



3ª ETAPA DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS - FASE 1

Sistema Rodoviário Federal - Minas Gerais



Produto 4B

ESTUDOS DE TRÁFEGO FINAL - Parte 1
Modelo de Demanda, Rede de Simulações

Revisão 2
Out/08

1. APRESENTAÇÃO	2
2. CONCEITUAÇÃO	3
2.1. Modelo de Simulação	3
2.2. Zoneamento	5
2.3. Rede de simulação	6
2.4. Demanda e Fatores Socioeconômicos	7
2.5. Processamentos	8
3. METODOLOGIA	10
3.1. Construção da rede	10
3.1.1. Zoneamento	10
3.1.2. Demanda	11
3.1.3. Rede.....	11
3.2. Calibração	16
3.3. Procedimento de simulação	19
3.3.1. Processamento Preliminar	19
3.3.2. Identificação de Rotas de Fuga	19
3.3.3. Matrizes de Tempo e Distância.....	20
3.3.4. Estimativa dos Percentuais de Fuga a Partir dos Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada.....	20
3.3.5. Alocação Final de Matrizes Cativas do Serviço Concessionado	20
3.3.6. Matrizes Finais de Viagens por Praça de Pedágio	21
3.3.7. Estimativas das Taxas de Crescimento por Praça de Pedágio ...	21
3.3.8. Estimativas finais dos volumes por praça de pedágio	22
3.4. Mecanismos de controle	22
4. FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS	24
4.1. Formulação de Alternativas para a BR 381	24
5. RESULTADOS DOS PROCESSAMENTOS	27
5.1. Resultados da Simulação para a BR 381	28



1. APRESENTAÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar o Produto 4B – Estudos de Tráfego Final – Parte I – Modelo de Demanda, Rede de Simulações, integrante do trabalho relativo às pesquisas e estudos técnicos (“Estudos”) visando ao desenvolvimento do transporte rodoviário no eixo centro-leste do Estado de Minas Gerais. Isso se dará por meio de concessão da Rodovia BR 381, com extensão de 307 km entre Belo Horizonte e Governador Valadares, em execução pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia – FDTTE para o Banco de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, conforme Contrato OCS n.º 265/2006, firmado em 30 de novembro de 2006.

O produto 4B Parte I revisão 2 compreende a conceituação de simulação, e da simulação realizada, a metodologia utilizada, o fluxo de dados e informações para análise das fugas do sistema de pedagiamento para a Rodovia BR 381 considerando o Anel Viário Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte implantada e pedagiada.

Os estudos para definição do sistema de pedagiamento para a Rodovia BR 381 abordam os seguintes tópicos:

- APRESENTAÇÃO
- CONCEITUAÇÃO
- METODOLOGIA
- FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS
- RESULTADOS DOS PROCESSAMENTOS

2. CONCEITUAÇÃO

2.1. Modelo de Simulação

O modelo de simulação é utilizado para a estimativa de demanda em sistemas de transportes e é uma tentativa de representar o comportamento do usuário em sistemas de oferta representados no mesmo.

Existem diversos modelos de simulação atualmente adotados nos vários estudos de transportes, e a maioria trabalha com o mesmo conceito: processo de escolha dos usuários baseados no custo generalizado que cada alternativa apresenta. O que difere em cada caso é, não só a formulação analítica adotada para composição do custo generalizado, mas também o modelo de escolha entre as alternativas disponíveis.

Para atender à metodologia selecionada e proposta foram empregados softwares especializados para a representação da rede rodoviária e da alocação dos fluxos de tráfego, com os respectivos modelos de simulação de rede de transportes, constantes do programa VISUM da empresa alemã PTV System Software and Consulting GmbH, com o intuito de agregar recursos técnicos e metodológicos ao processo de modelagem.

O VISUM é um *software* de modelagem de redes de transporte. Trabalha no nível macroscópico, integrando redes de transporte. Pode ser subdividido em duas partes: o modelador da rede propriamente dita e os vários modeladores dos impactos da alocação sobre a rede. Na modelagem da rede se introduzem os dados referentes ao zoneamento, malha viária (e respectiva capacidade) para cada modo de transporte, linhas de transporte e respectivos horários e pontos de embarque/desembarque.



A análise do desempenho se faz possível empregando o programa como ferramenta de otimização. A análise do impacto que uma dada alteração poderia ter sobre a rede fica extremamente facilitada pelo recurso de apresentação gráfica diferencial. O modelo registra o resultado das alocações antes e depois da alteração proposta e exhibe, de maneira gráfica, o efeito da alteração proposta (por exemplo: exibir em verde aqueles trechos aonde houve aumento da rentabilidade por quilômetro e em vermelho aqueles aonde houve diminuição).

O programa oferece uma ampla gama de recursos: A análise isolada de elementos específicos da rede (nós, links, regiões da malha viária, etc.), a listagem de matrizes de indicadores (níveis de serviço, tempo médio de viagem, custo operacional, etc.). É possível ainda incorporar e modelar a elasticidade de cada classe de usuário às variações de tarifa, tempo de percurso, etc. recurso que foi empregado sobre as hipóteses de localização de praças de pedágios e de tarifação de pedagiamento da rodovia.

Os algoritmos que foram empregados em termos de custos generalizados dos usuários, subdivididos em individual e de carga, expressam o comportamento dos usuários na escolha das rotas, considerando as hipóteses de tarifação, bloqueios e restrição para utilização de rotas de alternativas, que poderão se configurar como fuga e elasticidade a valor a ser aplicado.

No caso do VISUM, modelo adotado neste estudo, o software dispõe de várias alternativas para a composição do custo generalizado e também para o processo de escolha. Por outro lado, a análise dos resultados da pesquisa de preferência declarada apontou para a correlação entre diversas características das viagens e a possível escolha na hipótese de concessão da rodovia.

Assim, o modelo de simulação foi configurado de modo a refletir o comportamento identificado pela pesquisa de preferência declarada e calibrado de modo a reproduzir os resultados da pesquisa de opinião, a qual forneceu, conforme apresenta-

do em relatório anterior, o percentual da demanda que “fugiria” dos pedágios eventualmente instalados na rodovia.

2.2. Zoneamento

Toda a representação de sistemas de transportes em softwares de planejamento é baseada em um zoneamento pré-definido com base nos objetivos do estudo que se pretende desenvolver. A escolha pelos limites das chamadas zonas de tráfego deve refletir uma segmentação da área de estudo segundo a homogeneidade das viagens. Os atributos para a caracterização dessa homogeneidade podem ser diversos e dependem da expectativa do estudo em relação às simulações. A disponibilidade de informações no nível de detalhamento do zoneamento selecionado deve ser também um critério importante na hora dessa definição.

No caso deste estudo, foi adotado como zoneamento principal para a simulação os limites dos municípios dos estados de Minas Gerais e Goiás, além do Distrito Federal, uma vez serem esses os estados brasileiros que acomodam o leito da rodovia em estudo. Por outro lado, as pesquisas origem-destino evidenciaram uma predominância de viagens internas a esses estados e um comportamento heterogêneo ao longo do trecho estudado, o que não justifica nenhum tipo de agregação desses municípios ao longo da rodovia, dentro desses estados.

As demais regiões do Brasil foram conectadas à rede de simulação por meio de entradas representativas das principais rodovias de acesso aos estados de Minas Gerais e Goiás, além do Distrito Federal, havendo uma entrada para cada mesorregião dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, e uma entrada para cada um dos demais estados.

Note-se que esse zoneamento caracteriza um detalhamento do zoneamento de análise, apresentado no relatório de projeções e foi assim considerado para se melhor analisar os resultados das simulações.

2.3. Rede de simulação

Em modelos de planejamento de transportes a oferta é representada segundo dois aspectos: infra-estrutura e os serviços propriamente ditos (oferta). A infra-estrutura é caracterizada pela rede viária e de trilhos ou vias exclusivas por tecnologia, além de pontos notáveis de articulação dessas redes como estações, terminais de transferência, etc. O serviço refere-se aos dados operacionais relativos ao uso da infra-estrutura definida.

As redes são representadas pelos chamados “links” e nós, classificados segundo uma tipologia que caracteriza seu padrão operacional (velocidade, capacidade, desempenho, etc), o qual pode ser diferenciado por serviço que o utiliza.

Os serviços são definidos com base no padrão operacional por elemento da rede, como velocidade, capacidade, funções de desempenho em função do nível de serviço, capacidade de veículos, média de ocupação de autos, etc.

A política tarifária que complementa a caracterização dos serviços é representada por meio de tarifas fixas ou unitárias, exclusivas de cada serviço ou equivalentes a sistemas integrados, e podem ser definidas através de atributos específicos de tarifação (como pedágio, por exemplo) ou ainda criando-se artifícios que simulam os valores cobrados (custo adicional por quilometro, por exemplo).

