

SERVIÇOS DE CONSULTORIA

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052

ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

PRODUTO 7

PREVISÃO DE DEMANDA E MODELAGEM DE TRANSPORTES



REVISÃO 1 - MARÇO/2016

SERVIÇOS DE CONSULTORIA
ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052

PRODUTO 4
PREVISÃO DE DEMANDA E MODELAGEM DE
TRANSPORTES

REVISÃO 1
MARÇO/2016

Sumário

1. Apresentação.....	11
2. Caracterização Socioeconômica	13
2.1. Área de Influência Direta (AID)	18
2.2. Área de Influência Indireta Principal (dentro do Estado da Bahia)	26
2.3. Área de Influência Indireta Secundária (fora do estado da Bahia)	29
3. Modelagem da Situação Atual	32
3.1. Algoritmo e Parâmetros de Alocação	33
3.1.1. Capacidade e Velocidade	34
3.1.2. Custos	35
3.1.2.1. Custo de Operação (C_o)	36
3.1.2.2. Valor do Tempo (V_t)	36
3.1.2.3. Pedágio (P)	36
3.2. Modelagem da Demanda	38
3.2.1. Construção das Matrizes Origem-Destino	41
3.2.2. Calibração do Modelo	42
3.2.3. Alocação de Viagens para o Ano Base - Sem Pedágio	49
4. Sistema de Pedagiamento	53
4.1. Considerações Gerais	53
4.2. Estrutura Tarifária	54
4.3. Localização das Praças de Pedágio	55
4.3.1. Momento de transporte	56
4.4. Número e Espaçamento entre Praças de Pedágio	57
4.4.1. Análise da iniquidade	58
4.4.2. Análise da eficiência	58
4.5. Solução de Pedagiamento Proposta para o Sistema BA 052	59
5. Alocação de Viagens para o Ano Base - Com Pedágio	64

5.1.	<i>Volumes Pedagiados e Impactos de Fuga</i>	65
6.	Modelo de Previsão	70
6.1.	<i>Introdução Metodológica</i>	70
6.2.	<i>Coleta de Informação</i>	71
6.2.1.	PIB.....	71
6.2.2.	População.....	72
6.2.3.	Volume de venda de combustível.....	73
6.2.4.	Frota de automóvel.....	75
6.3.	<i>Definição do Modelo</i>	76
6.3.1.	Escolha de variáveis.....	76
6.3.2.	Resultados.....	79
6.4.	<i>Previsão das Variáveis</i>	84
6.4.1.	Introdução.....	85
6.4.2.	PIB.....	85
6.4.2.1.	Brasil	85
6.4.2.2.	UF e Microrregião.....	85
6.5.	<i>Tráfego induzido</i>	88
7.	Modelagem da Situação Futura. Projeções de Demanda.....	92
7.1.	<i>O Sistema BA 052</i>	93
7.1.1.	Trechos Homogêneos	94
7.2.	<i>Intervenções Rodoviárias Futuras</i>	97
7.3.	<i>Cenários em Análise</i>	98
7.4.	<i>Síntese de Principais Resultados</i>	100
7.4.1.	Cenário Base (Sem Ponte e Sem Pedágio no Sistema BA 052)	100
7.4.2.	Cenário Com Ponte (e sem pedágio no Sistema BA 052).....	103
7.4.2.1.	Cenário Com Ponte, Sem Pedágio (e sem pedágio no Sistema BA 052)	104
7.4.2.2.	Cenário Com Ponte, Com Pedágio (e sem pedágio no Sistema BA 052)	107

7.4.2.3.	Sensibilidade ao valor de pedágio na ponte.....	110
7.4.3.	Cenário com Pedágio no Sistema BA 052 (com ponte com pedágio a 50%)	111
7.4.3.1.	Sensibilidade ao número de praças de pedágio.....	115
7.4.3.2.	Sensibilidade à tarifa de pedágio	119
8.	Análise de Capacidade - Verificação do Nível de Serviço	122
8.1.	<i>Características Geométricas</i>	122
8.2.	<i>VDMA e Volume Horário</i>	123
8.3.	<i>Resultados Obtidos</i>	126

Índice de Figuras

Figura 1 - Área de influência direta	14
Figura 2 - Áreas de influência indireta e remota	14
Figura 3 – Síntese de resultados dos indicadores socioeconômicos	17
Figura 4 - Densidade populacional (habitantes por km ²)	22
Figura 5 - PIB 2011 per capita (R\$ por habitante)	23
Figura 6 - Índice de Motorização (veículos por 1000 habitantes)	24
Figura 7 - Índice Agrícola (m R\$ /km ²)	25
Figura 8 - Metodologia de análise	33
Figura 9 - Função de degradação da velocidade em função da taxa de utilização da capacidade.....	35
Figura 10 - Estimativa de VDMA na situação atual (2015), por posto de pesquisa e categoria de veículos.....	40
Figura 11 - Postos de contagem considerados para calibração do modelo de alocação.....	44
Figura 12 - Calibração do modelo de tráfego - síntese de resultados.....	45
Figura 13 - Representação esquemática da metodologia para construção do modelo de alocação na situação atual	48
Figura 14 - Diagrama de cargas na situação atual (total de motorizados) - VDMA 2015	49
Figura 15 - VDMA e % de caminhões ao longo dos trechos do Sistema BA 052.....	50
Figura 16 - Veículos equivalentes (Veq.) e VDMA por trecho homogêneo - cenário atual.....	52
Figura 17 - Identificação dos subtrechos potenciais para a instalação de praça de pedágio..	60
Figura 18 - Proposta de sistema de pedagiamento para o Sistema BA 052	62
Figura 19 - Impacto (%) da introdução de pedágio no Sistema BA 052 - Cenário Atual (2015)	67
Figura 20 - Impacto da introdução de pedágio no Sistema BA 052 - VDMA total de motorizados (situação atual).....	69
Figura 21 - Microrregiões no Estado da Bahia	70
Figura 22 - Evolução do PIB do Brasil (2003-2014), Bahia e microrregiões da AID (2003 - 2012) - índice 100 = 2003.....	72
Figura 23 - Evolução da população do Brasil e UF da Bahia (2000 - 2047).....	73
Figura 24 – Volume de venda de combustíveis (BEP) - Brasil e UF da Bahia	74

