hierarquizadas de ações e projetos*”.

O PELC/RJ, *per se*, apresenta-se como um *masterplan*, de nível estratégico para indicação de características de investimento e de comportamento de longo prazo. Dessa forma, *a priori*, o plano não poderia ser usado diretamente para a determinação de estruturas e impactos em um estudo focal, como o aqui delimitado.

O modelo apresentado, com os dados referentes ao PELC/RJ apresenta um complexo conjunto de cenários. Em que pese os objetivos postos e a construção observada do modelo, as características básicas da inteligência do mesmo foi totalmente direcionada para a análise estratégica do comportamento dos fluxos presentes (e futuros) no estado do Rio de Janeiro.

Todavia, com a complementação das pesquisas realizadas no Estudo de Concessão atual, tanto de origem e destino quando de contagem volumétrica classificada, além de ponderações pontuais sobre a conectividade da rede e das impedâncias observadas permitiram a elaboração de três modelos que, embora independentes do modelo do PELC/RJ, obedecem às premissas e metodologias demonstradas na elaboração daquele estudo, mantendo assim um sentido de continuidade e de concordância dos estudos.

2.2 Seleção da localização preliminar das praças de pedágio

As principais diretrizes para a escolha da localização das Praças de Pedágio, em termos de sistema rodoviário e uso do solo, foram as seguintes:

- ✓ Existência de Rotas de Fuga, que são as vias alternativas que os usuários podem utilizar para evitar o pagamento de pedágio;
- ✓ Atendimento do maior fluxo de veículos para a viabilização dos investimentos em termos financeiros;
- ✓ Distância dos centros e aglomerações urbanas;

As etapas de definição da localização das Praças de Pedágio foram:

- ✓ Vistorias em campo para a verificação das rotas de fuga existentes
- ✓ Identificação do sítio mais adequado para a implantação de cada edificação

Estas etapas estão apresentadas adiante, sendo que as rotas de fuga possíveis podem ser definidas como:

- a) **Rotas de Longa Distância:** São aquelas rotas que são ou serão utilizadas pelos veículos quando os desejos de viagem são a longa distância dos polos principais da região considerada. Em geral estas rotas já estão consolidadas e as fugas são por rodovias fora da área de influência da rodovia em análise.
- b) **Rotas de Média Distância:** São aquelas rotas que estão sendo ou poderão vir a ser utilizadas por veículos em função das condições atuais da rodovia em estudo (são fugas eventuais já utilizadas por motivos diversos) ou do início da cobrança de pedágios (fuga futura). As rotas de fuga de média distância existentes são as rodovias em geral próximas da rodovia a ser pedagiada mas com distâncias e/ou tempos de viagem maiores.
- c) **Rotas de Curta Distância:** São aquelas rotas que poderão vir a ser utilizadas por veículos em função do início da cobrança de pedágios (fuga futura) e que praticamente “contornam” as praças, utilizando vias locais ou rodovias bem próximas. São nestas rotas de fuga de curta distância que a atuação de “bloqueio de fuga” são mais viáveis e dão mais resultados.

Foram estudados 04 locais distintos para implantações de 04 praças de pedágio no Lote Noroeste, sendo apresentado adiante tais justificativas.

2.2.1 Praça 1 – RJ-186 | km 91,45

A seleção da localização desta Praça foi definida considerando-se que tal local é situado em região que não há rotas alternativas viáveis como rotas de fuga de curta distância. Em termos de média distância, uma alternativa é a RJ-210 passando por Itaperuna, que aumenta o percurso em torno de 25 km, mas com tempo de viagem maior em função da travessia da zona urbana de Itaperuna. A seguir, na Figura 5, a localização da proposição de praça de pedágio sobre imagem de satélite, permite visualizar o as possíveis rotas de fuga.

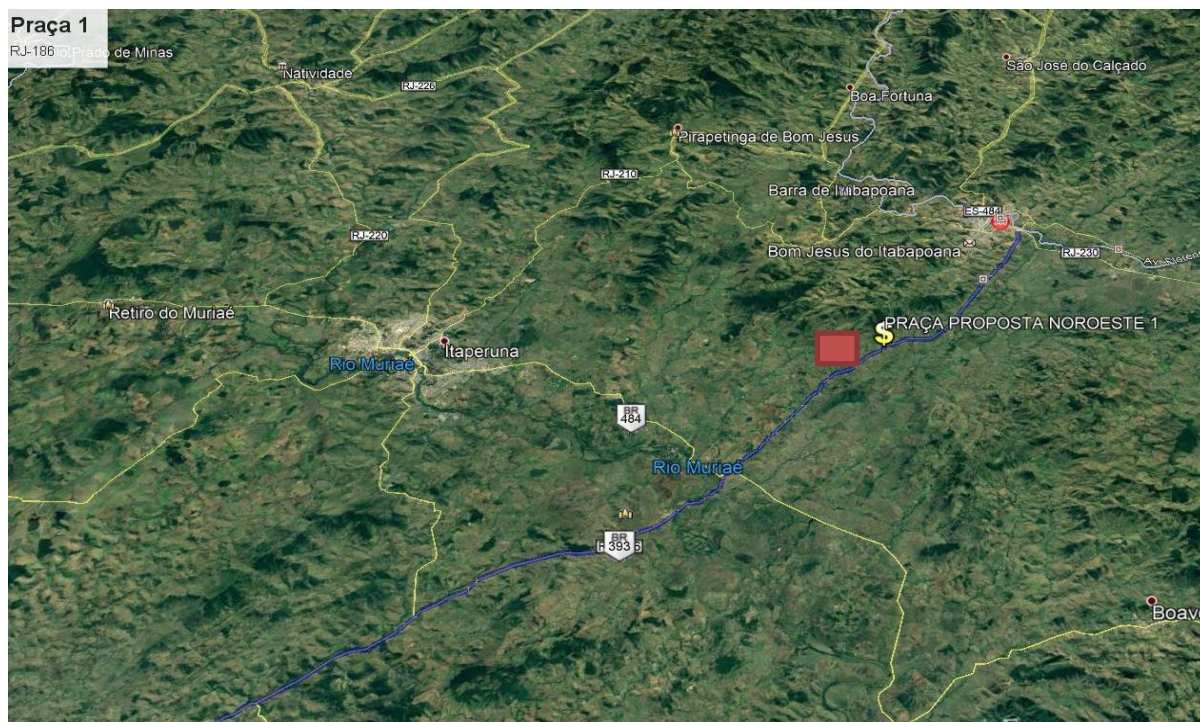


Figura 5 - Localização preliminar da Praça P01 | RJ-186 km 91,45 (Fonte da imagem: Google Earth).

2.2.2 Praça 2 – RJ-186 | km 11,89

A localização da Praça 02 foi prevista no início da RJ-186, em local que não há rotas alternativas viáveis como rotas de fuga de curta distância. Em termos de média distância uma alternativa é a BR-393, que aumenta o percurso em torno de 15 km mas com tempo de viagem maior em função da distância percorrida, considerando como referencial o município de Pirapetinga. Na Figura 6, está apresentada a proposição da localização da praça de pedágio citada, sobre imagem de satélite.

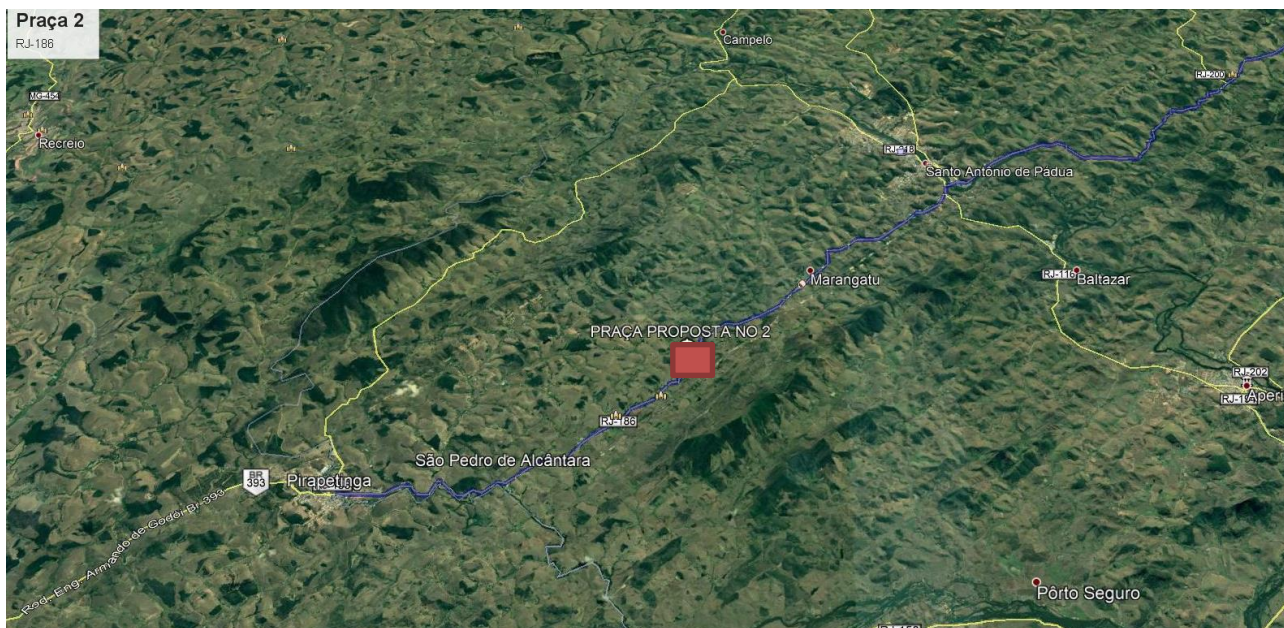


Figura 6- Localização preliminar da Praça P02 | RJ-186 km 11,89 (Fonte da imagem: Google Earth).

2.2.3 Praça 3 – RJ-160 | km 21,13

A localização da Praça 03 foi prevista no segmento da RJ-160, entre a BR-393 e RJ-170. As rotas alternativas são de média distância pela RJ-170 e RJ-158 (sentido Sul/Norte) e pelo fato de não haver alternativas viáveis como rotas de fuga de curta distância. Em termos de média distância a alternativa pela RJ-170/RJ-158 aumenta o percurso em torno de 15 km e com tempo de viagem maior em função da sinuosidade destas vias. A seguir, na imagem de satélite da Figura 7, é possível de se visualizar a proposição inicial da localização da praça na RJ-160, e a ausência de rotas de fuga de curta distância.