No caso deste estudo, a rede foi representada pelos “links” exclusivamente rodoviários, conectados à área de estudo por meio de “links” fictícios designados como acessos dos centróides das zonas à rede.

A política tarifária se referiu à representação dos valores dos pedágios e foi feita de forma distinta para a rodovia em estudo e demais rodovias pedagiadas.

Na rodovia em estudo, as tarifas foram diretamente aplicadas a cada parcela da demanda, por meio do modelo determinado a partir dos resultados da pesquisa de preferência declarada, identificando-se o potencial de fuga apontado por essa pesquisa na hipótese de pedagiamento da rodovia BR 381.

No caso das demais rodovias pedagiadas, que deveriam ser corretamente consideradas como rotas de fuga, mas que também acarretariam em pagamento de pedágio, as tarifas foram representadas por meio de artifícios, com penalidade de tempo associada aos valores de tempo dos usuários, representando assim as tarifas nas rotas alternativas.

2.4. Demanda e Fatores Socioeconômicos

A demanda em modelos de transporte é sempre representada por meio das matrizes de origem e destino de viagens, normalmente quantificadas em uma hora típica (hora pico, entre picos, etc), para a simulação do desempenho dos sistemas de transportes, face a sua capacidade horária. Os dados para essa informação são normalmente provenientes de pesquisas de origem e destino realizadas em pontos estratégicos da área de estudo, selecionados de forma a abranger predominantemente a demanda de interesse ao estudo.

A análise da demanda identificada permite o desenvolvimento de modelos analíticos de projeção, a partir da correlação identificada entre o número de viagens por tipo de usuário e dados socioeconômicos que expliquem a necessidade de deslocamento de pessoas ou transporte de cargas. População, PIB e frota são atributos que, embora muitas vezes correlacionados entre si, têm sido os melhores indica-

dores de demanda por transportes. Os preços de combustível, nem sempre correlacionados a esses três atributos, também influenciam a demanda.

Os modelos de projeção podem ou não estar embutidos nos softwares de planejamento. Tradicionalmente, e também no caso deste estudo, a projeção da demanda foi feita externamente ao VISUM, conforme metodologia apresentada no Relatório 4A – Estudos de Projeções de Tráfego revisão 2, mas se baseou em resultados das simulações para a determinação dos fatores finais de projeção por praça de pedágio.

Assim, neste estudo as simulações da demanda no VISUM foram feitas com vistas a se estimar o percentual de fuga por praça de pedágio, para se identificar as rotas prováveis de fuga local ou de longa distância e também para avaliar o carregamento da rodovia em toda sua extensão, de uma forma geral.

O VISUM se destaca por permitir a simulação de vários segmentos de demanda simultaneamente, compartilhando o mesmo sistema de oferta. Assim, no caso deste estudo esse recurso foi utilizado não só para a representação das viagens de carga e passageiros, mas também para a identificação em cada segmento da parcela de usuários com comportamentos distintos baseados na renda de passageiros de automóveis ou tipo de caminhão no transporte de cargas.

2.5. Processamentos

O uso de um modelo de simulação requer um controle detalhado dos processamentos, assim como uma estratégia de configuração de alternativas e de depuração de erros de processamento. Para tanto é sempre necessária a definição de critérios para a nomenclatura de arquivos de entrada e saída do modelo, e a forma de articular essas informações com demais atividades do estudo.



No caso do VISUM, os recursos nativos disponíveis são ricos e facilitam os mecanismos de controle. Cada alternativa simulada pode ficar totalmente documentada por meio dos atributos de oferta e demanda registrados nos vários módulos do software. Cada simulação teve, portanto, uma codificação específica que a articulava diretamente às planilhas desenvolvidas para cálculos acessórios, designando uma determinada situação simulada. Os detalhes dessa simulação ficaram registrados no próprio arquivo de dados do VISUM e resumidos em uma planilha para controle geral.

3. METODOLOGIA

Com base na conceituação geral definida, a metodologia de uso do modelo de simulação VISUM neste estudo foi caracterizada pelas seguintes etapas de trabalho:

- Construção da rede
- Calibração do modelo
- Determinação dos procedimentos de uma simulação
- Desenvolvimento dos mecanismos de controle
- Formulação de alternativas
- Definição da estratégia de processamentos das várias simulações
- Consolidação da estrutura de avaliação
- Desenvolvimento da análise dos resultados

3.1. Construção da rede

3.1.1. Zoneamento

O zoneamento da simulação foi composto por 1152 zonas, assim caracterizadas:

Tabela 3.1 Quantidade de zonas por estado

Estado	Nível de agregação	Quantidade de Zonas
MG	Municípios	853
GO	Municípios	246
DF	Municípios	1
SP	Mesorregião	15
RJ	Mesorregião	6
ES	Mesorregião	4
BA	Mesorregião	7
Demais Estados	Estado	20
Total		1152

3.1.2. Demanda

Os segmentos de demanda foram definidos a partir da análise dos resultados das pesquisas de origem e destino, opinião e de preferência declarada, de forma a permitir a representação de grupos de usuários com comportamentos distintos no que diz respeito ao pagamento de pedágio.

Assim, foram adotados 3 segmentos de demanda principais, para a BR 381:

- Automóveis de passageiros
- Caminhões de 2 ou 3 eixos
- Caminhões de 4 ou mais eixos

Além das viagens desses segmentos serem alimentadas no VISUM de forma separada, os atributos operacionais e comportamentais dos mesmos também se diferenciam na hora da representação da oferta, por meio das velocidades nos vários tipos de link e dos respectivos valores de tempo de terminados na pesquisa de preferência declarada.

3.1.3. Rede

A rede consolidada no VISUM foi composta por 9.187 “links”, correspondentes às ligações rodoviárias nos estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, além do Distrito Federal. Procurou-se detalhar ao máximo a rede rodoviária em Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal, incluindo as rodovias não-pavimentadas nessas unidades da federação. Apenas não foram representadas, por irrelevantes para o estudo, as vias de caráter exclusivamente urbano.

Os tipos de links utilizados são os seguintes:

- BR116: correspondente ao trecho da BR116 em Minas Gerais, todo ele em pista simples

- BR381: correspondente ao trecho da BR381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares
- BR040 4 FAIXAS: Corresponde ao trecho da BR040 entre Juiz de Fora e Belo Horizonte, que é composto por 4 faixas de tráfego, duas por sentido, em pista única, sem separação por canteiro central
- BR040 PISTA DUPLA: Corresponde aos trechos de pista dupla entre Belo Horizonte e Sete Lagoas, e entre Luziânia e Brasília e ao trecho Sete Lagoas – BR135 (saída para Curvelo), - obra integrante do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC;
- BR040 PISTA SIMPLES: correspondente ao trecho entre o entroncamento com a BR 135 e Luziânia
- Anel Viário Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte: correspondente a futura Rodovia a ser implantada com início na BR381 próximo a Contagem, com importantes acessos tais como: BR040, MG040, MG010 e conectando novamente a BR381 próximo a Ravena.
- Vias Pavimentadas – Pista Simples: Todas as rodovias pavimentadas de pista simples em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Distrito Federal, sejam de administração federal, estadual, do Distrito Federal e municipal.
- Vias Pavimentadas – Pista Dupla: Todas as rodovias pavimentadas de pista dupla em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Distrito Federal, sejam de administração federal, estadual, do Distrito Federal e municipal.
- Vias Não-pavimentadas: Rodovias em leito natural ou com revestimento primário , que, embora com más condições de tráfego, poderiam vir a ser utilizadas como rotas de fuga.

A tabela 3.2 demonstra a quantidade de “links” por tipo e unidade da federação.