Figura 25 - Volume de venda de combustíveis de veículos leves - Brasil, UF da Bahia e microrregiões da AID (2007 - 2014) - índice 100 = 2007	74
Figura 26 - Volume de venda de combustíveis de caminhões - Brasil, UF da Bahia e microrregiões da AID (2007 - 2014) - índice 100 = 2007	75
Figura 27 - Frota de veículos leves - Brasil e UF da Bahia	76
Figura 28 - Taxa de motorização - Brasil e UF da Bahia	76
Figura 29 - Correlação entre o volume de venda de combustíveis (BEP) e a demanda de tráfego nas concessões com pedágio, Brasil (2000 - 2014)	77
Figura 30 - Ajustamento log-log: Volume de venda de combustível vs. PIB - Veículos Leves .	80
Figura 31 - Ajustamento log-log – Volume de venda de combustível vs. PIB - Caminhões	81
Figura 32 – Volume de venda de combustíveis observada vs. modelada – veículos leves	83
Figura 33 – Volume de venda de combustíveis observada vs. modelada – caminhões	84
Figura 34 - Evolução histórica e previsão do PIB do Brasil e da Bahia (2003-2047)	87
Figura 35 - Evolução histórica e previsão do PIB para as microrregiões da Bahia na AID do Sistema BA 052 (2003-2047)	88
Figura 36 - Impacto do tráfego induzido, por trecho homogêneo - valores médios para o período 2017 a 2047	91
Figura 37 - Representação esquemática da metodologia para a construção do modelo de previsão e análise ao sistema de pedagiamento	93
Figura 38 - Trechos homogêneos do Sistema BA 052 - localização.....	96
Figura 39 – Resumo dos cenários em análise	100
Figura 40 - Evolução anual do tráfego no Sistema BA 052 no período 2017 a 2047 - Cenário Base (sem ponte e sem pedágio).....	102
Figura 41 - Volume de tráfego médio no Sistema BA 052 (2017-2047), por trecho homogêneo - Cenário Base (sem ponte e sem pedágio).....	103
Figura 42 - Impacto da nova ponte sem pedágio, por trecho homogêneo - exemplo para 2030	106
Figura 43 - Impacto da construção da nova ponte sobre o rio São Francisco, sem pedágio - VDMA total de motorizados (exemplo para 2030)	107
Figura 44 - Impacto do pedágio na nova ponte, por trecho homogêneo - exemplo para 2030 (com pedágio a 50% do valor das balsas)	109

Figura 45 - Impacto do pedágio na nova ponte, a 50% do valor das balsas - VDMA total de motorizados (2030).....	110
Figura 46 - Impacto do pedágio no Sistema BA 052, por trecho homogêneo - exemplo para 2030 (com três praças de pedágio)	113
Figura 47 - Impacto do pedágio no Sistema BA 052, com três praças, no período 2017 a 2047 - Receita (M R\$/ano).....	114
Figura 48 - Impacto do pedágio no Sistema BA 052, com três praças de pedágio - VDMA total de motorizados (2030).....	115
Figura 49 - Cenários de sensibilidade ao número de praças de pedágio no Sistema BA 052	117
Figura 50 - Impacto da redução do número de praças de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA e Receita (M R\$/ano)	118
Figura 51 - Impacto da redução de três para uma praça de pedágio no Sistema BA 052, por trecho homogêneo - exemplo para 2030	119
Figura 52 - Impacto da variação da tarifa de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA e Receita (M R\$/ano)	121
Figura 53 - Impacto do aumento da tarifa cobrada no Sistema BA 052, de 0,07 R\$/km para 0,09 R\$/km, por trecho homogêneo - exemplo para 2030	121