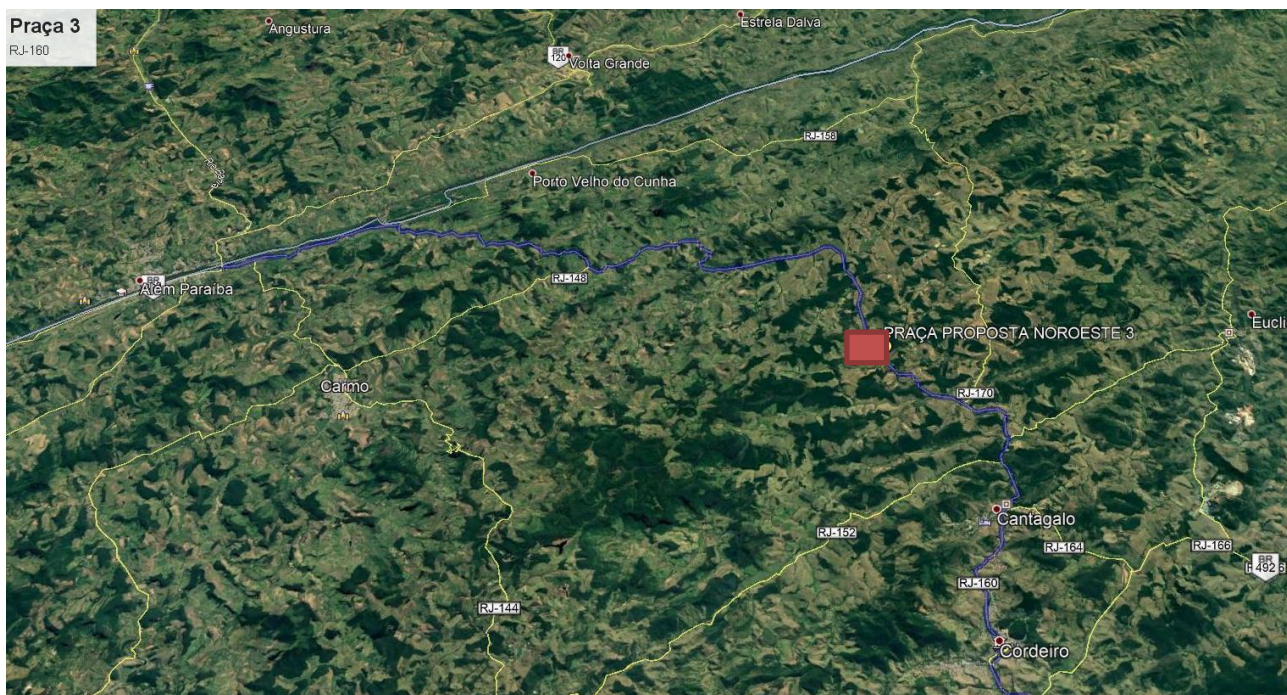


Figura 7 - Localização preliminar da Praça P03 | RJ-160 km 21,13 (Fonte da imagem: Google Earth).

2.2.4 Praça 4 – RJ-122 | km 31,30

A localização da Praça 4 foi prevista na RJ-122, entre a RJ-116 e a BR-116 – Rio Teresópolis. As rotas alternativas são de média/longa distância pela BR-493 (Rio Magé) e RJ-116, ligação com Nova Friburgo a partir do Rio de Janeiro ou com a região serrana de Teresópolis/Petrópolis a partir do Litoral Norte. Não há rotas alternativas viáveis como rotas de fuga de curta distância. A rota de fuga pelo corredor BR-493/116 não é viável em função das distâncias envolvidas e tempos de viagem. Na Figura 8, pode-se analisar a localização proposta e a ausência de fugas ao longo do trecho estudado.

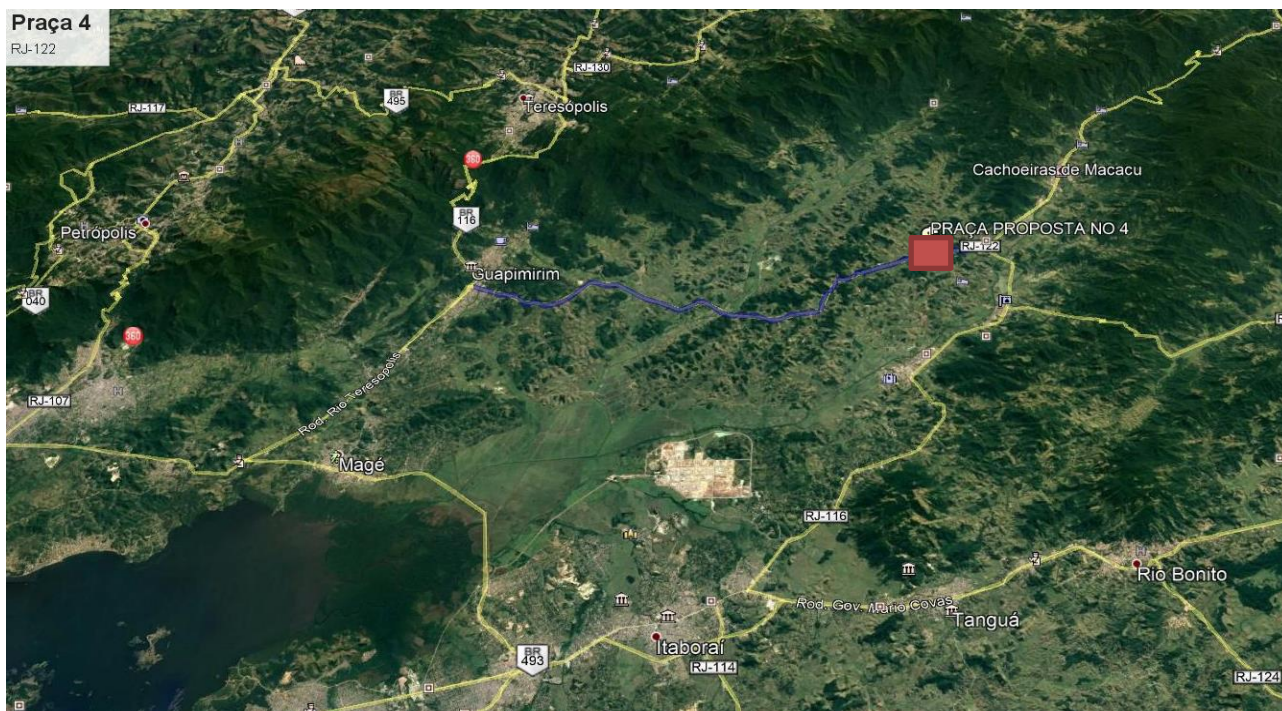


Figura 8 - Localização preliminar da Praça P04 | RJ-122 km 31,30 (Fonte da imagem: Google Earth).

2.3 Divisão em Segmentos Homogêneos e Zoneamento

Realizando uma comparação direta entre a malha rodoviária estadual, presente no PELC, a malha rodoviária estadual informada pelo DNIT, provinda da CIDE, e os levantamentos realizados através de observação das fotos de satélite disponíveis no site do INPE, foi possível determinar que a rede utilizada pelo PELC/RJ, mantém uma segmentação adequada para o estudo e atualidade aceitável para o trabalho nos trechos ora observados.

Desta maneira, a rede de transportes rodoviários presentes no PELC/RJ (disponíveis no site http://arquivos.proderj.rj.gov.br/setrans_pelc_imagens/SCSEditaImprensa/arquivo/upload/Modelo%20da%20Rede.zip) foram exportados do modelo original e reutilizados, com seus parâmetros de impedância, formato espacial e segmentações de maneira integral no sistema.

Os investimentos em infraestrutura, previstos nos cenários de 2020 a 2045, assim como as interferências causadas pela eventual implantação da EF-118 foram absorvidos para o modelo de simulação nos anos propostos pelo portfólio apresentado no projeto (especificamente para a EF-118 foi adotado 2030 como ano de implantação – desenhando assim um cenário factível).

Essa segmentação, com foco nos três modelos desenhados, pode ser observada nas imagens subsequentes (Figura 9 a Figura 11):



Figura 9 – Segmento do Modelo da RJ-122.

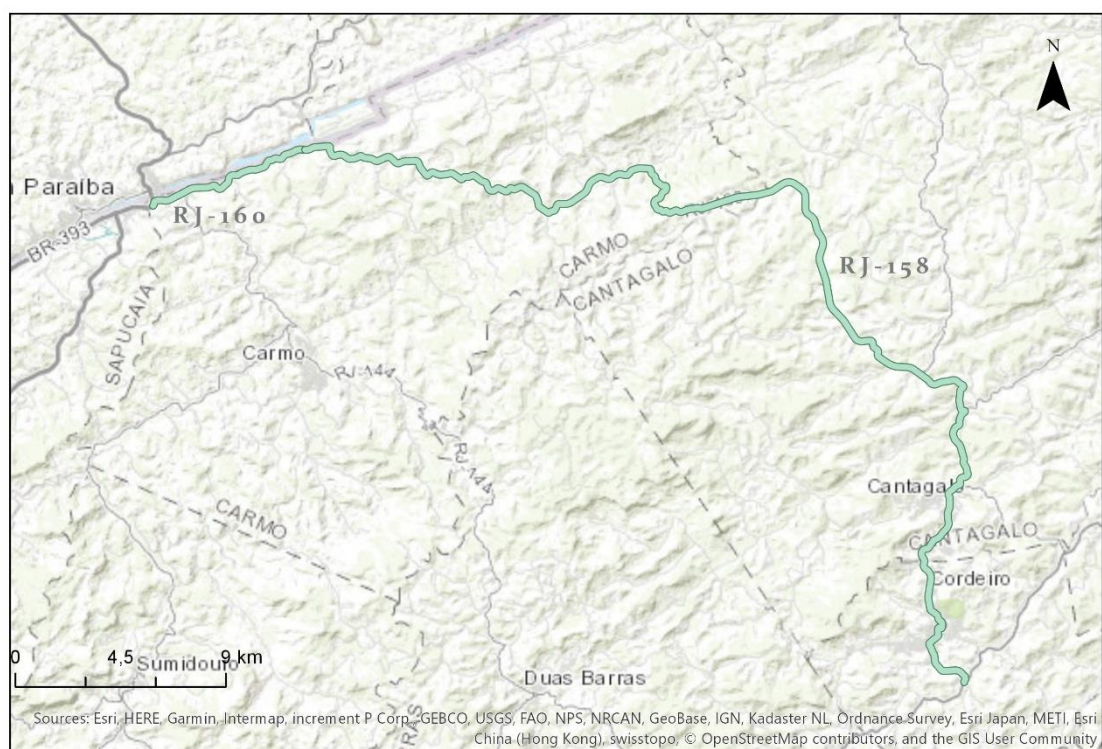


Figura 10 – Segmento do Modelo da RJ-158 e RJ-160.