Tabela 3.2 Quantidade de “links” por tipo e unidade da federação em que se situa

Tipo de Link	MG	GO	DF	SP	RJ	ES	BA	Total
BR116	51	0	0	0	0	0	0	51
BR381	25	0	0	0	0	0	0	25
BR040 4 FAIXAS	15	0	0	0	0	0	0	15
BR040 PISTA DUPLA	10	3	2	0	0	0	0	15
BR040 PISTA SIMPLES	26	5	0	0	0	0	0	31
Vias Pavimentadas - Pista Simples	1895	927	43	1799	455	229	701	6052
Vias Pavimentadas - Pista Dupla	61	31	31	731	104	19	13	990
Vias Não Pavimentadas	1471	505	16	4	3	6	6	2008
Total geral	3554	1471	92	2534	562	254	720	9187

Figura 3.1 Rede de Links Utilizada na Simulação - BR 381

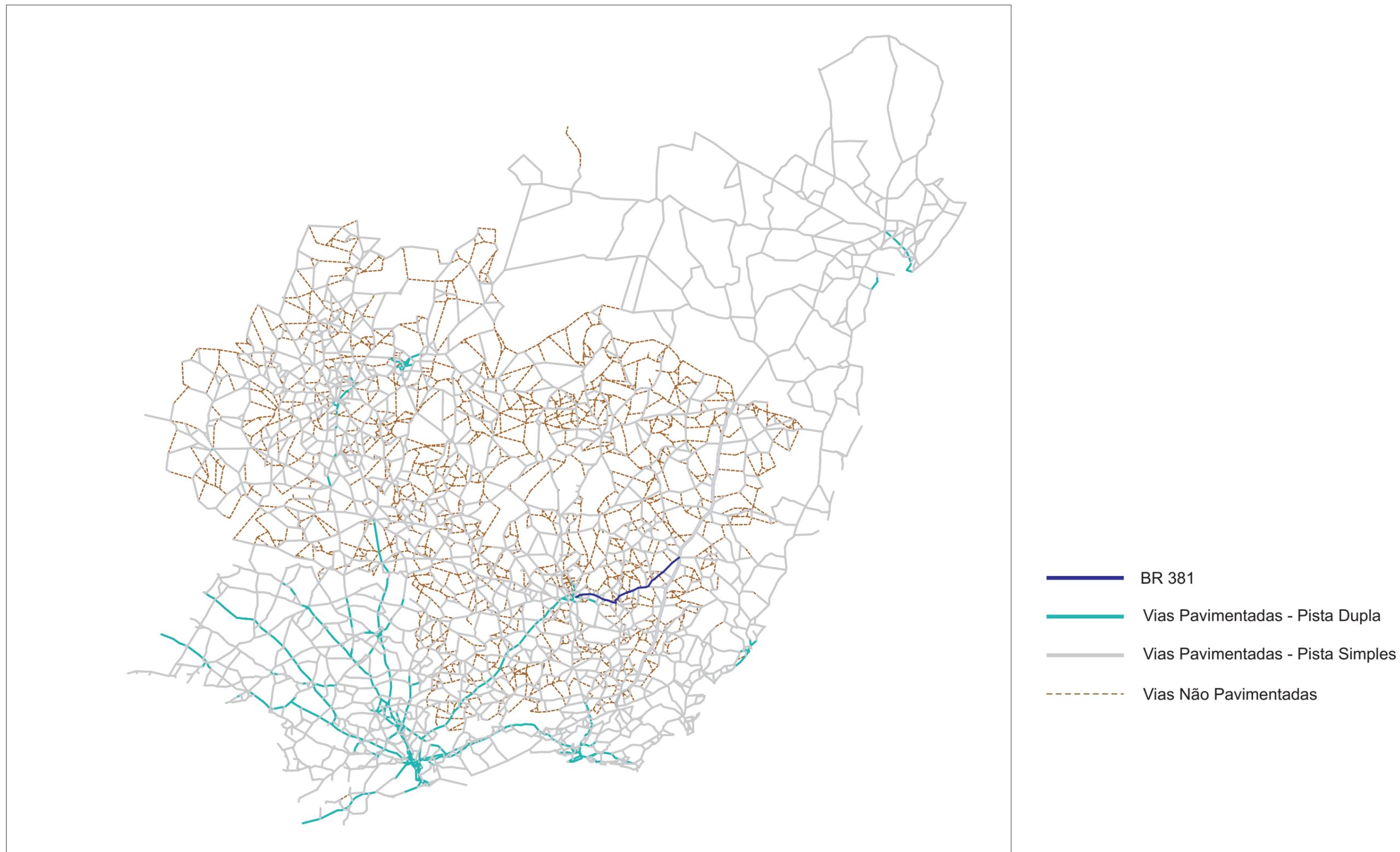
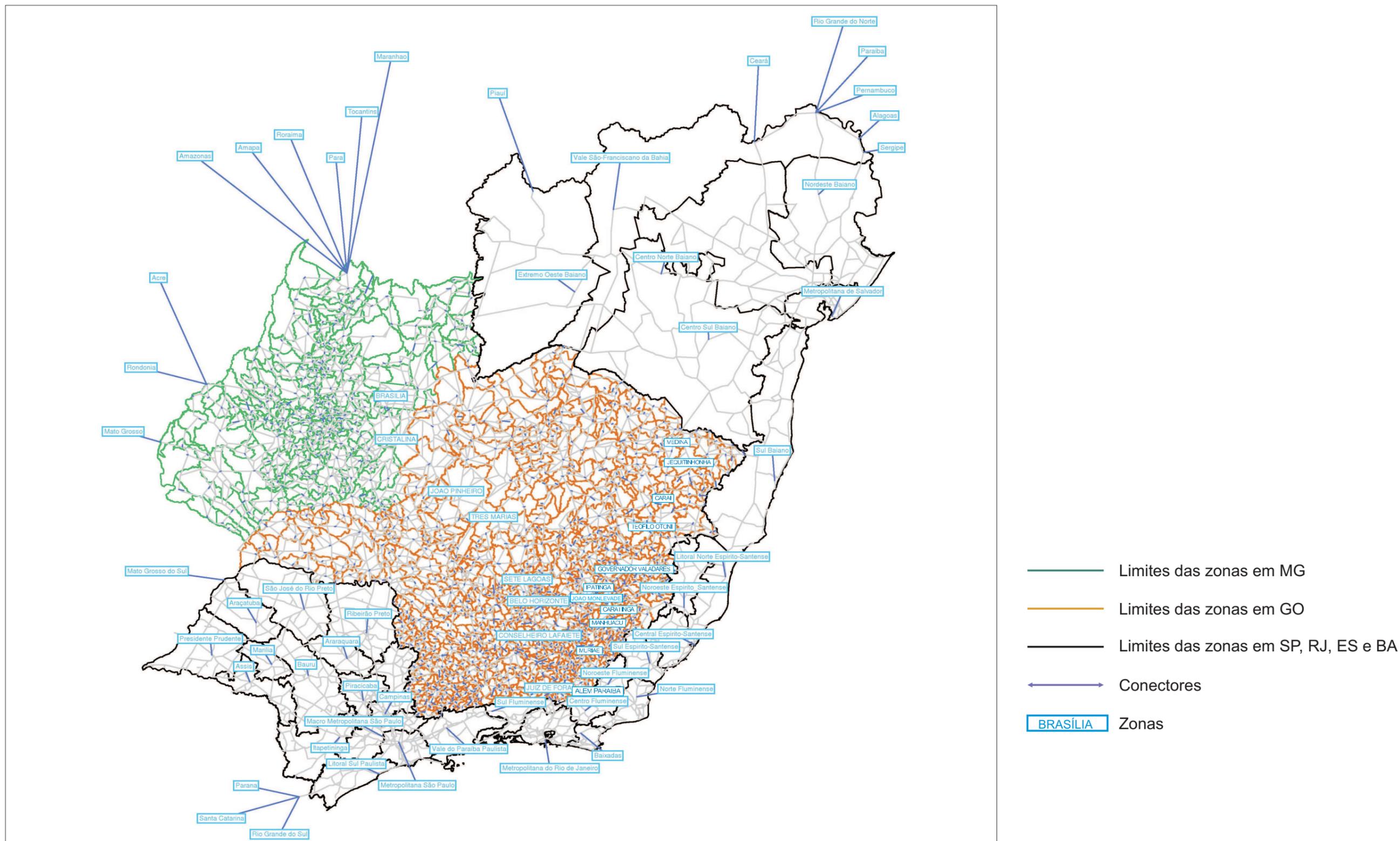


Figura 3.2 Conectores ("links" de acesso às zonas) e zoneamento utilizado na simulação



A oferta de transportes foi caracterizada pelos dados operacionais dos sistemas atuando nos diversos tipos de link. Esses dados operacionais adotados são resumidos na tabela a seguir.

Tabela 3.3 Características Operacionais dos “Links” – BR 381

Tipo de Via	Capacidade (Veíc. Eq/h)	Velocidades (km/h)		
		Automóveis	Caminhões 2 ou 3 eixos	Caminhões 4 ou mais eixos
BR 381	1300	100	90	90
BR 040	1300	70	65	65
BR 116	1300	70	65	65
Vias Pavimentadas – Pista Simples	1300	30	25	25
Vias Pavimentadas – Pista Dupla	4000	80	70	70
Vias Não Pavimentadas	130	15	10	10

3.2. Calibração

A calibração da rede consiste no ajuste de parâmetros do VISUM de forma que os volumes simulados nos postos de pesquisa apresentem um comportamento semelhante ao observado nas contagens nas pesquisas de campo.

As referências, portanto, para essa calibração são os volumes resultantes das contagens automáticas de 7 dias, ajustados de forma a refletir não só a média diária, mas também a média anual, uma vez que a sazonalidade foi considerada para a determinação do volume anualizado.