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Variáveis socioeconômicas e respectivas fontes	15
Tabela 2 - Variáveis socioeconômicas na AID e All Principal	16
Tabela 3 - Variáveis socioeconômicas na Bahia, na All Secundária e no Brasil	16
Tabela 4 - Síntese de indicadores socioeconômicos, por unidade de análise	16
Tabela 5 - População e área nas microrregiões da AID	18
Tabela 6 - Dados socioeconômicos dos municípios da AID	20
Tabela 7 - Microrregiões na All Principal (dentro do estado da Bahia).....	26
Tabela 8 - Dados socioeconômicos das microrregiões da All Principal (dentro da Bahia).....	28
Tabela 9 – Caracterização dos Estados na All Secundária	29
Tabela 10 - Dados socioeconômicos dos Estados da All Secundária	31
Tabela 11 - Tarifa nas concessões rodoviárias da Bahia e balsas do rio São Francisco (R\$ 2015)	37
Tabela 12 - Calibração do modelo de tráfego - síntese de resultados	46
Tabela 13 - Multiplicador tarifário.....	55
Tabela 14 - Custo de pedágio (R\$) e TCP (km), por praça proposta para o Sistema BA 052... 63	
Tabela 15 - Indicadores de desempenho – situação atual	63
Tabela 16 - Impacto (%) da introdução de pedágio no Sistema BA 052 - Cenário atual (2015)	66
Tabela 17- Elasticidades PIB vs. Tráfego	82
Tabela 18- Estimativa de evolução do PIB do Brasil (taxa de variação anual).....	85
Tabela 19 - Trechos homogêneos do Sistema BA 052 - descrição	95
Tabela 20 - Evolução do tráfego no Sistema BA 052 e na Ponte* no período 2017 a 2047 - Cenário Base (sem ponte e sem pedágio).....	101
Tabela 21 - Tarifas de pedágio simuladas para a nova ponte	104
Tabela 22 - Evolução do tráfego no Sistema BA 052 e na Ponte no período 2017 a 2047 - Cenário com nova ponte, sem pedágio	105
Tabela 23 - Impacto da nova ponte sem pedágio, no período 2017 a 2047	106
Tabela 24 - Evolução do no Sistema BA 052 e na ponte no período 2017 a 2047 - Cenário com nova ponte com pedágio, a 50% do valor das balsas	108

Tabela 25 - Impacto do pedágio na nova ponte, a 50% do valor das balsas, no período 2017 a 2047	108
Tabela 26 - Sensibilidade ao valor de pedágio na ponte, no período 2017 a 2047 - VDMA e receita	111
Tabela 27 - Evolução do tráfego no Sistema BA 052 e na ponte no período 2017 a 2047 - Cenário com pedágio no Sistema BA 052, com três praças.....	112
Tabela 28 - Impacto do pedágio no Sistema BA 052, com três praças, no período 2017 a 2047 - VDMA	113
Tabela 29 - Impacto da redução do número de praças de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA	118
Tabela 30 - Impacto da variação da tarifa de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA	120
Tabela 31 - Características geométricas – resumo.....	123
Tabela 32 – Volume horário e distribuição direcional.....	124
Tabela 33 – Nível de serviço por trecho homogêneo – Cenário sem Ponte e sem pedágio no Sistema BA 052	128
Tabela 34 – Nível de serviço por subtrecho homogêneo - Cenário com Ponte com pedágio a 50% das balsas e com pedágio no Sistema BA 052 com três praças e tarifa de R\$0,07/km .	128

Anexos

Anexo 1 – Valores Observados das Variáveis e Elasticidades

Anexo 2 – Previsão do PIB

Anexo 3 – Projeção de Demanda

Anexo 4 – Nível de Serviço

Lista de Abreviaturas

ABCR - Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias
AID - Área de Influência Direta
AII - Área de Influência Indireta
AIR - Área de Influência Remota
ANP - Agência Nacional de Petróleo
BEP - barril equivalente de petróleo
DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito
DERBA - Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FHP - Fator Horário de Pico
FMI - Fundo Monetário Internacional
HCM - Highway Capacity Manual
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
km - quilômetro
MT - Momento de Transporte
OD - Origem-Destino
PD - Preferência Declarada
PIB - Produto Interno Bruto
RP - Receita Potencial
SIG - Sistema de Informação Geográfica
TCP - trecho de cobertura da praça de pedágio
UF - Unidade Federal
VDM - Volume Diário Médio
VDMA - Volume Diário Médio Anual
veículos - veículo
Veq - Veículos equivalentes
VHP - Volume Horário de Projeto

1. Apresentação

O presente documento tem por objetivo apresentar o Produto 4 - Previsão de Demanda e Modelagem de Transportes, contendo as metodologias adotadas, os dados considerados e os resultados obtidos na construção do modelo de previsão desenvolvido no âmbito dos estudos técnico-operacionais de engenharia do Sistema Rodoviário BA 052.

A *International Finance Corporation* (IFC), entidade vinculada ao Banco Mundial, focada no desenvolvimento do setor privado, conjuntamente com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, uniu esforços com o Estado da Bahia para a estruturação, elaboração de licitação e contratação de uma Concessão/PPP com vista à operação, recuperação e manutenção do Sistema Rodoviário BA 052, composto por trechos rodoviários que promovem a ligação de Feira de Santana, importante polo urbano, econômico, financeiro, político e cultural da Bahia, com o interior noroeste do estado da Bahia.

Para os estudos nas áreas de engenharia e tráfego, a IFC contratou a empresa Vetec Engenharia Ltda., conforme Contrato n.º 8005359. Os trabalhos têm por objetivo principal melhorar as condições das rodovias que integram o sistema, visando maior conforto e segurança aos usuários e redução dos custos de transporte, através da minimização dos tempos de viagem e dos custos operacionais associados (combustível, manutenção dos veículos), bem como da redução do número de acidentes, decorrentes da melhoria das características físicas das rodovias de projeto, contribuindo assim para a dinamização econômica e desenvolvimento regional.