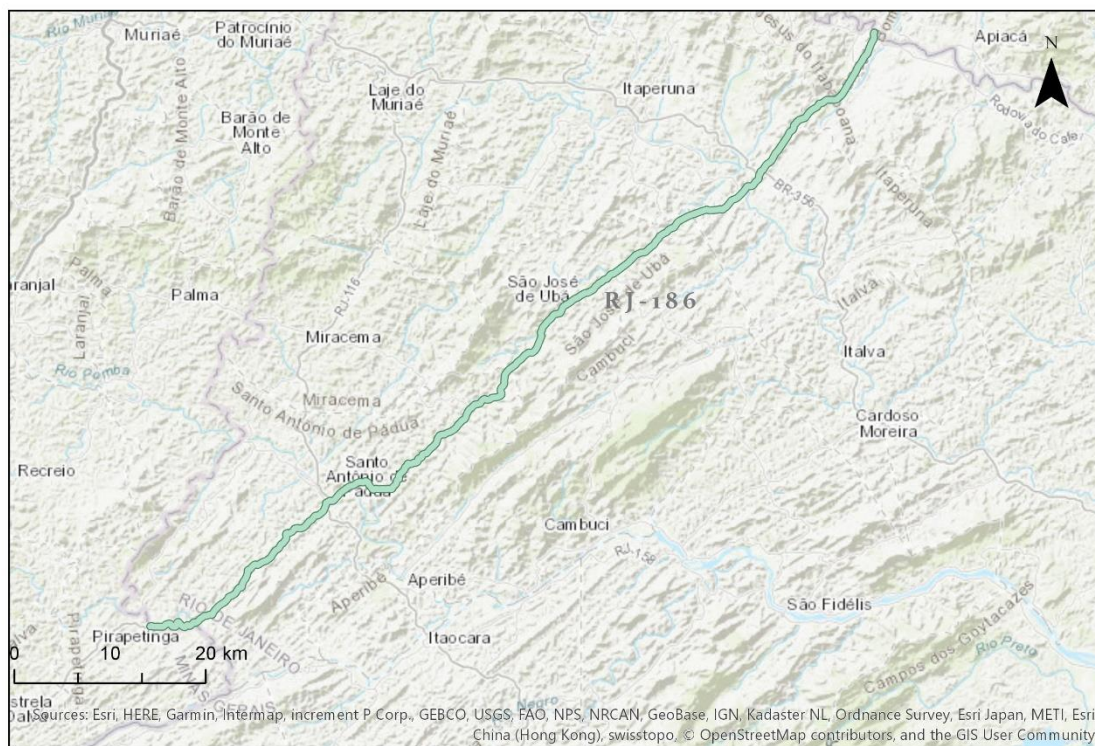


Figura 11 – Segmento do Modelo da RJ-158 e RJ-186.

A malha completa considerada para a simulação pode ser observada na Figura 12, abaixo.

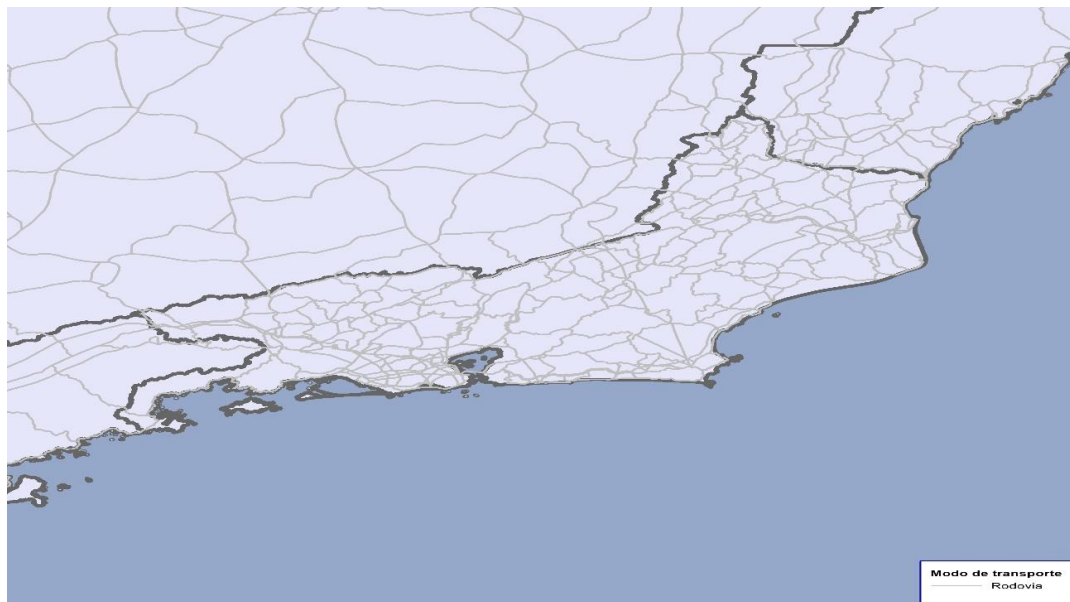


Figura 12 – Malha Rodoviária completa considerada nos modelos.

Para a análise da demanda por transporte ter prosseguimento, além da segmentação em trechos homogêneos, fez-se necessário realizar um zoneamento da área de estudo.

Para tanto, foi levada em consideração a precisão que se deseja no estudo, de forma que a relação é que quanto maior a precisão necessária, menor o tamanho da zona de tráfego considerada.

Sendo assim, uma vez que o zoneamento visa atender a simplificação do modelo de distribuição de tráfego e alocação, fornecendo base para determinação de viagens existentes e futuras, além de permitir tratamento estatístico de fatores de geração de tráfego, como dados de crescimento econômico e populacional, o presente zoneamento foi realizado de forma a trazer maior precisão para o Estado do Rio de Janeiro, cuja divisão se deu por município, e menor precisão nas outras regiões do país, cuja divisão se deu por Microrregiões. Os centroides de tais zonas foram estabelecidos como sendo suas sedes municipais, para o Rio de Janeiro, e o centroide geométrico, para as demais microrregiões.

2.4 Dados de Volume Médio Diário anual de Tráfego existentes

Para que o modelo possa representar adequadamente o comportamento de tráfego existente na rodovia estudada é necessária a realização da calibração dos volumes resultantes da alocação da Matriz Origem e Destino coletada durante as pesquisas.

Desta forma, o processo de calibração referido foi realizado com base nos volumes médios diários anuais de postos de contagem volumétricas classificadas realizadas no final do ano de 2018.

Nessa análise foram incluídos dados de postos de contagem realizados ao longo do trecho, principalmente aqueles observados em campanhas de contagem próprias, não dispensando as contagens obtidas de dados de radares, desde que estes postos apresentassem dados completos, abrangentes e em malhas rodoviárias que permitissem uma adequada observação do comportamento da rede.

Embora a calibração tenha sido realizada somente com os dados coletados, por estarem inseridos no contexto do estudo, os dados dos postos de radares permitiram o controle de eventuais distorções e inadequações de comportamento.

Dada essa premissa, as calibrações serão realizadas somente sobre os postos de contagem, tendo seu GEH aferido para determinação de quanto o modelo está se comportando de maneira adequada.

2.5 Matriz Origem e Destino e Calibração

Para a definição da matriz de O/D, requerida para qualificação e quantificação dos principais fluxos de tráfego incidentes na rodovia objeto desse estudo, foram analisados dados dos postos anteriormente informados, tendo sido esses expandidos e calibrados utilizando ferramentas de análise de fluxo existentes no VISUM, tais como análise por *Flow Bundle* (para verificação de adequação dos fluxos observados nas rodovias estudadas) e correção de matriz por *TFlowFuzzy*.

Usualmente dois parâmetros são utilizados como balizadores da qualidade e aderência dos modelos de simulação de transportes.

O primeiro, conhecido como coeficiente de correlação (R^2), que apresenta a dispersão entre os valores censitários (coletas realizadas nos postos acima apresentados) e o estimado pelo modelo.

O segundo, menos usual, porém tão poderoso quanto o R^2 é o GEH. O teste GEH, batizado com esse nome graças ao seu elaborador Geoffrey E. Havers, permite comparar os dados de tráfego dos conjuntos: estimados e contados. Ele foi elaborado como uma variação do teste Chi-Quadrado (χ^2), incorporando tanto o erro absoluto quanto o erro relativo.

Valores de GEH até 10 são considerados bons, entre 10 e 12 são aceitáveis e acima de 12 indicam falha na calibração. O desejável para uma boa calibração é que o GEH fique abaixo de 5, sendo esse o padrão da análise adotada para este relatório.

No tocante do R^2 o modelo se apresentou bastante aderente, com um R^2 acima de 0,9. Isso indica que há uma forte correlação entre os valores estimados pelo modelo e aqueles coletados no processo censitário.

Um R^2 tão alto, embora incomum, era esperado uma vez que se trata de pequenos trechos de pequena quilometragem, com poucas interferências de grande valor, que possam alterar o tráfego, assim como com uma boa cobertura de pesquisa. O gráfico abaixo (Figura 13) apresenta a correlação entre os dados censitários coletados (pesquisas volumétricas) e os dados estimados pelo modelo.