Como se trata de um modelo de simulação é necessário observar as ressalvas e os limites que um instrumento dessa natureza pode apresentar, além de focar os

esforços necessários à calibração, compatíveis com a precisão que o estudo necessita.

No caso de estimativas de volumes em praças de pedágio a precisão é importante para subsidiar a estimativa de arrecadação e avaliação da concessão como negócio. Para a estimativa dos investimentos necessários, que dependem da “vida útil” de cada trecho e, portanto, de uma análise de capacidade, a precisão da simulação já não é tão importante, pois a avaliação do nível de serviço baseia-se em patamares de desempenho e não em valores absolutos do volume do tráfego simulado.

Assim, a calibração do VISUM foi feita de acordo com as seguintes premissas:

- Os dados extraídos da simulação são referenciais, ou seja, é avaliado o percentual de fuga de cada praça de pedágio
- Os resultados da simulação no VISUM são basicamente matrizes de tempo e custo os quais, aplicados ao modelo calibrado com os resultados da pesquisa de preferência declarada, permitem a determinação da utilidade de cada situação (com e sem pedágio) e conseqüente probabilidade de fuga respectiva.
- Os percentuais obtidos são aplicados aos volumes observados nas contagens e ajustados para a média anual, de forma a se obter a estimativa final do volume em cada praça de pedágio

Dessa maneira, o esforço da calibração se volta aos aspectos mais importantes da simulação, relativos aos atributos das viagens, ao invés de se concentrar na calibração apenas do volume de tráfego nos “links” dos postos de pesquisa, bastando, portanto, que a rede apresente um comportamento lógico no que diz respeito a ilustrar as rotas de fuga compatíveis com os tempos e custos das viagens

Essa opção garante a simulação final da fuga, fiel ao comportamento expresso nas pesquisas de opinião e de preferência declarada. Note-se que, além do valor do tempo, atributos das viagens como freqüência e motivo da viagem de automóveis, ou propriedade do veículo e tipo de carroceria e carga, no caso de caminhões, mostraram-se relevantes na calibração do modelo de escolha a partir dos resultados da pesquisa de preferência declarada.

Os parâmetros utilizados para a determinação do custo generalizado são:

- o custo do tempo de viagem, segundo cada uma dos segmentos da demanda,
- e o custo operacional dos veículos, por unidade de distância, segundo o tipo de veículo.

A fórmula utilizada para essa determinação foi:

$$C_G = c_P * d + \sum_{i=0}^n c_T * t_{0,i} * \left(1 + \frac{q_i}{c_i}\right)$$

Onde:

C_G : Custo generalizado da viagem, em R\$

c_P : Custo operacional dos veículos, em R\$/km

d : Distância percorrida, em km

n : Número de “links” percorridos na viagem

c_T : Custo do tempo, em R\$/h

$t_{0,i}$: tempo de percurso no “link” i, na situação de fluxo livre, em h

q_i : volume de tráfego alocado no “link” i, em veículos equivalentes/h

c_i : capacidade da via, em veículos equivalentes/h

Os valores dos parâmetros c_P e c_T para os diferentes segmentos de demanda, segundo a rodovia em foco, se encontram nas tabelas a seguir, a saber: Tabela 3.4 referente à BR 381.

Tabela 3.4 Parâmetros da função de custo generalizado – BR 381

Parâmetro	Automóveis	Caminhões 2 ou 3 eixos	Caminhões 4 ou mais eixos
c_P (R\$/hora)	12,24	22,33	45,42
c_T (R\$/km)	0,74	1,24	1,24

3.3. Procedimento de simulação

Considerando-se a concepção da rede adotada, a simulação de cada situação alternativa foi desenvolvida considerando-se as seguintes etapas:

3.3.1. Processamento Preliminar

- Alocação dos quatro segmentos de demanda permitindo que os mesmos trafegassem pelos “links” dotados de praças de pedágio (simulação “a”) e inibindo os “links” de praças para o tráfego, forçando a tráfego pelas rotas de fuga (simulação “b”).

3.3.2. Identificação de Rotas de Fuga

- Visualização no VISUM da diferença dos carregamentos entre as simulações “b” e “a”, ilustrando em verde os “links” que aumentaram de volume e em vermelho os que tiveram seu volume reduzido
- Avaliação das rotas de fuga
- Ajustes de parâmetros (velocidade de “links” de rodovias municipais ou vias de terra)
- Validação final das rotas de fuga

3.3.3. Matrizes de Tempo e Distância

- Determinação das matrizes de tempo e distância para cada par de origem e destino das matrizes de viagens alocadas, em cada situação “a” e “b”
- Avaliação das curvas de frequência de viagens por faixa de tempo e de distância da situação “a”, que corresponde aos caminhos adotados por ocasião da pesquisa de origem e destino, ou seja, ninguém fugindo da rodovia
- Comparação desses resultados com as informações da pesquisa de origem e destino
- Ajuste de atributos do VISUM de forma a aproximar as curvas de frequência simulada (“a”) e observada
- Formatação final das matrizes de tempo e distância das situações “a” e “b”

3.3.4. Estimativa dos Percentuais de Fuga a Partir dos Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada

- Cálculo das utilidades das situações “a” e “b” considerando as respectivas matrizes de tempo, o qual é associado ao coeficiente do tempo determinado no modelo de escolha decorrente da pesquisa de preferência declarada
- Determinação das probabilidades de fuga de cada parcela da demanda, a partir da função que considera as utilidades determinadas
- Determinação dos limites mínimos e máximos de fuga de cada praça de pedágio com base em dois critérios:
 - Toda a parcela de demanda analisada (viagens de mesmo par de origem e destino, mesma renda, motivo e frequência, por exemplo) FOGE do pedágio **OU** PAGA pelo serviço da rodovia concessionada, de acordo com a probabilidade predominante
 - A demanda analisada (viagens de mesmo par de origem e destino, mesma renda, motivo e frequência, por exemplo) é dividida em duas parcelas, uma que FOGE do pedágio **E** outra que PAGA pelo serviço da rodovia concessionada, de acordo com as probabilidades determinadas

3.3.5. Alocação Final de Matrizes Cativas do Serviço Concessionado

- Alocação final dos segmentos de demanda, então subdivididos em 8 segmentos, representando a parcela que paga o pedágio ou foge dele, de cada

um dos 4 segmentos originais

- Análise do carregamento da rodovia como um todo
- Ajuste de parâmetros e reprocessamento quando necessário
- Identificação final da matriz de viagens por praça de pedágio
- Identificação final dos trechos de rodovia com volumes homogêneos para efeito de análise de capacidade e de padrão operacional

3.3.6. Matrizes Finais de Viagens por Praça de Pedágio

- Tabulação final de viagens por praça de pedágio, com a determinação da participação percentual de cada zona de análise na demanda por praça
- Obs.: as zonas de análise são aquelas definidas por ocasião dos estudos de projeções, ou seja: municípios das microrregiões lindeiras à rodovia; microrregiões do restante de MG; mesorregiões dos estados vizinhos a MG, e demais estados do Brasil

3.3.7. Estimativas das Taxas de Crescimento por Praça de Pedágio

- Associação dos percentuais de contribuição de cada zona na demanda por praça às taxas de projeção de crescimento do PIB por zona (determinadas em no relatório 4A – Projeções de Tráfego revisão 2 específico anterior), segundo a formulação:

$$f_t = \sum_j p_j \left(\frac{PIB_{tj}}{PIB_{0j}} \right)^\eta, \text{ em que:}$$

f_t : fator de crescimento do tráfego – por praça, no ano “t” (a ser multiplicado pelo volume do ano-base para obter o volume do ano “t”);

p_j : proporção de extremos de viagem de cada praça na zona “j”;

PIB_{tj} : PIB projetado para o ano “t” para a zona “j”;

PIB_{0j} : PIB no ano-base da zona “j”;

η : elasticidade-PIB do volume de tráfego da categoria de veículo considerada (leves ou pesados)

- Determinação das taxas finais simuladas de crescimento da demanda por praça de pedágio no horizonte do estudo, a serem associadas aos volumes pesquisados anualizados.

3.3.8. Estimativas finais dos volumes por praça de pedágio

- Consiste na aplicação das taxas de crescimento obtidas no passo anterior aos volumes de tráfego que se estima que permaneçam utilizando a rodovia mesmo após a implantação dos pedágios. Para os cálculos de volumes, foram consideradas quatro categorias de veículo: automóveis, motos, ônibus e caminhões. As taxas utilizadas para as três primeiras são as estimadas para os automóveis, e para os caminhões, foram utilizadas as taxas específicas para esse segmento. Quanto às fugas dos pedágios, foi considerado que as motos e os ônibus são indiferentes aos pedágios, enquanto os automóveis e os caminhões sofrem as taxas de fuga estimadas nesse trabalho.