O Sistema Rodoviário BA-052 é composto por quatro segmentos de rodovias estaduais (BA-052, BA-148, BA-160 e BA-432), totalizando aproximadamente 688 km de extensão, para o qual estão sendo desenvolvidos estudos e pesquisas com o propósito de caracterizar a sua situação física, funcional e operacional.

Atualmente, a rodovia BA-160, que integra a porção oeste do Sistema Rodoviário BA-052, liga o município de Xique-Xique à margem leste do Rio São Francisco,

tendo-se a continuidade da travessia até o município de Barra realizada através de ligação fluvial por meio de balsas.

Assim, visando garantir melhores condições de escoamento dos fluxos de veículos atuais e futuros neste eixo, estão sendo desenvolvidos estudos para a implantação de uma ponte rodoviária entre os municípios mencionados, cujos elementos de projeto serão apresentados no Produto 8B – Relatório Final de Engenharia da Nova Ponte.

Ao nível do estudo de tráfego, foram também avaliados os impactos associados à construção desta nova ponte sobre o rio São Francisco, ao nível da captação de tráfego no Sistema BA 052, simulando para o efeito diferentes cenários de exploração (sem e com pedágio).

Dos temas abordados neste relatório destacam-se (entre outros) os seguintes:

- Caracterização Socioeconômica
- Modelagem da Situação Atual
- Sistema de Pedagiamento
- Modelo de Previsão
- Modelagem da Situação Futura
- Análise de Capacidade

2. Caracterização Socioeconômica

O Sistema Rodoviário BA 052 em estudo desenvolve-se na região Nordeste, no estado da Bahia, estabelecendo a ligação entre Feira de Santana, importante polo urbano, econômico, financeiro, político e cultural da Bahia e o interior noroeste da Bahia.

Nesta seção é feita uma breve caracterização socioeconômica da região servida pelo Sistema, como enquadramento e suporte às análises desenvolvidas para construção do modelo de alocação. Sempre que pertinente, esta análise é relativizada por comparação com os restantes estados do Brasil.

Esta caracterização é apresentada respeitando o zoneamento definido e a respectiva delimitação da área de estudo (detalhadamente apresentados no produto 1B). Recorde-se que para o desenvolvimento do modelo de tráfego foram consideradas três áreas de estudo distintas, em função do nível de detalhe das análises a realizar (Figura 1 e Figura 2):

- Área de influência direta (AID): É a área servida pelos trechos rodoviários Sistema em estudo e por trechos das rodovias de acesso de maior influência, abrangendo os municípios localizados até 10 km do eixo das rodovias. Encontra-se inserida no Estado da Bahia.
- Área de influência indireta (AII): É uma área mais vasta e mais afastada, com menor influência na geração de viagens que utilizam os trechos rodoviários do Sistema em estudo e onde estão representadas as principais infraestruturas rodoviárias de acesso à área de influência direta. Refere-se à restante área do território brasileiro e está subdividida em Principal (dentro da Bahia) e Secundária (fora da Bahia).
- Área de influência remota (AIR): Corresponde ao conjunto de países que fazem fronteira com o Brasil e aqueles que, pela sua proximidade geográfica, ainda apresentem relações (de fluxos de viagem) com os Estados brasileiros.