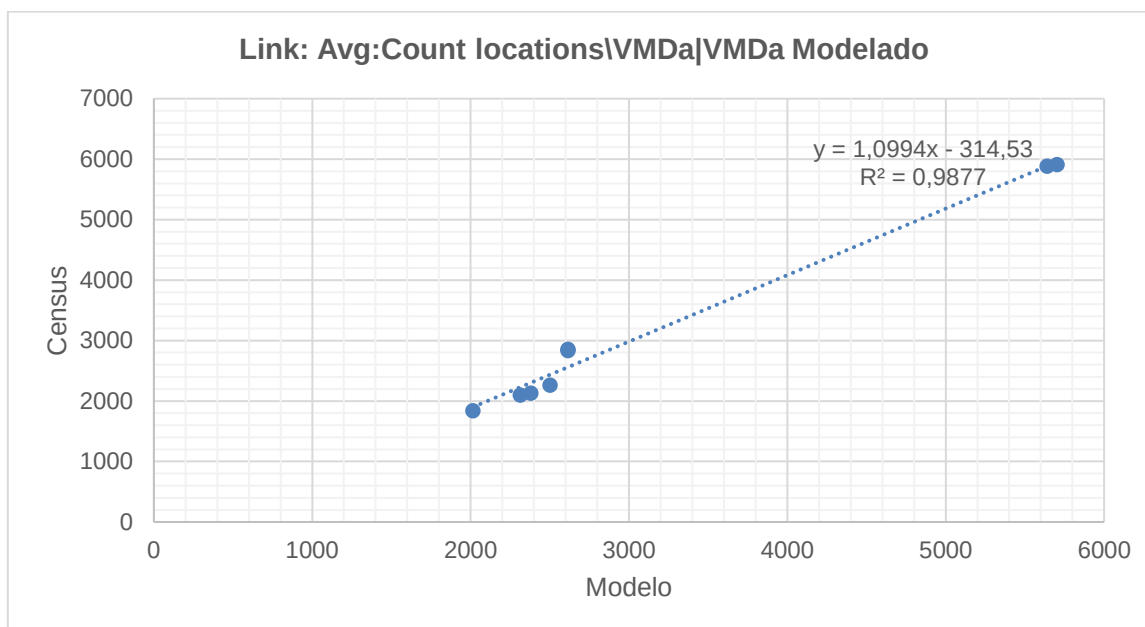


Figura 13 - Correlação entre os dados estimados e os dados observados no modelo.

Por sua vez, os resultados observados no GEH estão apresentados no quadro abaixo.

Tabela 3 - Resultados observados no GEH.

Rodovia	Fonte	Sentido	Census	Modelo	Avaliação	
			VMDa Contado		%-Desvio	GEH
RJ-186	Praça 1	N - S	2264	2501	9,5%	4,86
RJ-186	Praça 1	S - N	2132	2379	10,4%	5,20
RJ-186	Praça 2	N - S	2099	2312	9,2%	4,54
RJ-186	Praça 2	S - N	1837	2013	8,7%	4,01
RJ-160	Praça 3	N - S	2836	2613	7,9%	4,27
RJ-160	Praça 3	S - N	2854	2613	8,4%	4,61
RJ-122	Praça 4	N - S	5886	5639	4,2%	3,25
RJ-122	Praça 4	S - N	5910	5702	3,5%	2,73

Fica visível nesse quadro, que apenas que nenhum dos sentidos apresentou um GEH próximo de ser rejeitado, estando a calibração adequada para as simulações a que se propõem.

3. MODELO DE SIMULAÇÃO

3. MODELO DE SIMULAÇÃO

3.1 Modelagem de Análise da Rede utilizando Visum

As análises para as estimativas de demanda de tráfego basearam-se em modelagem e simulação de redes de transporte, método usualmente empregado em estudos de concessão. As simulações da operação de uma nova rodovia ou para uma rodovia existente na qual estão previstas intervenções, como uma ampliação de capacidade ou a implantação de uma praça de pedágio, têm por objetivo estimar como a demanda de tráfego responderá a essas alterações na infraestrutura rodoviária (oferta). A Figura 14 a seguir, ilustra de forma esquemática o processo de estimativa empregado.

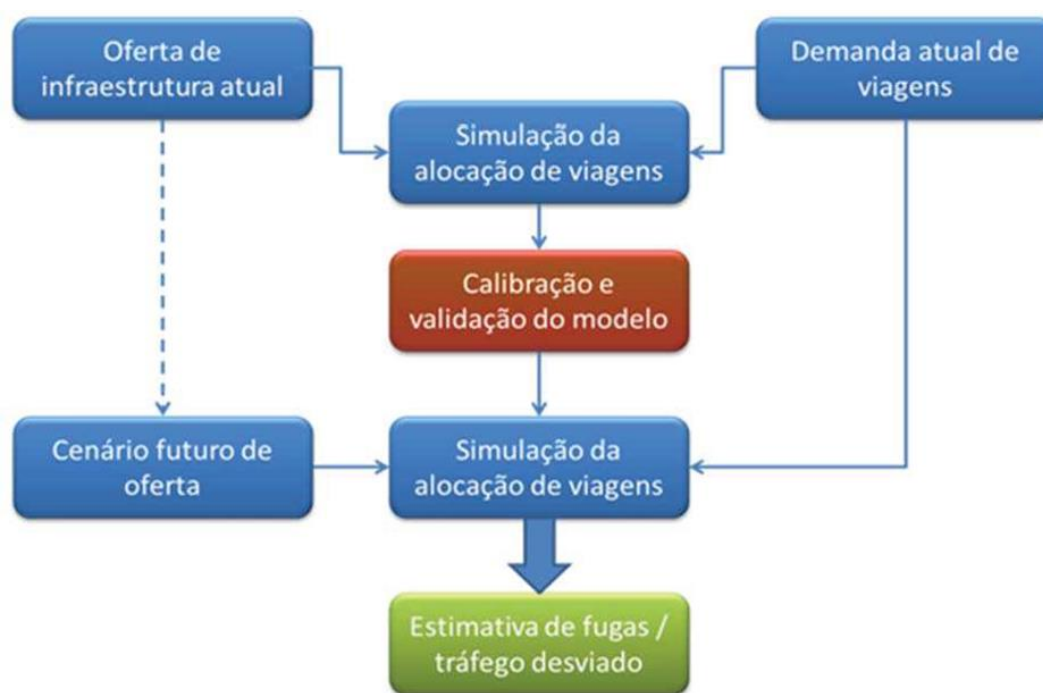


Figura 14 – Esquema do processo de simulação de redes.

O principal objetivo das simulações consiste em estimar como as viagens existentes e futuras serão redistribuídas pela rede, dado um novo cenário de oferta viária ou da introdução de um elemento de impedância, que no caso deste estudo tem na cobrança de pedágios das rodovias analisadas seu principal impacto para a demanda de transporte.

Desenvolvido pela PTV, o *software* PTV VISUM, o mesmo que foi utilizado para a elaboração do PELC/RJ, disponibiliza através de suas principais funcionalidades o uso de rotinas informatizadas

que permitem a análise, as previsões e o gerenciamento do tráfego, operando, essencialmente, sobre uma base de dados georreferenciados GIS (*Geographic Information System*).

Trata-se de um sistema de análise de rede de uso amigável destinado para modelar o uso de rodovias e suas interações com outros modais, gerando padrões de intervenção para o planejamento e gerenciamento das atividades relacionadas ao transporte.

Usado para modelar redes de transporte e demandas por viagens para, assim, analisar fluxos esperados e planejar e projetar serviços de transporte, assim como desenvolver estratégias e soluções adequadas para o setor.

O VISUM permite ao usuário modelar os diferentes tipos de sistemas de transporte, públicos e privados, em um único modelo de planejamento, simples e integrado. Este modelo é complementado por um sistema de microssimulação VISSIM. Ambos os sistemas formam o sistema PTV VISION.

A maioria dos dados básicos gerados por sistemas de informação e de planejamento dos transportes podem ser manuseados consistentemente no VISUM e podem ser atualizados pelo editor de rede. Com o uso de sistemas GIS, o VISUM permite elaborar modelos de planejamento dos transportes consistentes baseados em relações complexas de um ou mais sistemas de transporte.

Para a necessária calibração o PTV VISUM possui o módulo *TFLOWFUZZY* para a calibração de matrizes, tendo-se em conta dados de contagens/ levantamentos existentes.

Esse pacote de *softwares*, permite implementar metodologias de modelos de planejamento externos, incorporando os mais diversos modos de transporte, tais como automóveis, transporte coletivo, pedestres e veículos de carga. O PTV VISUM utiliza o pacote de *softwares* GIS/ESRI de forma integrada para a visualização e a edição de redes. Outras facilidades operacionais incluem a modelagem baseada na demanda por atividades, procedimentos de alocação dinâmica para trechos e interseções.

O modelo VISUM possui várias funcionalidades para a análise da rede depois da alocação do tráfego ("*post assignment*"), incluindo a apresentação de isócronas de tempo-velocidades, fluxos em nós, de áreas isoladas da rede, edição de dispositivos de sinalização e modelagens de interseções. Também se tem pelo PTV VISUM a possibilidade para importar modelos de outros pacotes de *softwares*, incluindo CUBE, TRANSCAD, EMM/2 e TModel2.

Para a criação e atribuição dos objetos da rede, nós e *links*, etapa de construção do modelo, na qual a rede objeto de análise é expandida, inserindo-se segmentos novos a serem analisados, são realizados os seguintes procedimentos:

1. inserção e ajuste dos parâmetros gráficos (georreferenciados);
2. atribuição dos parâmetros característicos dos nós (não obrigatório);
3. atribuição dos parâmetros dos movimentos em interseções (“turns”/rede);
4. atribuição dos valores de capacidades e velocidades referenciais (tempos de viagem são valores padrões calculados pelo modelo).

Em uma etapa subsequente, são inseridas as demandas por viagens entre zonas de tráfego e gerados (automaticamente) os conectores para estabelecer conexões entre a demanda e a oferta de transporte (rede), como listado a seguir:

1. importação de zonas de tráfego;
2. criação de conectores;
3. inserção de novos trechos requeridos;
4. criação de matrizes (dimensionadas em função das zonas de tráfego);
5. importação (e edição) de matrizes;
6. conexão entre a demanda e as matrizes;
7. inserção de pontos de controle (postos de contagem existentes) para a calibração do modelo.

A etapa seguinte consiste na alocação da demanda por transporte à rede. Também se calcula as matrizes *skim*, que apresentam indicadores relacionados como, por exemplo, os tempos de viagens entre zonas de tráfego, como descrito a seguir:

1. escolha do modelo de alocação;
2. determinação de indicadores para as matrizes;
3. calibração.

Por fim, são realizadas as análises dos resultados obtidos comparando os cenários simulados com e sem as alterações realizadas.

No presente estudo foram utilizados como dados de entrada para construção do modelo no VISUM os seguintes dados:

1. rede rodoviária georreferenciada de rodovias federais e estaduais atualizadas, que inclui características geométricas e estado de pavimentação – conforme PELC/RJ;
2. capacidades e velocidades referenciais para os tipos de rodovias com base no Manual de Estudo de Tráfego do DNIT de 2006;
3. centroides georreferenciados relativos às sedes municipais do IBGE;
4. matrizes de origem e destino por categoria de veículos considerada (passeio + motos, autos com reboque + 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 ou mais eixos);

5. dados de tráfego dos postos de contagem anteriormente apresentados;
6. taxas de crescimento dos volumes de tráfego para projeção das matrizes nos anos analisados, indo de 2018 a 2048.