3.4. Mecanismos de controle

Se, por um lado, o procedimento adotado para a simulação garante uma estimativa precisa do volume por praça de pedágio, a complexidade envolvida requer a adoção de mecanismos de controle que garantam a qualidade de todo o processo.

Assim, foram considerados vários aspectos como:

- nomenclatura de arquivos, de forma a evidenciar a seqüência de arquivos utilizados, como insumos às simulações ou resultados delas;
- totalização de viagens por segmento de demanda em todas as etapas dos cálculos, sejam em planilhas Excel ou procedimentos internos ao VISUM;
- determinação das curvas de freqüência para entendimento dos fenômenos resultantes de cada simulação, como por exemplo aumento das viagens de longa distância em uma alternativa de cobrança de pedágio;
- avaliação dos percentuais de fuga em cada alternativa, em comparação com simulações anteriores, para controle dos efeitos da tarifação em cada situa-

ção (valores distintos de tarifa e diversas configurações de localização das praças de pedágio)

- confecção no próprio VISUM dos mapas de volumes alocados e das diferenças de alocações entre duas situações; para visualização do carregamento da rodovia e identificação dos itinerários das rotas de fuga;
- comparação dos percentuais de fuga aos percentuais identificados na pesquisa de opinião

4. FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS

4.1. Formulação de Alternativas para a BR 381

Conforme o relatório 4 B – Estudos de Tráfego Final – Parte 2 – Estudo de Localização de Praças de Pedágios e Sistema de Pedagiamento revisão 1, apenas uma hipótese de localização de praças de pedágio foi avaliada como viável para a concessão da rodovia BR 381. Segundo ela, a BR 381 contará com 4 praças de pedágio, localizadas regularmente a cada 77 km, a partir do km 198, no município de Periquito e conforme o Relatório Técnico 4 – Parte 2. Estudos de Localização de Praças de Pedágios e Sistema de Pedagiamento, do trecho Norte, da Rodovia 381, revisão 1, a Rodovia apresenta a implantação do Anel Viário Norte de Belo Horizonte pedagiado.

Não obstante, algumas alternativas de políticas de preço foram simuladas para verificar a variação da fuga com o valor do pedágio a ser cobrado dos usuários:

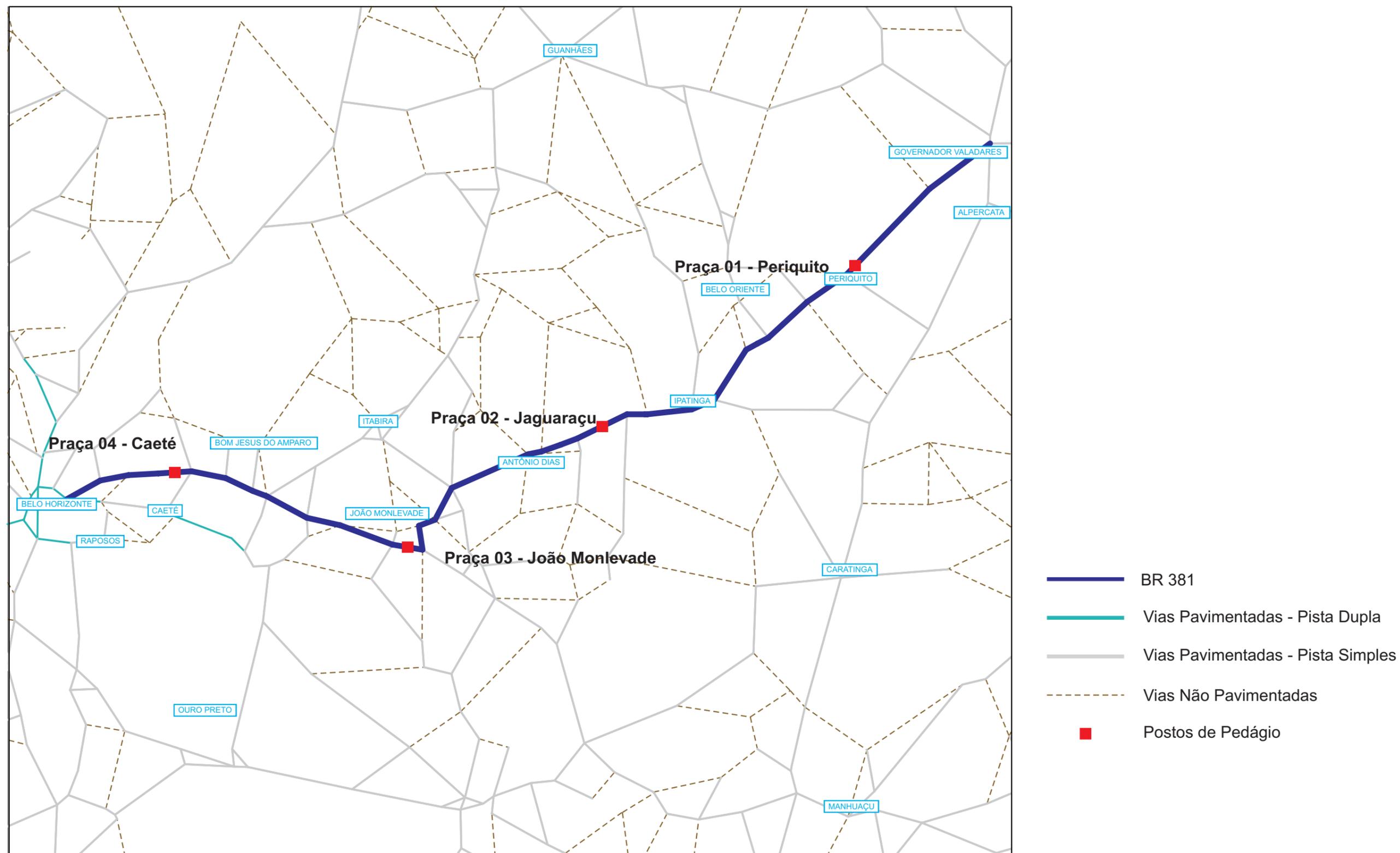
- Para a rodovia em estudo, houve uma simulação inicial com o valor de R\$ 0,036/km para veículo de passeio; o que resultou na cobrança por bloqueio (veículo de passeio) de R\$ 2,77. Posteriormente, foi realizada uma análise de sensibilidade com dois valores alternativos de tarifa, superiores ao valor inicial : R\$ 0,05 e R\$ 0,06
- Para as demais rodovias foram identificadas aquelas atualmente pedagiadas ou com previsão de concessão e pedagiamento no horizonte do estudo. Essas rodovias sofreram redução de velocidade na rede de simulação, ocasionando um aumento do tempo de viagem no tráfego que delas se utilizam como rota de fuga. Esse aumento de tempo, associado ao valor do tempo por segmento de demanda, resultou em uma penalidade de custo representativa da cobrança de pedágio nessas rodovias



Conforme já citado, essas representações foram feitas de forma distinta nos casos da rodovia em estudo ou das demais rodovias, quando se optou pelo uso de artifícios para a simulação de pedágios nas rotas de fuga, por exemplo.

A Figura 4.1 ilustra a localização das praças da BR 381.

Figura 4.1 Localização das Praças de Pedágio - BR 381



5. RESULTADOS DOS PROCESSAMENTOS

Conforme já mencionado, os resultados finais das simulações permitiram a estimativa dos volumes de tráfego por praça de pedágio em cada rodovia. Esse resultado, associado às projeções do PIB por zona de análise conduziram à projeção do tráfego estimado ao longo do horizonte do estudo, de 35 anos.

O que se apresenta a seguir resume as informações por alternativa considerada:

- taxa de fuga por modo e praça de pedágio
- taxa de crescimento ao ano da demanda por praça de pedágio
- ilustração das rotas de fuga
- ilustração do carregamento da rede

5.1. Resultados da Simulação para a BR 381

Observa-se que as taxas de fuga de automóveis se situam globalmente ao redor de 21% e as de caminhões, ao redor de 9,5%. Dentro dessa média é possível verificar pelas tabelas 5.1 e 5.2 que esses valores são afetados pelos pares que têm origem igual ao destino, ou ainda pelos que têm sua origem e seu destino na RM-BH, região esta onde a densidade da malha viária proporciona maiores alternativas de rotas de fuga. Com isso, os valores de fuga se reduzem como se observa nas tabelas 5.3 e 5.4, chegando a cerca de 6% entre os automóveis e a cerca de 8,2% no caso dos caminhões.