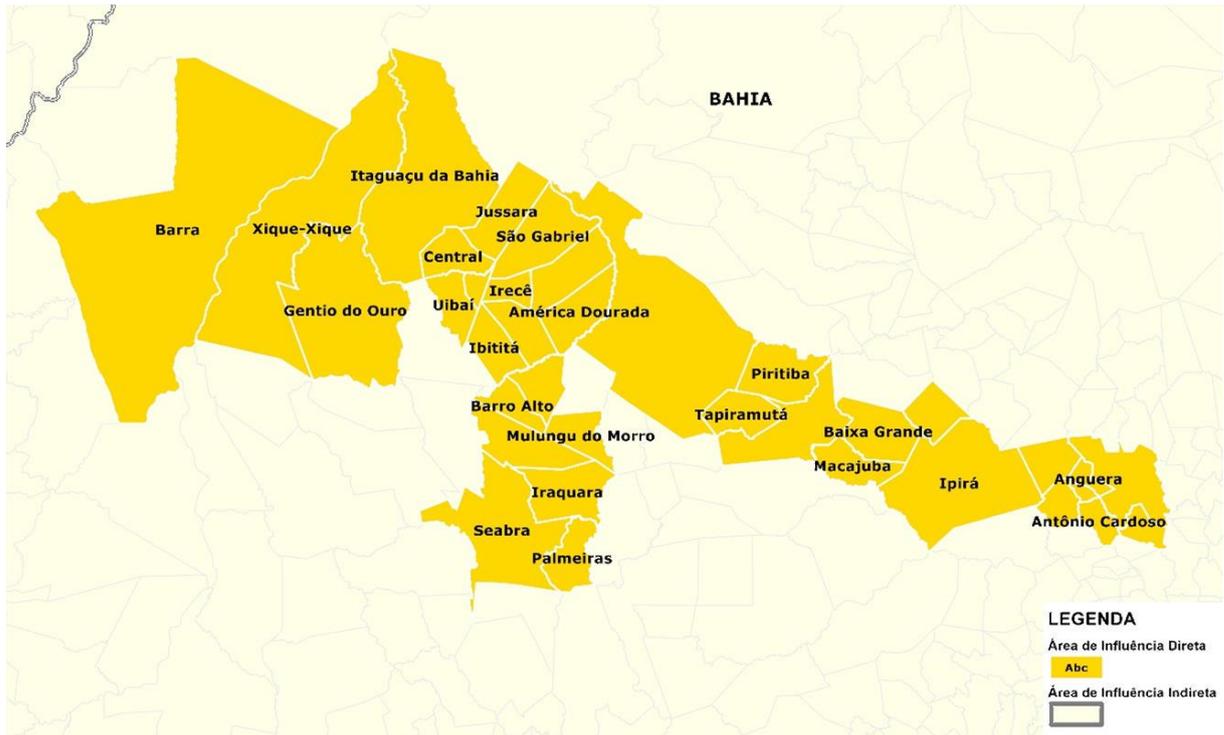


Figura 1 - Área de influência direta



Figura 2 - Áreas de influência indireta e remota

É apresentada uma primeira análise referenciada à AID, à escala do município e microrregião. Em seguida, são analisadas as características socioeconômicas da

All Principal (dentro do estado da Bahia), focada à escala da microrregião. Na All Secundária (fora do estado da Bahia) a análise está desagregada ao nível do Estado.

Para a sua caracterização de cada uma destas unidades de análise considerou-se:

- Variáveis:
 - Área, em km²;
 - População, em 2008, 2011 e 2014;
 - Taxa de variação média anual da população, entre 2008 e 2011 e entre 2011 e 2014;
 - Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes, em mil R\$ por ano, para os anos de 2008 e 2011;
 - Frota de veículos, em 2011 e 2014.
- Indicadores:
 - Densidade populacional, de 2014, expressa em população / km²;
 - Taxa de variação média anual do PIB, entre 2008 e 2011;
 - Índice de motorização, para 2011 e 2014, expresso em veículos por mil habitantes;
 - Taxa de variação média anual da frota automóvel, entre 2011 e 2014;
 - Valor da receita agrícola, em 2012, expressa em mil R\$.

Na tabela em baixo estão sistematizadas as fontes de informação adotadas para cada uma das variáveis consideradas:

Tabela 1 - Variáveis socioeconômicas e respectivas fontes

Parâmetro	Fonte
-----------	-------

Área	Calculada através do SIG Geomedia Professional sobre as shapes (Município, Microrregião, Mesorregião e Unidade Federal) disponibilizadas online pelo IBGE
População	IBGE - Diretoria de Pesquisas; DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS.
PIB	IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA.
Frota de veículos	Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM, Sistema Nacional de Estatística de Trânsito/SINET
Valor da receita agrícola	IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Nas tabelas seguintes são apresentados os resultados agregados das variáveis e indicadores considerados, por referência a cada uma das áreas de análise (AID, All Principal e Secundária).

Tabela 2 - Variáveis socioeconômicas na AID e All Principal

	Unidade	AID	% Bahia	All Principal	% Bahia
Área	km ²	57.045	10%	523.920	90%
População 2014	habitantes	1.436.464	9%	13.689.907	91%
PIB 2011	R\$ mil	12.307.623	8%	147.560.993	92%
Frota 2014	veículos	294.013	11%	2.480.032	89%
Valor Agrícola 2012	1000\$	209.119	2%	12.434.843	98%

Tabela 3 - Variáveis socioeconômicas na Bahia, na All Secundária e no Brasil

	unidade	Bahia	% Brasil	All Secundária	% Brasil	Brasil
Área	km ²	580.966	7%	8.191.763	93%	8.772.729
População 2014	habitantes	15.126.371	7%	187.631.660	93%	202.758.031
PIB 2011	1000\$	159.868.615	4%	3.983.144.721	96%	4.143.013.337
Frota 2014	veículos	2.774.045	4%	68.200.339	96%	70.974.384
Valor Agrícola 2012	1000\$	12.643.962	6%	191.313.185	94%	203.957.147

Tabela 4 - Síntese de indicadores socioeconômicos, por unidade de análise

	AID	All na Bahia	Bahia	All fora da Bahia	Brasil
--	-----	--------------	-------	-------------------	--------

Densidade Populacional 2014 (habitantes / km ²)	25,2	26,1	26,0	22,9	23,1
PIB per capita 2011 (R\$)	8.568	10.779	10.569	21.229	20.433
Índice motorização 2014 (veículos/1000 habitantes)	205	181	183	363	350
Índice Valor Agrícola 2012 (1000 R\$ / km ²)	3,7	23,7	21,8	23,4	23,2

Na Figura 3 é possível visualizar a posição relativa de cada uma das áreas de análise nos quatro indicadores avaliados: densidade demográfica, PIB per capita, Índice de motorização e índice de Valor Agrícola.