Cabe ressaltar que para a modelagem do presente estudo não foi necessária a utilização de modelos de geração, atração, divisão modal e distribuição de fluxos de tráfego, uma vez que os dados de entrada já estavam categorizados por veículos em matrizes consolidadas dos postos de campanha descritos anteriormente.

Além disso, para alocação da demanda dos fluxos de tráfego foram adotadas funções *default* do VISUM, tendo-se para a modelagem de alocação os procedimentos da alocação pelo Método de “Equilíbrio”, utilizando 20 iterações para cada modal com critério de convergência máximo de 0,0001 e função de fricção da BPR com os parâmetros “a” igual a 1, “b” igual a 2 e “c” igual a 1.

3.2 Análise das Características de Impedâncias Observadas pelo Modelo

Atendendo à premissa de observar a maior concordância com o plano estratégico, foi realizada uma minuciosa análise quanto ao modelo de impedâncias observado pelo PECL/RJ, da qual destacam-se os seguintes tópicos:

1. Sistemas de Transportes criados pelos modos e não por veículos ou cargas, fazendo com que o modelo de impedância observe, primariamente, os sistemas de transportes e não a tipologia básica dos veículos para a determinação do custo generalizado e, por consequência, as impedâncias do modelo;
2. Segmentos de Demanda combinando Modos e Cargas;
3. Alocação por Veículo: como foram determinados “veículo tipo” para cada modo de transporte, o modelo observa, na alocação, a entrada de tais veículos tipo na rede e não os comportamentos e tipologias;
4. Funções de Impedância: a função impedância para os LINKS obedece à seguinte formulação:

$$CD_{[MODO]} * Coeff * Ext + CT_{[MODO]} * Coeff * Tmp_{[MODO]}$$

Onde:

- $CD_{[MODO]}$: custo variável pela distância do modo avaliado;

- Coeff: coeficiente de majoração/minoração do parâmetro de extensão e/ou tempo a ser considerado;
- CT_[MOD0]: custo do tempo para o modo avaliado;
- Ext e Tmp: extensão em metros e tempo em segundos do link por onde o segmento de demanda poderá ser alocado.

5. A função de restrição de capacidade considerada foi a *Linear Bottleneck* com $c = 0.001$:

A perspectiva observada nos modelos analisados, aponta que o frete é observado para a divisão modal, enquanto para a alocação (escolha de rotas) é observado o custo de transporte.

Assim, para escolha do modo, o embarcador observa o valor de frete que pagará ao escolher determinado modo em detrimento de outro, enquanto que para definição de rota observam-se os custos operacionais de se realizar a rota, considerando custos variáveis como combustíveis e eventuais pedágios (considerados no modelo) e custos fixos.

Conforme apontado inicialmente, essas e demais características presentes no modelo gerado nos esforços do PELC/RJ foram construídas com o objetivo de observar o comportamento generalizado em uma escala macro com objetivos estratégicos.

Entretanto, as ponderações apresentadas anteriormente são completamente reutilizáveis para modelos de escala focal e com objetivos pontuais, como aqueles observados no presente estudo. Dessa maneira, a função de impedância foi mantida como aquela ora utilizada no PELC, realizando as seguintes ponderações adicionais:

- ✓ A função de utilidade para a divisão modal, realizada através do frete, foi atualizada com os dados da série histórica dos últimos três anos dos dados observados pelo sistema SIFRECA;
- ✓ As matrizes origem e destino do modo rodoviário foram adotadas conforme a pesquisa de origem e destino realizada neste estudo. Por outro lado, as matrizes origem e destino dos demais modos foram mantidas como aquelas originais do PELC/RJ. Essa presença de informações sobre outro modo foi necessária para a observação de uma eventual migração modal motivada pelo aumento de custos nas rotas testadas.
- ✓ Os custos de transportes foram atualizados para condizer com aqueles levantados pela Empresa de Planejamento e Logística – EPL (consulta realizada em janeiro de 2019).

Dadas as premissas importadas e aquelas atualizadas conforme o texto apresentado acima, a rede foi carregada com as impedâncias observadas na Figura 15, abaixo.

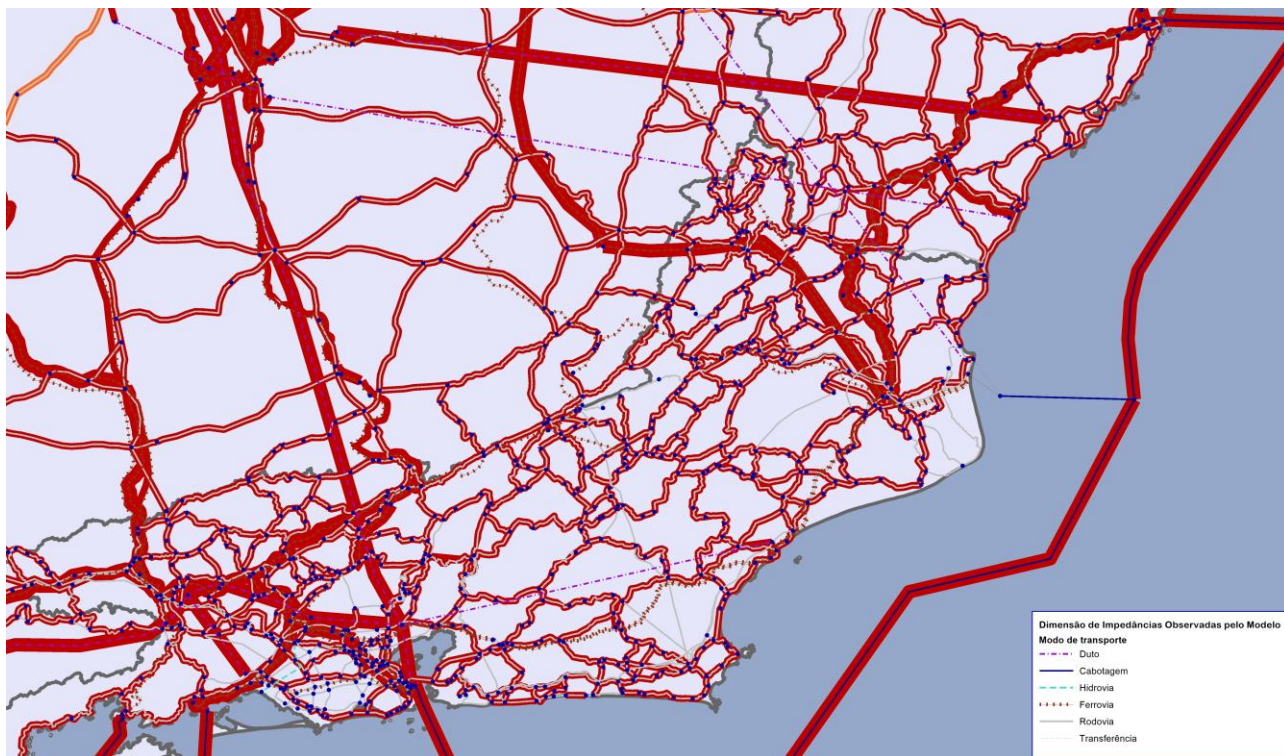


Figura 15 - Impedâncias Observadas pelo modelo

3.3 Cenários Modelados, Resultados Obtidos com as Simulações e Análises

Para o teste do modelo, foi simulado um custo de pedágio de R\$ 3,50 para cada praça, sendo as praças verificadas, inicialmente, em pontos o mais próximo possível dos postos de coleta da contagem veicular classificada. O número de eixos dos veículos pesados serviu como multiplicador para esse valor de pedágio, realizando cobranças proporcionais.

Foi determinado, para fins de simulação, um início na operação pedagiada em 2021.

Verificou-se, como constante para os três segmentos contínuos (considerando a RJ-158 e RJ-160 como apenas um segmento) analisados, que as maiores perdas observadas estão nos veículos de passeio.

O trecho que se comportou de maneira mais discreta, perdendo pouco volume de tráfego nas simulações, foi a RJ-122, tendo uma perda de aproximadamente 6,63% do volume total de veículos.

Esse comportamento menos sensível à mudança pode ser explicado pela ausência de paralelismos diretos no segmento e seu tamanho diminuto, que dificulta a adoção de rotas alternativas, tanto para viagens de curta distância quanto para viagens de longa distância.

Pode-se afirmar que, do ponto de vista das variáveis observadas pelo modelo estatístico adotado pelas simulações de transportes, esse cenário induz o motorista a manter seu trajeto, independente da nova cobrança, pela ausência de alternativas próximas.