As taxas de crescimento anual da demanda das praças de pedágio, estimadas segundo a metodologia proposta no relatório 4A – Estudos de Projeções de Tráfego revisão 2 estão disponíveis nas tabelas 5.5 para os automóveis e 5.9 para os caminhões. Por outro lado, os volumes decorrentes da aplicação dessas taxas aos volumes diários médios anualizados obtidos a partir das contagens de tráfego, que constam do relatório 2 – Estudos de Tráfego Preliminares – Parte B, resultam nos valores encontrados nas tabelas 5.6, 5.7 e 5.8, contendo respectivamente, volumes de automóveis, motos e ônibus. A tabela 5.10 contém os volumes estimados para todos os caminhões, e as tabelas 5.11 a 5.16 apresentam os volumes estimados de caminhões divididos por número de eixos (2, 3, 4, 5, 6 e 7 ou mais eixos). Por fim a tabela 5.17 apresenta a os volumes de veículos de passeio e comerciais ao longo dos 35 anos da parceria público-privada ora em estudo.

As rotas de fuga estão exibidas na figura 5.1, onde se observa que há fugas mais elevadas nas proximidades de Belo Horizonte. A figura 5.2 mostra a alocação dos três segmentos de demanda postos na simulação, automóveis, caminhões de 2 ou 3 eixos, e caminhões de 4 ou mais eixos.

Tabela 5.1 Taxas de fuga estimadas – Automóveis – BR 381

Igualdade de Ori-	Extremos na RMBH	Praça	Fogem dos pedágios		Passam pelos pedágios		Total	
			Volume	%	Volume	%	Volume	%
Origem coincidente com o Destino	Nenhum	1	646	72,4%	247	27,6%	892	100,0%
		2	10	71,9%	4	28,1%	13	100,0%
		3	87	71,5%	35	28,5%	122	100,0%
	Subtotal		742	72,3%	285	27,7%	1.027	100,0%
	2	3	12	70,6%	5	29,4%	17	100,0%
		4	370	87,1%	55	12,9%	425	100,0%
Subtotal		382	86,4%	60	13,6%	442	100,0%	
Subtotal			1.124	76,5%	345	23,5%	1.469	100,0%
Origem diferente do Destino	Nenhum	1	598	12,4%	4.228	87,6%	4.825	100,0%
		2	62	2,2%	2.745	97,8%	2.807	100,0%
		3	297	10,2%	2.610	89,8%	2.908	100,0%
		4	235	26,0%	670	74,0%	905	100,0%
	Subtotal		1.193	10,4%	10.252	89,6%	11.445	100,0%
	1	1	-	0,0%	1.247	100,0%	1.247	100,0%
		2	-	0,0%	2.458	100,0%	2.458	100,0%
		3	-	0,0%	3.387	100,0%	3.387	100,0%
		4	287	5,3%	5.171	94,7%	5.458	100,0%
	Subtotal		287	2,3%	12.263	97,7%	12.549	100,0%
2	4	4.176	69,9%	1.801	30,1%	5.977	100,0%	
Subtotal		4.176	69,9%	1.801	30,1%	5.977	100,0%	
Subtotal			5.656	18,9%	24.316	81,1%	29.972	100,0%
Total geral			6.780	21,6%	24.661	78,4%	31.441	100,0%

Tabela 5.2 Taxas de fuga estimadas – Caminhões – BR381

Igualdade de Origem	Extremos na RMBH	Praça	Fogem dos pedágios		Passam pelos pedágios		Total	
			Volume	%	Volume	%	Volume	%
Origem coincide com o Destino	Nenhum	1	70	58,8%	49	41,2%	119	100,0%
		3	17	59,1%	11	40,9%	28	100,0%
	Subtotal		86	58,9%	60	41,1%	147	100,0%
	2	4	37	74,0%	13	26,0%	50	100,0%
	Subtotal		37	74,0%	13	26,0%	50	100,0%
Subtotal			123	62,7%	73	37,3%	196	100,0%
Origem diferente do Destino	Nenhum	1	16	1,0%	1.560	99,0%	1.575	100,0%
		2	20	0,9%	2.073	99,1%	2.093	100,0%
		3	52	3,3%	1.521	96,7%	1.573	100,0%
		4	326	21,3%	1.203	78,7%	1.529	100,0%
	Subtotal		413	6,1%	6.357	93,9%	6.770	100,0%
	1	1	-	0,0%	587	100,0%	587	100,0%
		2	-	0,0%	1.123	100,0%	1.123	100,0%
		3	-	0,0%	1.805	100,0%	1.805	100,0%
		4	629	25,1%	1.873	74,9%	2.502	100,0%
	Subtotal		629	10,5%	5.388	89,5%	6.017	100,0%
	2	3	-	0,0%	16	100,0%	16	100,0%
		4	129	20,3%	506	79,7%	635	100,0%
	Subtotal		129	19,8%	522	80,2%	651	100,0%
Subtotal			1.171	8,7%	12.267	91,3%	13.438	100,0%
Total geral			1.294	9,5%	12.340	90,5%	13.635	100,0%

Tabela 5.3 Taxas de fuga estimadas de destinos iguais, ou os dois estejam na RMBH – Automóveis – BR381

Igualdade de Origem	Extremos na RMBH	Praça	Fogem dos pedágios		Passam pelos pedágios		Total	
			Volume	%	Volume	%	Volume	%
Origem diferente do Destino	Nenhum	1	598	12,4%	4.228	87,6%	4.825	100,0%
		2	62	2,2%	2.745	97,8%	2.807	100,0%
		3	297	10,2%	2.610	89,8%	2.908	100,0%
		4	235	26,0%	670	74,0%	905	100,0%
	Subtotal		1.193	10,4%	10.252	89,6%	11.445	100,0%
	1	1	-	0,0%	1.247	100,0%	1.247	100,0%
		2	-	0,0%	2.458	100,0%	2.458	100,0%
		3	-	0,0%	3.387	100,0%	3.387	100,0%
		4	287	5,3%	5.171	94,7%	5.458	100,0%
Subtotal		287	2,3%	12.263	97,7%	12.549	100,0%	
Total geral			1.398	1,479	6,2%	22.515	23.994	100,0%

Tabela 5.4 Taxas de fuga estimadas de destinos iguais, ou os dois estejam na RMBH – Caminhões – BR381

Igualdade de Origem	Extremo na RMBH	Praça	Fogem dos pedágios		Passam pelos pedágios		Total		
			Volume	%	Volume	%	Volume	%	
Origem diferente do Destino	Nenhum	1	16	1,0%	1.560	99,0%	1.575	100,0%	
		2	20	0,9%	2.073	99,1%	2.093	100,0%	
		3	52	3,3%	1.521	96,7%	1.573	100,0%	
		4	326	16,2%	1.203	83,8%	1.529	100,0%	
	Subtotal			413	4,9%	6.357	95,1%	6.770	100,0%
	1	1	-	-	0,0%	587	100,0%	587	100,0%
		2	-	-	0,0%	1.123	100,0%	1.123	100,0%
		3	-	-	0,0%	1.805	100,0%	1.805	100,0%
		4	629	4,0%	1.873	96,0%	2.502	100,0%	
	Subtotal			629	1,7%	5.388	98,3%	6.017	100,0%
	Totalgeral			1.042	8,2%	11.745	91,8%	12.788	100,0%

Tabela 5.5 Taxas de crescimento anual do volume de tráfego por praça de pedágio – Automóveis, motos e ônibus – BR381 – em % a.a.

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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	TGCA
Periquito	3,7	3,3	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	3,1	2,8	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,74%
Jaguarapu	4,2	3,8	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,5	3,3	3,5	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	3,12%	
João Monlevade	5,9	5,7	5,4	5,4	5,3	5,2	5,3	5,0	5,3	4,9	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9	3,8	4,63%
Caeté	4,8	4,3	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,8	3,9	3,7	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	3,46%

Tabela 5.6 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Automóveis – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Periquito	5.932	6.130	6.318	6.512	6.708	6.911	7.112	7.330	7.536	7.764	7.987	8.220	8.457	8.700	8.948	9.200	9.457	9.719
Jaguarapu	5.429	5.636	5.838	6.046	6.258	6.478	6.698	6.935	7.163	7.412	7.658	7.914	8.176	8.445	8.719	9.000	9.286	9.578
João Monlevade	6.394	6.759	7.126	7.509	7.909	8.320	8.759	9.194	9.677	10.150	10.660	11.183	11.727	12.293	12.880	13.491	14.125	14.783
Caeté	8.065	8.411	8.757	9.114	9.482	9.857	10.248	10.639	11.056	11.469	11.903	12.343	12.795	13.257	13.731	14.215	14.711	15.218

Tabela 5.6 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Automóveis – BR381 (continuação)