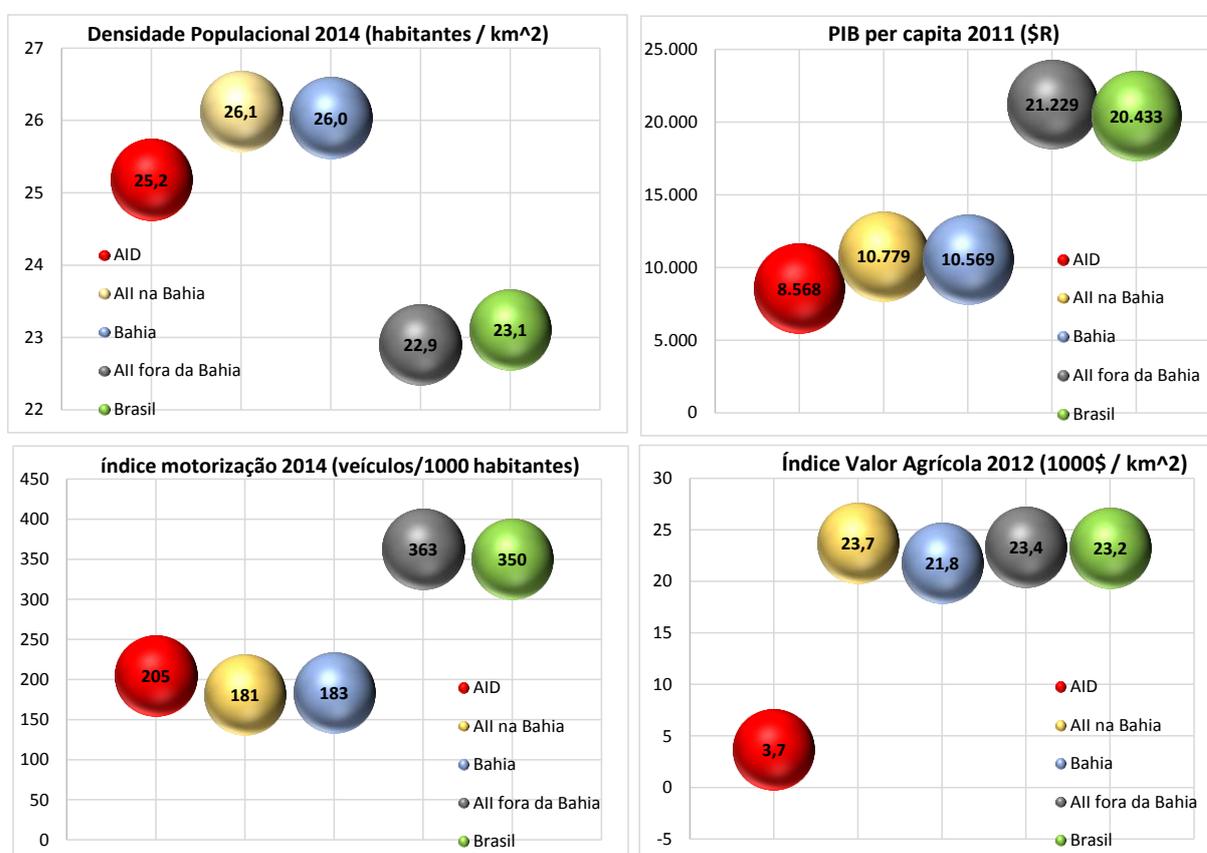


Figura 3 – Síntese de resultados dos indicadores socioeconômicos

Analisando os indicadores apresentados é possível constatar que, em termos de densidade populacional, a AID está em linha com os valores da Bahia que, por sua vez, apresenta valores idênticos aos do Brasil.

O mesmo não se pode afirmar no que respeita à rentabilidade agrícola (ou índice agrícola expresso em mil R\$ por km²), para a qual a AID se destaca com valores

muito abaixo do registrado nas restantes áreas de análise (Estado e País). Este resultado indicia a baixa rentabilidade financeira dos solos da região diretamente atravessada pelo Sistema.

Também no que se refere ao PIB per capita, um indicador que traduz a riqueza da região, na AID observam-se valores abaixo (-18%) da média da Bahia, sendo esta desproporção ainda maior quando comparado com a média do Brasil, estando cerca de 60% abaixo da média nacional (o que corresponde a cerca ≈11.800 R\$ per capita, por ano).

Apesar de, em termos de PIB per capita e rentabilidade agrícola, a AID do Sistema apresentar valores mais modestos, tomando por referência o índice de motorização, observa-se que, em média, existem mais veículos por habitante na AID do que na média da Bahia. Este fato está relacionado, essencialmente, com o elevado número de motos registradas nos municípios da AID.

2.1. Área de Influência Direta (AID)

A AID do Sistema Rodoviário BA 052 integra 35 municípios de 6 microrregiões. Em 2014 contabiliza-se uma população de cerca de 1 milhão e meio de habitantes (1.436.464), representando cerca de 9,5% da população da Bahia e 0,7% da população total do Brasil (Tabela 5).