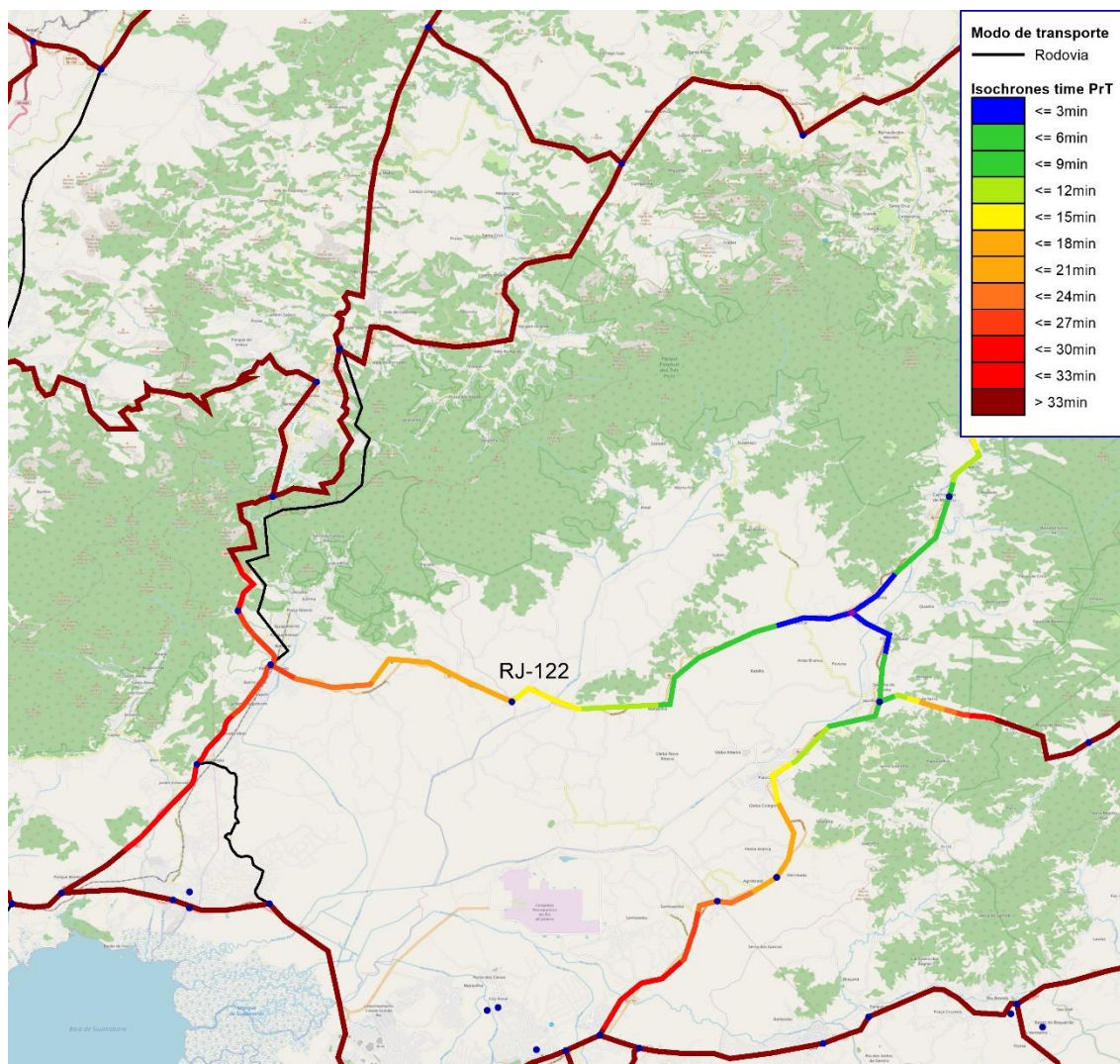


Figura 16 - Isócronas de tempo mostrando o isolamento da RJ-122.

Por sua vez, o segmento formado pela RJ-158 e pela RJ-166 apresentou uma queda expressiva no tráfego, chegando a 14,99%. Essa queda se deve à um paralelismo “quase perfeito” com a RJ-144, passando pelos municípios de Carmo, Duas Barras e Monnerat.

Essa taxa de perda foi praticamente constante para todas as alternativas testadas para movimentação da praça de pedágio. Esse comportamento pode ser explicado pela distância quase idêntica em caminhos praticamente simétricos entre as rodovias.

Assim, ainda nas viagens geradas no município de Cordeiro, os veículos observavam um melhor “custo generalizado” na rota desviada por Monnerat, na BR-492/RJ-116, seguindo para a RJ-144.

Vale ressaltar dois pontos bastante relevantes:

- ✓ o modelo aqui desenhado, parte do princípio de que os condutores são absolutamente racionais na escolha de suas rotas, assim sempre que houver uma rota com um melhor custo generalizado (considerando custo do tempo observado pelos condutores + pedágios), esses motoristas considerarão essa melhor rota;
- ✓ o modelo não trabalha com a qualidade agregada pelas rodovias. Assim, não há ponto de ponderação sobre a escolha dos condutores, exceto a Pesquisa de Preferência Declarada que, deve ser levada em consideração pelos tomadores de decisão como um “indício do posicionamento” dos usuários.

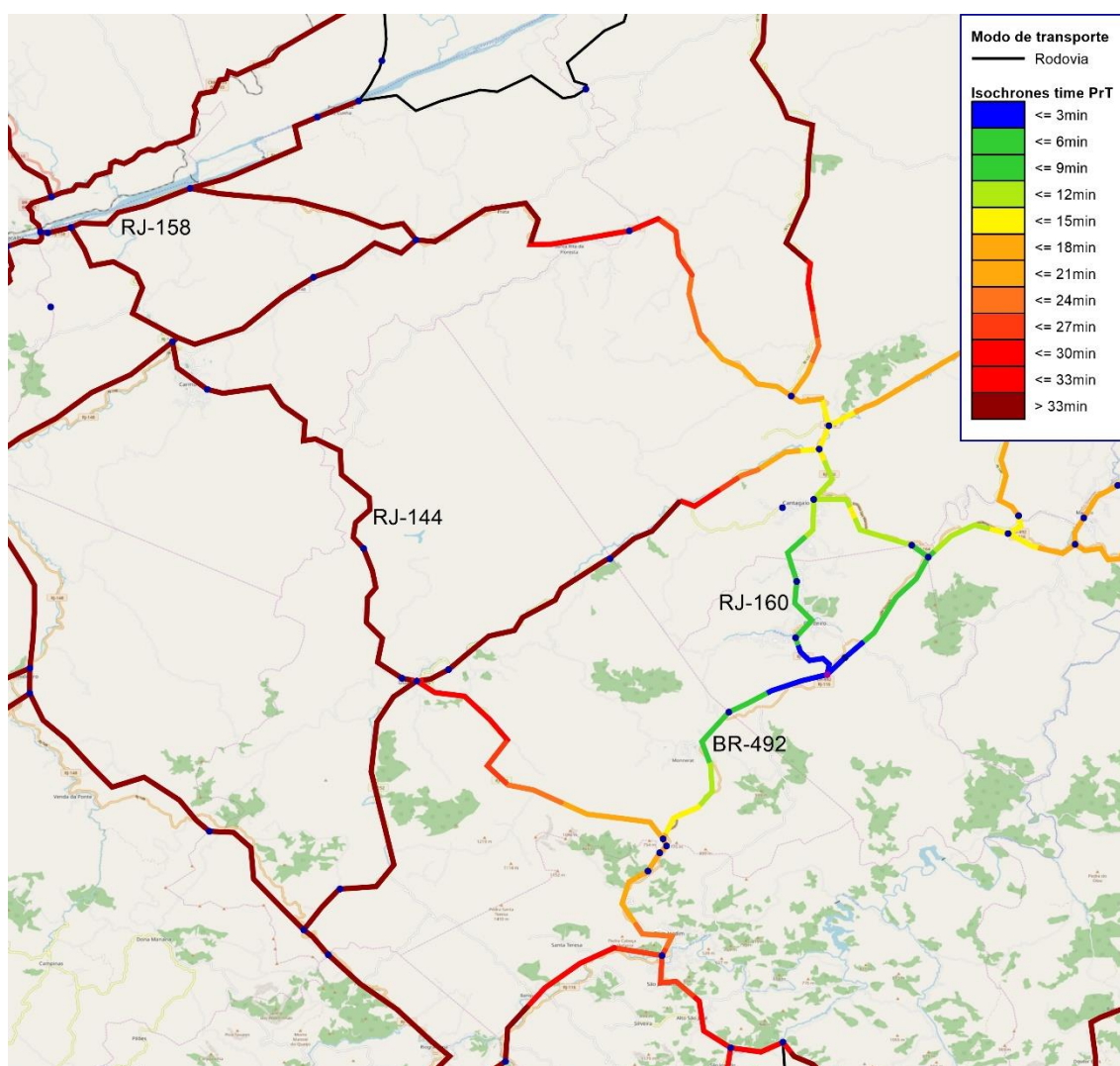


Figura 17 - Isócronas de tempo da RJ-160/RJ-158 mostrando o paralelismo com a RJ-144.

Por fim, a rodovia RJ-186 apresenta um comportamento bastante assemelhado ao trecho anteriormente descrito, pelos mesmos motivos anteriormente aventados.

Além de possuir um paralelismo com o segmento comporto pela RJ-188, RJ-210 e RJ-230, esse segmento, de maior extensão, possui ligações transversais com outras rodovias, que atraem os fluxos para “fora” do eixo a ser pedagiado, para rodovias que não são absolutamente paralelas, como a RJ-202.

Com essas características, a Praça P01 acumulou perda de 8,62% enquanto a Praça P02 acumulou perda de 8,49% do volume inicialmente estimado.

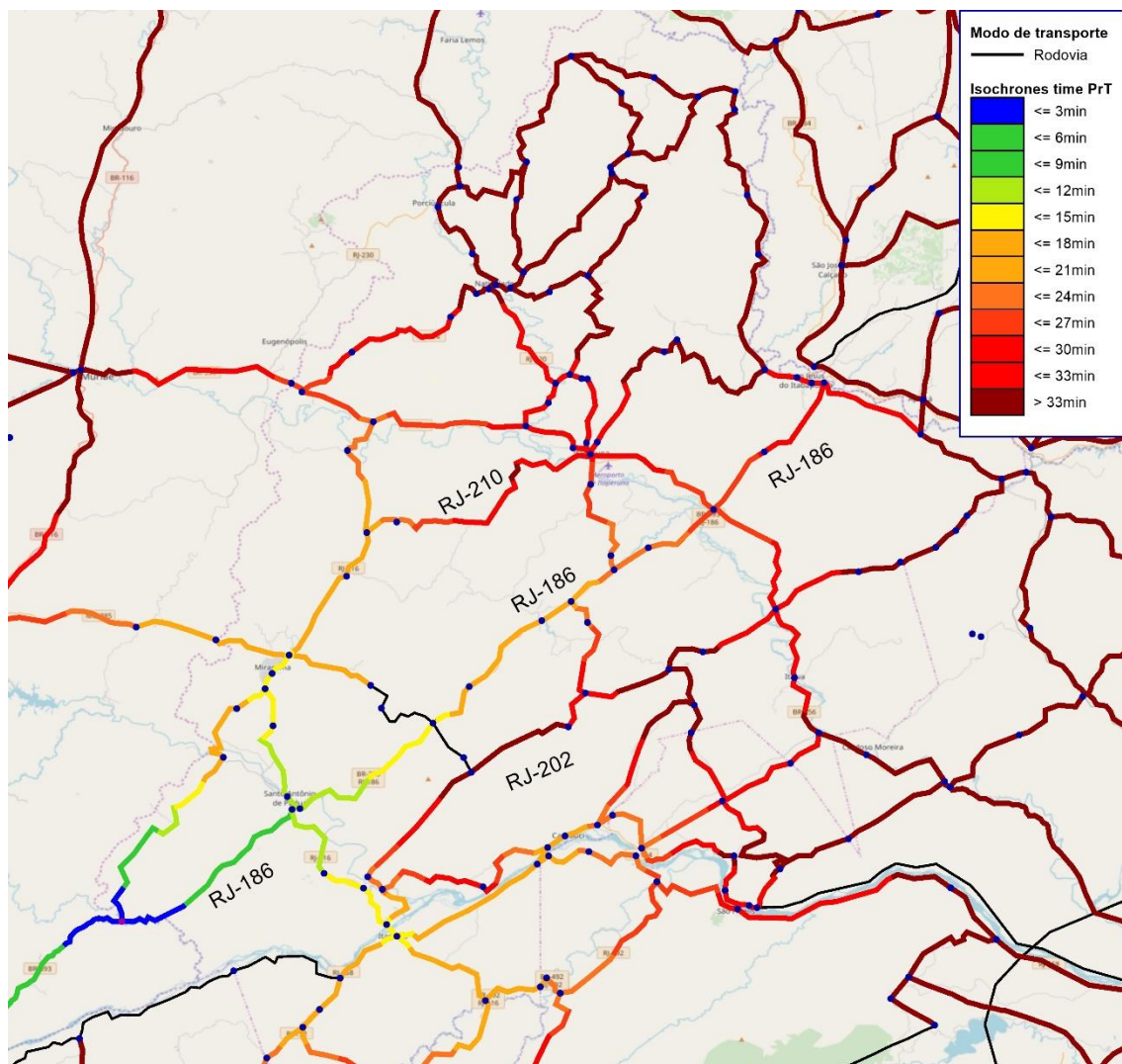


Figura 18 - Isócronas na RJ-186.