Praça	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Periquito	9.985	10.256	10.531	10.811	11.096	11.385	11.678	11.977	12.280	12.587	12.900	13.216	13.538	13.863	14.193	14.528	14.867
Jaguarapu	9.876	10.180	10.490	10.806	11.128	11.456	11.790	12.130	12.476	12.828	13.186	13.550	13.920	14.296	14.677	15.064	15.457
João Monlevade	15.465	16.171	16.901	17.657	18.437	19.242	20.073	20.929	21.812	22.721	23.655	24.616	25.603	26.616	27.655	28.721	29.812
Caeté	15.738	16.269	16.813	17.370	17.939	18.522	19.117	19.726	20.348	20.983	21.633	22.295	22.972	23.662	24.365	25.083	25.814

Tabela 5.7 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Motos – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	392	405	418	431	444	457	470	485	498	513	528	544	559	575	592	608	625	643	660	678	696	715	734	753	772	792	812	832	853	874	895	916	938	960	983
Jaguarapu	366	380	394	408	422	437	452	468	483	500	517	534	552	570	588	607	626	646	666	687	707	729	750	773	795	818	841	865	889	914	939	964	990	1.016	1.042
João Monlevade	377	399	420	443	467	491	517	542	571	599	629	660	692	725	760	796	833	872	912	954	997	1.041	1.087	1.135	1.184	1.234	1.286	1.340	1.395	1.451	1.510	1.569	1.630	1.693	1.758
Caeté	736	768	799	832	865	899	935	971	1.009	1.046	1.086	1.126	1.167	1.209	1.253	1.297	1.342	1.388	1.436	1.484	1.534	1.584	1.636	1.689	1.744	1.799	1.856	1.914	1.973	2.034	2.095	2.158	2.222	2.288	2.355

Tabela 5.8 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Ônibus – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	202	208	215	221	228	235	242	249	256	264	271	279	287	296	304	312	321	330	339	348	358	367	377	387	397	407	417	427	438	449	460	471	482	493	505
Jaguarapu	203	210	218	226	234	242	250	259	267	277	286	295	305	315	325	336	346	357	368	380	391	403	415	427	440	452	465	478	492	505	519	533	547	562	576
João Monlevade	167	176	186	196	206	217	228	239	252	264	278	291	305	320	335	351	368	385	402	421	440	459	480	501	522	545	567	591	615	640	666	692	719	747	775
Caeté	436	455	474	493	513	533	554	575	598	620	644	667	692	717	742	769	795	823	851	880	909	939	970	1.001	1.034	1.066	1.100	1.134	1.169	1.205	1.242	1.279	1.317	1.356	1.395

Tabela 5.9 Taxas de crescimento anual do volume de tráfego por praça de pedágio – Caminhões – BR381 – em % a.a.

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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	TGCA
Periquito	4,6	4,3	4,1	4,2	4,1	4,3	3,7	4,8	3,3	4,7	3,8	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,89%
Jaguarapu	5,5	5,0	4,7	4,7	4,7	4,7	4,5	4,8	4,4	4,7	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	4,33%
João Monlevade	5,5	6,2	6,0	5,9	5,9	5,6	6,0	5,2	6,1	5,1	5,6	5,4	5,3	5,2	5,2	5,1	5,0	4,9	4,9	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,4	4,3	4,2	4,2	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9	3,8	4,91%
Caeté	6,8	6,2	5,9	5,9	5,8	5,7	5,8	5,5	5,7	5,4	5,5	5,4	5,3	5,2	5,2	5,1	5,0	5,0	4,9	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,96%	

Tabela 5.10 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões TOTAL – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Periquito	2.305	2.405	2.505	2.610	2.715	2.833	2.937	3.079	3.179	3.329	3.456	3.598	3.744	3.895	4.051	4.212	4.379	4.551
Jaguarapu	3.377	3.545	3.713	3.890	4.071	4.263	4.456	4.670	4.873	5.104	5.332	5.574	5.825	6.086	6.357	6.638	6.930	7.232
João Monlevade	3.543	3.764	3.988	4.223	4.473	4.726	5.010	5.270	5.592	5.879	6.209	6.542	6.889	7.250	7.625	8.013	8.416	8.832
Caeté	3.843	4.080	4.322	4.577	4.845	5.121	5.418	5.714	6.042	6.367	6.716	7.076	7.451	7.840	8.245	8.664	9.100	9.552

Tabela 5.10 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões TOTAL – BR381 (continuação)

Praça	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Periquito	4.729	4.912	5.102	5.296	5.497	5.704	5.917	6.137	6.362	6.594	6.832	7.077	7.329	7.587	7.851	8.123	8.401
Jaguarapu	7.545	7.870	8.205	8.553	8.913	9.285	9.670	10.068	10.479	10.904	11.342	11.795	12.262	12.744	13.241	13.753	14.280
João Monlevade	9.263	9.707	10.166	10.639	11.127	11.629	12.145	12.676	13.222	13.782	14.358	14.948	15.552	16.172	16.807	17.458	18.124
Caeté	10.020	10.505	11.007	11.527	12.065	12.621	13.196	13.790	14.403	15.037	15.690	16.364	17.059	17.775	18.513	19.273	20.054

Tabela 5.11 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 2 eixos – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	606	633	659	686	714	745	772	810	836	876	909	946	985	1.024	1.065	1.108	1.152	1.197	1.244	1.292	1.342	1.393	1.446	1.500	1.556	1.614	1.673	1.734	1.797	1.861	1.928	1.995	2.065	2.136	2.209
Jaguarapu	751	789	826	865	906	948	991	1.039	1.084	1.135	1.186	1.240	1.296	1.354	1.414	1.476	1.541	1.609	1.678	1.751	1.825	1.902	1.983	2.065	2.151	2.239	2.331	2.425	2.523	2.624	2.727	2.835	2.945	3.059	3.176
João Monlevade	913	970	1.028	1.088	1.153	1.218	1.291	1.358	1.441	1.515	1.600	1.686	1.776	1.869	1.965	2.065	2.169	2.276	2.387	2.502	2.620	2.742	2.868	2.997	3.130	3.267	3.408	3.552	3.701	3.853	4.008	4.168	4.332	4.500	4.671
Caeté	1.192	1.266	1.341	1.420	1.503	1.589	1.681	1.773	1.875	1.976	2.084	2.196	2.312	2.433	2.558	2.688	2.824	2.964	3.109	3.260	3.415	3.577	3.744	3.916	4.095	4.279	4.469	4.666	4.869	5.078	5.293	5.516	5.745	5.980	6.223

Tabela 5.12 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 3eixos – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	692	722	752	783	815	850	881	924	954	999	1.037	1.080	1.124	1.169	1.216	1.264	1.314	1.366	1.419	1.474	1.531	1.589	1.650	1.712	1.776	1.842	1.909	1.979	2.050	2.124	2.200	2.277	2.356	2.438	2.521
Jaguarapu	1.066	1.119	1.172	1.228	1.285	1.346	1.406	1.474	1.538	1.611	1.683	1.759	1.839	1.921	2.006	2.095	2.187	2.283	2.381	2.484	2.590	2.700	2.813	2.931	3.052	3.178	3.307	3.442	3.580	3.723	3.870	4.022	4.179	4.341	4.507
João Monlevade	983	1.045	1.107	1.172	1.242	1.312	1.391	1.463	1.552	1.632	1.724	1.816	1.912	2.012	2.117	2.224	2.336	2.452	2.571	2.695	2.822	2.953	3.089	3.228	3.371	3.519	3.670	3.826	3.986	4.149	4.317	4.489	4.665	4.846	5.031
Caeté	993	1.054	1.117	1.183	1.252	1.323	1.400	1.476	1.561	1.645	1.735	1.828	1.925	2.026	2.130	2.239	2.351	2.468	2.589	2.714	2.844	2.978	3.117	3.261	3.409	3.563	3.721	3.885	4.054	4.228	4.408	4.593	4.783	4.980	5.181

Tabela 5.13 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 4 eixos – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	142	148	154	161	167	175	181	190	196	205	213	222	231	240	250	259	270	280	291	303	314	326	339	351	364	378	392	406	421	436	451	467	484	500	517
Jaguarapu	220	231	242	254	266	278	291	305	318	333	348	364	380	397	415	433	452	472	492	513	535	558	581	606	631	657	684	711	740	769	800	831	864	897	932
João Monlevade	233	247	262	277	294	310	329	346	367	386	408	430	452	476	501	526	553	580	608	638	668	699	731	764	798	832	868	905	943	982	1.021	1.062	1.104	1.147	1.190
Caeté	236	251	266	281	298	315	333	351	371	391	413	435	458	482	507	533	559	587	616	646	677	709	742	776	811	848	885	924	964	1.006	1.049	1.093	1.138	1.185	1.233