Tabela 5 - População e área nas microrregiões da AID

Microrregião	n.º de municípios	Área (km ²)	População 2014	% pop. Bahia	% pop. Brasil
Barra	3	21.854	116.529	0,8%	0,06%
Feira de Santana	8	6.802	776.618	5,1%	0,38%
Irecê	16	14.391	350.456	2,3%	0,17%
Itaberaba	4	3.853	77.370	0,5%	0,04%
Jacobina	2	6.882	61.426	0,4%	0,03%
Seabra	2	3.264	54.065	0,4%	0,03%
TOTAL	35	57045	1.436.464	9,5%	0,71%

A Tabela 6 apresenta os valores das variáveis, bem como os indicadores socioeconômicos calculados, por microrregião e por município. Nas páginas

seguintes são ilustrados, sob a forma de mapa e para o nível de zoneamento adotado neste estudo, os resultados dos indicadores selecionados: densidade populacional, PIB per capita, índice de motorização e índice agrícola (da Figura 4 à Figura 7).

Tabela 6 - Dados socioeconômicos dos municípios da AID

Microrregião / MUNICÍPIO	Área (km ²)	Pop 2008	Pop 2011	Pop 2014	Var 08/11	Var 11/14	Dens pop 2014 (pop/km ²)	PIB 2008 (1000\$)	PIB 2011 (1000\$)	Var 08/11	PIB per capita 2008 (R\$)	PIB per capita 2011 (R\$)	Var 08/11	Frota 2011	Frota 2014	Var 08/11	índice mot. 11	índice mot. 14	Var 08/11	Valor Agric 2012 (1 000 R\$)	Índice agrícola (1000 R\$/km ²)
Barra	21.854	110053	108685	116529	-0,4%	2,4%	5,33	314140	467859	14,2%	2854	4305	14,7%	6229	10054	17,3%	57	86	14,6%	13167	0,6
BARRA	11.676	49705	49736	53786	0,0%	2,6%	4,61	126903	193935	15,2%	2553	3899	15,2%	2543	4124	17,5%	51	77	14,5%	2166	0,2
ITAGUACU DA BAHIA	4.550	13097	13350	14533	0,6%	2,9%	3,19	37536	54554	13,3%	2866	4086	12,6%	498	878	20,8%	37	60	17,4%	5335	1,2
XIQUE-XIQUE	5.628	47251	45599	48210	-1,2%	1,9%	8,57	149701	219370	13,6%	3168	4811	14,9%	3188	5052	16,6%	70	105	14,4%	5666	1,0
Feira de Santana	6.802	741049	717951	776618	-1,0%	2,7%	114,18	5972902	9137222	15,2%	8060	12727	16,4%	159936	209039	9,3%	223	269	6,5%	5286	0,8
ANGUERA	182	9707	10336	11209	2,1%	2,7%	61,65	22797	35528	15,9%	2348	3437	13,5%	577	827	12,7%	56	74	9,7%	412	2,3
ANTONIO CARDOSO	303	12509	11549	12216	-2,6%	1,9%	40,37	44270	60068	10,7%	3539	5201	13,7%	640	993	15,8%	55	81	13,6%	179	0,6
FEIRA DE SANTANA	1.374	584497	562466	612000	-1,3%	2,9%	445,35	5379291	8270807	15,4%	9203	14705	16,9%	144215	186508	9,0%	256	305	5,9%	1591	1,2
IPECAETA	380	15694	15176	15634	-1,1%	1,0%	41,14	39665	56636	12,6%	2527	3732	13,9%	526	1083	27,2%	35	69	26,0%	371	1,0
IPIRA	3.143	61439	59169	62172	-1,2%	1,7%	19,78	217539	312839	12,9%	3541	5287	14,3%	8263	11550	11,8%	140	186	10,0%	320	0,1
PINTADAS	560	10831	10295	10769	-1,7%	1,5%	19,24	30191	44339	13,7%	2787	4307	15,6%	1038	1470	12,3%	101	137	10,6%	75	0,1
SAO GONCALO DOS CAMPOS	309	30401	33766	37111	3,6%	3,2%	120,05	195740	292152	14,3%	6439	8652	10,4%	3285	4685	12,6%	97	126	9,1%	2209	7,1
SERRA PRETA	551	15971	15194	15507	-1,6%	0,7%	28,15	43409	64853	14,3%	2718	4268	16,2%	1392	1923	11,4%	92	124	10,6%	129	0,2
Irecê	14.391	338378	326644	350456	-1,2%	2,4%	24,35	1259762	1778697	12,2%	3723	5445	13,5%	32655	49886	15,2%	100	142	12,5%	117899	8,2
AMERICA DOURADA	858	16723	15962	16904	-1,5%	1,9%	19,70	65592	76084	5,1%	3922	4767	6,7%	877	1450	18,2%	55	86	16,0%	10217	11,9
BARRO ALTO	427	13990	13766	15230	-0,5%	3,4%	35,65	35803	57281	17,0%	2559	4161	17,6%	832	1275	15,3%	60	84	11,5%	5264	12,3
CANARANA	591	25557	24252	26200	-1,7%	2,6%	44,33	70091	110679	16,4%	2743	4564	18,5%	1994	3207	17,2%	82	122	14,2%	9751	16,5
CENTRAL	616	17928	17035	18101	-1,7%	2,0%	29,36	48210	79312	18,0%	2689	4656	20,1%	1176	1894	17,2%	69	105	14,9%	420	0,7