A mesma configuração de modelagem foi simulada para uma tarifa de R\$ 6,30, com a finalidade de se fazer uma análise de sensibilidade da impedância nos pontos definidos. Uma síntese dos resultados das duas simulações está contida na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados das simulações - Variação de Tarifa.

Ponto	Rodovia	Localização (km)	PERDAS (%) Tarifa R\$ 3,50	PERDAS (%) Tarifa R\$ 6,30
P01	RJ-186	91,45	8,62%	10,47%
P02	RJ-186	11,89	8,49%	11,06%
P03	RJ-160	21,13	14,99%	18,22%
P04	RJ-122	31,30	6,63%	7,56%

3.4 Resultados da Avaliação de Interferência Entre Praças de Pedágio

Devido à lei estadual nº 8.211/2018, foi necessária a realização de um estudo complementar de origem do tráfego para levar em conta os veículos de passeio que passam pelas praças de pedágio previstas tendo pago pedágio em rodovia estadual concessionada em menos de duas horas. As interferências entre praças existentes e previstas foram mapeadas, conforme apresentado no relatório RT1.1 Estudo de Tráfego, e foi registrada a incidência de automóveis potencialmente não pagantes nas praças de pedágio P3 e P4 nos sentidos crescente e decrescente respectivamente.

O estudo apontou uma interferência significativa entre as praças previstas P1 e P2, ambas localizadas na RJ-186, no entanto, as demais praças não apresentam este problema entre si. A praça P1 seria o local mais indicado para o pedágio da RJ-186, dado que não existem interferências de outras rodovias estaduais pedagiadas.

Foi constatada uma quantidade relativamente baixa de automóveis que pagam pedágio na RJ-116, na praça Pe4, e em seguida passam pela P3. Porém a praça de pedágio P4 apresenta grande parte do tráfego no sentido decrescente (oeste) proveniente da RJ-116, onde os automóveis pagaram pedágio nas praças Pe1, quando vindos do sul, ou Pe2, quando vindos do norte. Foi insignificante a participação de motocicletas que pagaram pedágio nesta pesquisa, uma vez que elas são isentas nos pedágios da RJ-116.

A Tabela 5 apresentada a seguir mostra o resumo dos resultados obtidos, sendo na primeira coluna as proporções observadas dentre os automóveis que responderam à pesquisa complementar – no

sentido crescente da RJ-160 (P3), e no sentido decrescente da RJ-122 (P4) e na segunda coluna o percentual sobre o VMDa bidirecional.

Vale lembrar que é necessário que o usuário tenha conhecimento da lei que proíbe a duplicidade de cobrança de pedágio e apresente o comprovante de pagamento do pedágio anterior para obter a isenção no pedágio subsequente. No estudo considerou-se que todos os automóveis passíveis da isenção são não pagantes, portanto, existe a possibilidade de o número real de solicitações de isenção ser inferior ao estimado neste estudo.

Tabela 5 Resumo do percentual de automóveis não pagantes devido a outros pedágios

Ponto	Rodovia	AUTOMÓVEIS NÃO PAGANTES (% sobre as observações)	AUTOMÓVEIS NÃO PAGANTES (% sobre o VMDa de automóveis)
P03	RJ-160	4,95 %	2,49 %
P04	RJ-122	48,70 %	24,46 %

4. RESULTADOS

4. RESULTADOS

Neste item, são apresentados os principais resultados e as premissas fundamentais adotadas para estimar o volume de tráfego futuro na praça de pedágio prevista para o trecho.

Inicialmente são mostrados os resultados dos modelos para as estimativas de impacto sobre a demanda decorrente das alterações das condições da oferta, dadas pela cobrança do pedágio e duplicação futura. Em seguida são apresentadas as projeções de tráfego ano a ano para o período da concessão.

4.1 Resultados dos Cenários de Simulação

Na Tabela 6 a Tabela 9 estão apresentadas as projeções de VMDa expandido, considerando a taxa de projeção do tráfego, durante os 25 anos de concessão. As perdas e automóveis não pagantes são consideradas a partir do início da operação dos pedágios, no ano 2, sendo que perdas incidem sobre todos os veículos da pesquisa e o percentual de automóveis somente sobre os carros – tipo “C”, nas praças P3 e P4.

Tabela 6 - VMDa Expandido para Praça P01. RJ-186 km 91,45.

Tipo de Veículo	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	Ano Base	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20	Ano 21	Ano 22	Ano 23	Ano 24	Ano 25
M2	138	140	143	142	145	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	206	211	216	221	226	231	236	241
C	3461	3512	3599	3280	3378	3479	3583	3683	3786	3888	3989	4088	4190	4294	4401	4511	4623	4738	4856	4977	5101	5228	5358	5491	5628	5768	5912
C2E	192	194	199	188	193	199	205	210	215	220	225	230	236	241	247	253	258	264	270	277	284	290	297	304	312	319	326
C3E	384	389	398	365	376	387	398	409	420	431	442	453	464	475	486	498	510	522	535	548	561	575	589	603	618	633	648
C4E	248	251	257	247	254	261	268	275	282	289	296	303	310	317	324	332	340	348	356	364	373	382	391	400	410	420	430
C5E	86	87	89	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	123	126	129	132	135	138
C6E	154	156	159	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	206	211	216	221	226	231	236	241	247	253
C7E	80	81	83	79	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121	124	127
C8E	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
C9E +	51	51	52	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Total	4803	4870	4988	4593	4726	4864	5005	5141	5280	5418	5555	5690	5829	5969	6113	6262	6412	6567	6726	6890	7058	7230	7406	7585	7771	7961	8155
Crescimento		1,50 %	2,50 %	3,00 %	3,00 %	3,00 %	3,00 %	2,80 %	2,80 %	2,70 %	2,60 %	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
Impacto Médio			8,62 %																								

Tabela 7 - VMDa Expandido para Praça P02. RJ-186 km 11,89.

Tipo de Veículo	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	Ano Base	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20	Ano 21	Ano 22	Ano 23	Ano 24	Ano 25
M2	191	193	197	195	200	206	212	217	223	229	234	239	244	250	256	262	268	274	280	287	294	301	308	315	322	330	338
C	2628	2667	2733	2491	2565	2641	2720	2796	2874	2951	3027	3102	3179	3258	3339	3422	3507	3594	3683	3775	3869	3965	4064	4165	4269	4375	4484
C2E	307	312	319	303	312	320	329	338	347	355	364	373	382	390	400	410	419	429	439	450	460	472	483	494	507	519	531
C3E	250	253	259	238	244	251	258	265	272	279	286	293	300	307	314	321	329	337	345	353	361	370	379	388	397	406	416
C4E	194	197	201	193	198	203	209	214	219	224	229	234	239	244	250	256	262	268	274	280	287	294	301	308	315	322	330
C5E	116	118	120	116	119	122	125	128	131	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	165	169	173	177	181	185	189	193
C6E	119	120	123	115	118	121	124	127	130	133	136	139	142	145	148	151	154	157	160	164	168	172	176	180	184	188	192
C7E	40	40	41	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
C8E	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
C9E +	35	35	35	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Total	3891	3944	4037	3730	3837	3946	4060	4169	4281	4391	4500	4608	4718	4830	4947	5066	5187	5311	5437	5570	5705	5845	5987	6131	6280	6431	6587
Crescimento		1,50 %	2,50 %	3,00 %	3,00 %	3,00 %	3,00 %	2,80 %	2,80 %	2,70 %	2,60 %	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
Impacto Médio			8,49 %																								

Tabela 8 - VMDa Expandido para Praça P03. RJ-160 km 21,13.

Tipo de Veículo	2018 Ano Base	2019 Ano 0	2020 Ano 1	2021 Ano 2	2022 Ano 3	2023 Ano 4	2024 Ano 5	2025 Ano 6	2026 Ano 7	2027 Ano 8	2028 Ano 9	2029 Ano 10	2030 Ano 11	2031 Ano 12	2032 Ano 13	2033 Ano 14	2034 Ano 15	2035 Ano 16	2036 Ano 17	2037 Ano 18	2038 Ano 19	2039 Ano 20	2040 Ano 21	2041 Ano 22	2042 Ano 23	2043 Ano 24	2044 Ano 25
M2	278	281	288	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	375	384	393	402	412	422	432	442	453	464	475	486
C	3012	3057	3133	2504	2578	2655	2734	2810	2888	2965	3042	3118	3195	3274	3355	3439	3525	3613	3702	3794	3889	3985	4085	4186	4290	4398	4507
C2E	299	303	311	275	282	291	299	307	315	323	332	339	348	356	365	373	382	391	401	410	420	430	440	451	462	473	485
C3E	430	436	446	370	381	392	403	414	425	436	447	458	469	480	492	504	516	528	541	554	567	581	595	609	624	639	654
C4E	437	443	454	411	423	435	448	460	472	484	496	508	520	533	546	559	572	586	600	615	630	645	661	677	693	710	727
C5E	130	131	134	123	127	130	133	136	139	142	145	148	151	154	157	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200	205
C6E	168	170	174	150	154	158	162	166	170	174	178	182	186	190	194	198	202	207	212	217	222	227	232	237	242	248	254
C7E	114	116	118	104	107	110	113	116	119	122	125	128	131	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	165	169	173	177
C8E	22	22	22	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
C9E +	88	89	91	79	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121	124	127
Total	4978	5048	5171	4314	4438	4567	4698	4825	4954	5083	5211	5338	5466	5597	5732	5870	6012	6158	6307	6460	6617	6776	6940	7108	7280	7459	7641
Crescimento	1,50%	2,50%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	2,80%	2,80%	2,70%	2,60%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
Impacto Médio			14,99%																								
Automóveis não pagantes			2,49%																								

Tabela 9 -- VMDa Expandido para Praça P04. RJ-122 km 31,30.