Tabela 5.14 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 5 eixos – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	480	501	522	544	566	590	612	642	662	694	720	750	780	812	844	878	913	948	985	1.024	1.063	1.104	1.146	1.189	1.233	1.279	1.326	1.374	1.424	1.475	1.527	1.581	1.636	1.693	1.751
Jaguaraçu	741	777	814	853	893	935	977	1.024	1.069	1.119	1.169	1.223	1.278	1.335	1.394	1.456	1.520	1.586	1.655	1.726	1.800	1.876	1.955	2.036	2.121	2.208	2.298	2.391	2.488	2.587	2.689	2.795	2.904	3.016	3.132
João Monlevade	781	829	879	931	986	1.041	1.104	1.161	1.232	1.296	1.368	1.442	1.518	1.598	1.680	1.766	1.855	1.946	2.041	2.139	2.240	2.345	2.452	2.563	2.676	2.793	2.914	3.037	3.164	3.294	3.427	3.564	3.704	3.847	3.994
Caeté	783	831	880	932	987	1.043	1.104	1.164	1.231	1.297	1.368	1.441	1.518	1.597	1.679	1.765	1.854	1.946	2.041	2.140	2.242	2.348	2.457	2.571	2.688	2.809	2.934	3.063	3.196	3.333	3.475	3.621	3.771	3.926	4.085

Tabela 5.15 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 6 eixos – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	200	209	218	227	236	246	255	268	276	289	300	313	325	339	352	366	381	396	411	427	444	460	478	496	514	534	553	573	594	615	637	660	683	706	730
Jaguaraçu	308	324	339	355	372	389	407	427	445	466	487	509	532	556	581	606	633	661	689	719	749	781	814	848	883	920	957	996	1.036	1.077	1.120	1.164	1.209	1.256	1.304
João Monlevade	326	346	367	388	411	435	461	485	514	541	571	601	633	667	701	737	774	812	852	893	935	978	1.023	1.069	1.117	1.165	1.216	1.267	1.320	1.374	1.430	1.487	1.545	1.605	1.666
Caeté	325	345	366	387	410	433	458	483	511	538	568	598	630	663	697	733	770	808	847	888	931	975	1.020	1.067	1.116	1.166	1.218	1.272	1.327	1.384	1.443	1.503	1.566	1.630	1.696

Tabela 5.16 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões – 7 ou mais eixos – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	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
Periquito	184	192	200	209	217	226	235	246	254	266	276	288	299	311	324	337	350	364	378	393	408	423	439	456	473	491	509	527	546	566	586	607	628	649	672
Jaguaraçu	291	305	320	335	350	367	383	402	419	439	459	480	501	524	547	571	596	622	649	677	706	736	767	799	832	866	902	938	976	1.015	1.055	1.097	1.139	1.183	1.229
João Monlevade	307	326	346	366	388	410	434	457	485	510	538	567	597	629	661	695	730	766	803	842	881	922	965	1.008	1.053	1.099	1.146	1.195	1.245	1.296	1.348	1.402	1.457	1.513	1.571
Caeté	314	333	353	373	395	418	442	466	493	520	548	577	608	640	673	707	743	779	818	857	898	941	985	1.030	1.077	1.125	1.175	1.227	1.280	1.335	1.392	1.450	1.511	1.573	1.636

Tabela 5.17 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Veículos Passeio e Comerciais – BR381

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Periquito	8.831	9.148	9.456	9.774	10.095	10.436	10.761	11.143	11.469	11.870	12.242	12.641	13.047	13.466	13.895	14.332	14.782	15.243
Jaguaraçu	9.375	9.771	10.163	10.570	10.985	11.420	11.856	12.332	12.786	13.293	13.793	14.317	14.858	15.416	15.989	16.581	17.188	17.813
João Monlevade	10.481	11.098	11.720	12.371	13.055	13.754	14.514	15.245	16.092	16.892	17.776	18.676	19.613	20.588	21.600	22.651	23.742	24.872
Caeté	13.080	13.714	14.352	15.016	15.705	16.410	17.155	17.899	18.705	19.502	20.349	21.212	22.105	23.023	23.971	24.945	25.948	26.981

Tabela 5.17 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Veículos Passeio e Comerciais – BR381 (Continuação)

Praça	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Periquito	15.713	16.194	16.687	17.189	17.704	18.229	18.764	19.313	19.871	20.440	21.023	21.616	22.222	22.837	23.464	24.104	24.756
Jaguaraçu	18.455	19.117	19.793	20.491	21.206	21.941	22.695	23.468	24.261	25.075	25.909	26.764	27.640	28.537	29.455	30.395	31.355
João Monlevade	26.042	27.253	28.504	29.796	31.131	32.507	33.924	35.384	36.887	38.434	40.023	41.655	43.331	45.049	46.811	48.619	50.469
Caeté	28.045	29.138	30.263	31.420	32.610	33.833	35.091	36.381	37.707	39.068	40.465	41.898	43.368	44.874	46.417	48.000	49.618

Figura 5.1 Rotas de Fuga - BR 381

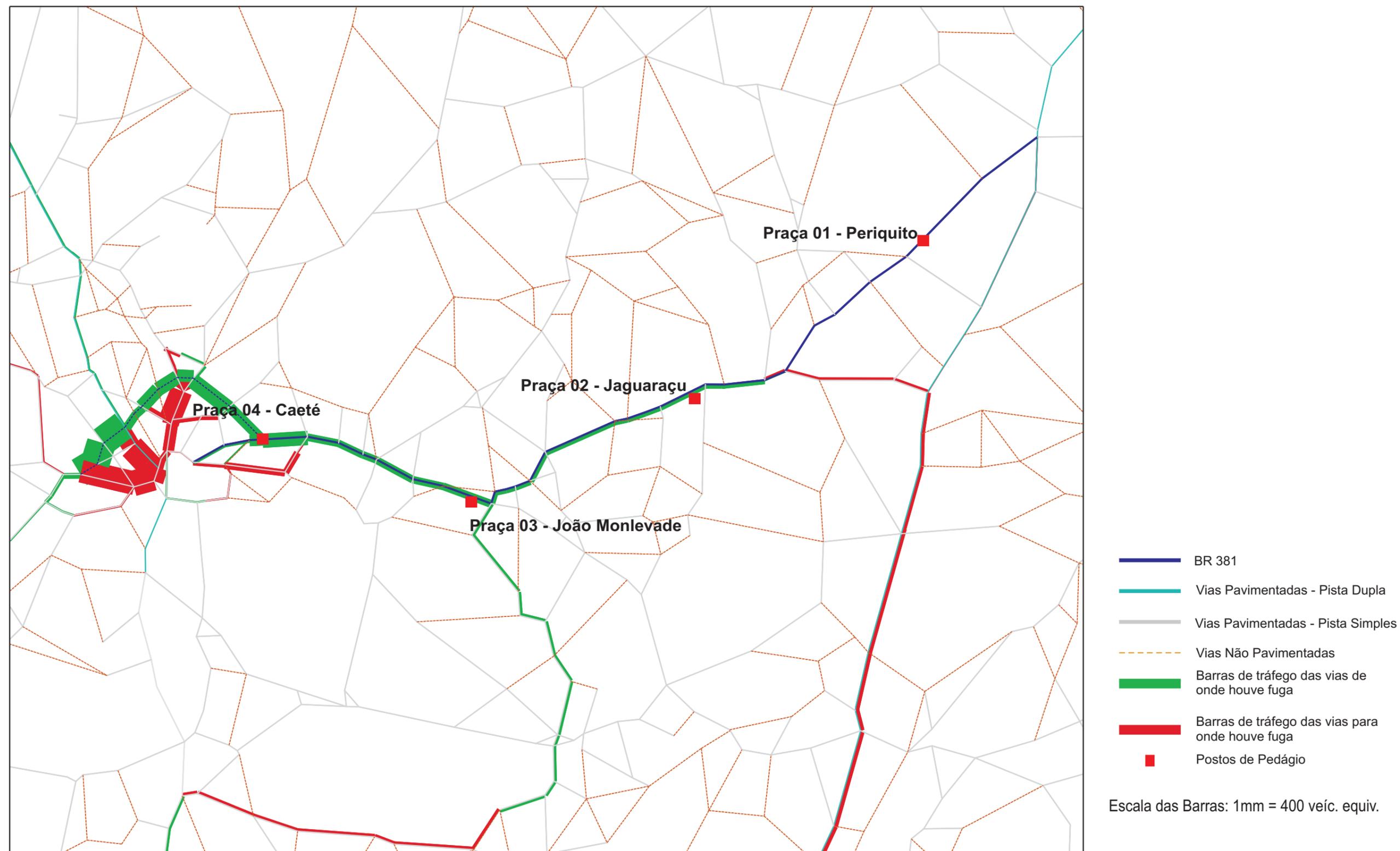


Figura 5.2 Alocação de Tráfego- BR 381