Tipo de Veículo	2018 Ano Base	2019 Ano 0	2020 Ano 1	2021 Ano 2	2022 Ano 3	2023 Ano 4	2024 Ano 5	2025 Ano 6	2026 Ano 7	2027 Ano 8	2028 Ano 9	2029 Ano 10	2030 Ano 11	2031 Ano 12	2032 Ano 13	2033 Ano 14	2034 Ano 15	2035 Ano 16	2036 Ano 17	2037 Ano 18	2038 Ano 19	2039 Ano 20	2040 Ano 21	2041 Ano 22	2042 Ano 23	2043 Ano 24	2044 Ano 25
M2	157	159	162	162	166	170	175	179	184	188	192	196	200	205	210	215	220	225	230	235	240	246	252	258	264	270	276
C	8289	8413	8623	6105	6288	6476	6670	6857	7049	7238	7426	7611	7801	7996	8195	8400	8610	8825	9045	9271	9502	9739	9983	10232	10487	10749	11018
C2E	316	321	328	317	326	335	345	355	364	374	384	392	402	412	421	432	442	453	464	475	486	499	511	523	536	548	562
C3E	574	582	596	561	578	595	612	629	646	663	680	697	714	731	749	767	786	805	825	845	866	887	909	931	954	977	1001
C4E	480	487	499	487	501	516	531	545	560	575	589	603	618	633	648	664	680	697	714	731	749	767	786	805	825	845	866
C5E	141	143	146	143	147	151	155	159	163	167	171	175	179		187	191	195	199	203	208	213	218	223	228	233	238	243
C6E	303	307	314	300	309	318	327	336	345	354	363	372	381	390	399	408	418	428	438	448	459	470	481	493	505	517	529
C7E	210	212	217	210	215	221	227	233	239	245	251	257	263	269	275	281	288	295	302	309	316	323	331	339	347	355	363
C8E	32	32	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
C9E +	87	87	89	85	87	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121	124	127	130	133	136
Total	10588	10743	11006	8401	8648	8902	9164	9416	9676	9932	10186	10436	10692	10955	11223	11498	11781	12070	12367	12670	12982	13301	13630	13967	14312	14664	15025
Crescimento	1,50%	2,50%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	2,80%	2,80%	2,70%	2,60%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
Impacto Médio			6,63%																								
Automóveis não pagantes			24,46%																								

4.2 Localização das Praças de Pedágio

A localização das praças de pedágio foi definida em função da análise das informações disponíveis de:

- ✓ Análise visual da malha;
- ✓ Pesquisa de Origem e destino;
- ✓ Pesquisas de Preferência Declarada;
- ✓ Composição do tráfego,
- ✓ Volume projetados;
- ✓ Modelo de simulação.

Nota-se, que de forma geral, os resultados de Preferência declarada apontam a insatisfação do usuário de veículos de passeio quanto à cobrança de pedágio, o que interfere consideravelmente na fuga, calculada durante a simulação. Essa situação se comprovou constante para os três segmentos contínuos (considerando a RJ-158 e RJ-160 como apenas um segmento) analisados durante simulação, nos quais as maiores perdas observadas estão nos veículos de passeio.

O trecho composto pela rodovia RJ-122, com 35,9 km de extensão, não apresenta muitos pontos de fuga em seu trajeto. Seu segmento curto, dificulta a adoção de rotas alternativas, portanto a impedância gerada, causaria uma fuga de 6,63%, que corresponde em sua maioria, ao tráfego de longa distância que desviaria antes de entrar no trecho. Esse comportamento mais estável pode ser explicado pela ausência de paralelismos diretos no segmento e seu tamanho diminuto, que dificulta a adoção de fugas, tanto para viagens de curta distância quanto para viagens de longa distância. As rotas alternativas são de média/longa distância pela BR-493 (Rio Magé) e RJ-116, ligação com Nova Friburgo a partir do Rio de Janeiro ou com a região serrana de Teresópolis/Petrópolis a partir do Litoral Norte. Não há rotas alternativas viáveis como rotas de fuga de curta distância. A rota de fuga pelo corredor BR-493/116 não é viável em função das distâncias envolvidas e tempos de viagem.

Desta forma, como o motorista é induzido a manter seu trajeto pela ausência de rotas alternativas e trata-se de um segmento diminuto, entende-se que a praça de pedágio pode ser alocada no município de Guapimirim. Além disso, no trecho da RJ-116 em Cachoeiras de Macacu já existe praça de pedágio. Sendo assim, optou-se por alocar a praça de pedágio próxima de Guapimirim (entre o km 8 e o km 14) devendo-se atentar a Bacia do Rio Macacu que se trata de uma área de proteção ambiental.

A seguir é apresentado o mapa ilustrando o trecho sugerido para a implantação do pedágio na RJ-122 próximo à Guapimirim.

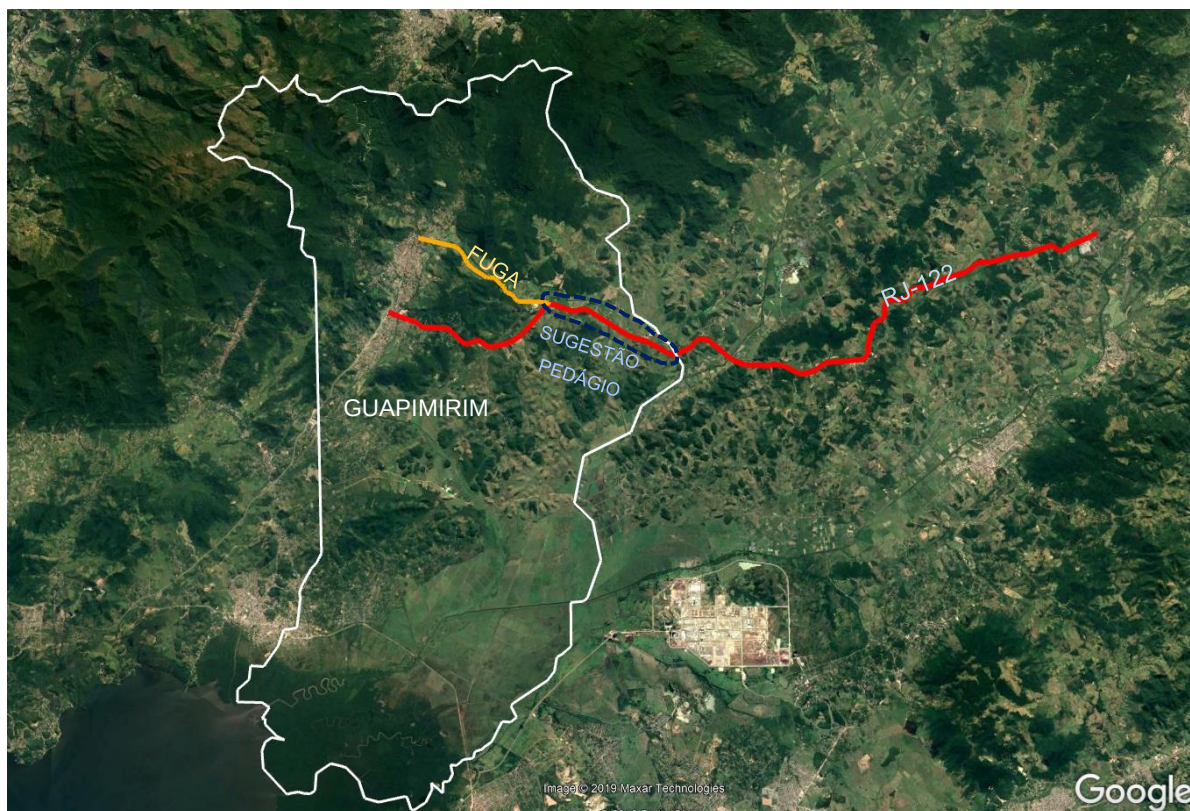


Figura 19 - Mapa com a localização do município de Guapimirim e a RJ-122.

O trecho formado pelas rodovias RJ-158 e RJ-160, possui uma extensão de 58,8 km, e possui características que propiciam uma fuga de 14,99%. Apresenta, terreno ondulado, sinuosidade do trecho, e um paralelismo com a RJ-144, em termos de distância. Destaca-se que essa taxa de perda foi praticamente constante para todas as alternativas testadas para movimentação da praça de pedágio, uma vez que há uma simetria entre as duas rodovias. Não foram constatados, portanto, pontos de fuga relevantes ao longo do trajeto.

A RJ-186, por sua vez, também possui um paralelismo e ligações transversais que permitem uma fuga ao longo do trecho. A variações de localizações de pedágio não variaram significativamente os valores das perdas. Os valores de perdas acumuladas encontradas foram de 8,62% e 8,49% para as praças P01 e P02, respectivamente.

Ressalta-se que toda a análise de impedância e perdas é realizada baseada no princípio de que a tomada de decisão dos condutores é feita de forma racional, ao calcular o custo do tempo e pedágio.

A escolha do ponto de pedágio foi feita de forma a evitar trechos urbanos, com condições adequadas de ondulação e sinuosidade; em locais que não sejam de Área de Preservação Permanente, e de forma a minimizar a supressão de vegetação e impactos de forma geral.

Os locais de praças de pedágio propostos (item 2.2) foram escolhidos preliminarmente às simulações de tráfego através Modelo Visum (item 3), concluindo-se que o deslocamento dos pontos ao longo dos trechos estudados não alteraram significativamente os valores de perdas encontradas. Desta forma, os locais foram mantidos para as Praças 1, 2 e 3, mas a Praça 4, na RJ-122, foi realocada para o segmento entre o km 8 e o km 14.

A localização das praças de pedágio, após os levantamentos de tráfego, estudos de modelagem e complementares, foi definida da seguinte forma:

Tabela 10 – localização das praças de pedágio.

Praça	Rodovia	Localização	Município
1	RJ-186	km 91+450	Bom Jesus do Itabapoana
2	RJ-186	km 11+890	Santo Antônio de Pádua
3	RJ-160	km 21+130	Cantagalo
4	RJ-122	km 11+500	Guapimirim