GENTIO DO OURO	3.789	11829	10657	11381	-3,4%	2,2%	3,00	30161	40400	10,2%	2550	3791	14,1%	330	742	31,0%	31	65	28,2%	724	0,2
IBITITA	639	19286	17801	18740	-2,6%	1,7%	29,35	55071	88728	17,2%	2855	4984	20,4%	953	1656	20,2%	54	88	18,2%	9271	14,5
IRAQUARA	1.057	23867	22929	24712	-1,3%	2,5%	23,37	114885	118487	1,0%	4814	5168	2,4%	1356	2317	19,6%	59	94	16,6%	6279	5,9
IRECE	327	65310	66865	72730	0,8%	2,8%	222,66	365098	568633	15,9%	5590	8504	15,0%	15015	20510	11,0%	225	282	7,9%	5902	18,1
JOAO DOURADO	936	21726	22812	24894	1,6%	3,0%	26,58	90115	130198	13,0%	4148	5707	11,2%	1958	3136	17,0%	86	126	13,6%	25529	27,3
JUSSARA	970	15229	15028	15844	-0,4%	1,8%	16,33	38803	61547	16,6%	2548	4095	17,1%	1124	2082	22,8%	75	131	20,7%	4227	4,4
LAPAO	620	26461	25717	27432	-0,9%	2,2%	44,25	94693	131418	11,5%	3579	5110	12,6%	1757	2835	17,3%	68	103	14,8%	18678	30,1
MULUNGU DO MORRO	581	14006	11992	12398	-5,0%	1,1%	21,34	41492	49088	5,8%	2962	4093	11,4%	466	907	24,9%	39	73	23,5%	3022	5,2
PRESIDENTE DUTRA	167	14264	13779	14672	-1,1%	2,1%	87,63	42640	63536	14,2%	2989	4611	15,5%	1416	2289	17,4%	103	156	14,9%	4027	24,1
SAO GABRIEL	1.227	19050	18429	19519	-1,1%	1,9%	15,91	70664	80044	4,2%	3709	4343	5,4%	1537	2291	14,2%	83	117	12,1%	11361	9,3
SOUTO SOARES	1.020	18992	15986	17239	-5,6%	2,5%	16,91	56503	66106	5,4%	2975	4135	11,6%	969	1651	19,4%	61	96	16,5%	1462	1,4
UIBAI	564	14160	13634	14460	-1,3%	2,0%	25,63	39940	57157	12,7%	2821	4192	14,1%	895	1644	22,5%	66	114	20,1%	1765	3,1
Itaberaba	3.853	75938	72371	77370	-1,6%	2,3%	20,08	253696	331072	9,3%	3341	4575	11,0%	4339	6279	13,1%	60	81	10,6%	41663	10,8
BAIXA GRANDE	971	21704	20046	21186	-2,6%	1,9%	21,81	58819	82718	12,0%	2710	4126	15,0%	1643	2318	12,2%	82	109	10,1%	1190	1,2
MACAJUBA	668	11522	11215	11836	-0,9%	1,8%	17,73	34937	45197	9,0%	3032	4030	9,9%	647	1012	16,1%	58	86	14,0%	1441	2,2
MUNDO NOVO	1.532	24895	24635	26935	-0,3%	3,0%	17,58	80239	112293	11,9%	3223	4558	12,2%	1381	1892	11,1%	56	70	7,8%	9050	5,9
TAPIRAMUTA	681	17817	16475	17413	-2,6%	1,9%	25,57	79701	90864	4,5%	4473	5515	7,2%	668	1057	16,5%	41	61	14,4%	29982	44,0
Jacobina	6.882	60621	57866	61426	-1,5%	2,0%	8,93	198031	278137	12,0%	3267	4807	13,7%	3701	5624	15,0%	64	92	12,7%	23794	3,5
MORRO DO CHAPEU	5.882	35009	35208	36641	0,2%	1,3%	6,23	119955	183211	15,2%	3426	5204	14,9%	2206	3386	15,4%	63	92	13,8%	20879	3,5
PIRITIBA	1.000	25612	22658	24785	-4,0%	3,0%	24,78	78076	94926	6,7%	3048	4189	11,2%	1495	2238	14,4%	66	90	11,0%	2915	2,9
Seabra	3.264	50310	50463	54065	0,1%	2,3%	16,56	230806	314635	10,9%	4588	6235	10,8%	9339	13131	12,0%	185	243	9,5%	7310	2,2
PALMEIRAS	676	8358	8479	9066	0,5%	2,3%	13,40	32948	40782	7,4%	3942	4810	6,9%	862	1270	13,8%	102	140	11,3%	1838	2,7
SEABRA	2.588	41952	41984	44999	0,0%	2,3%	17,39	197858	273854	11,4%	4716	6523	11,4%	8477	11861	11,8%	202	264	9,3%	5472	2,1

Nos três últimos anos com dados disponíveis (2011 a 2014), a população dos 35 municípios da AID tem crescido a uma taxa média de 2,2% ao ano. Em termos de densidade populacional destacam-se os municípios de Feira de Santana, Irecê, São Gonçalo dos Campos e Presidente Dutra, onde se registra os valores mais elevados de habitantes por km² (acima do percentil 90).

Já em relação ao PIB per capita, entre 2008 e 2011, verificou-se um crescimento médio anual assinalável, de 13,1%, indiciando um aumento da riqueza da AID. Apesar disso, os valores de PIB per capita revelam-se cerca de 20% abaixo da média do estado da Bahia e 60% abaixo da média nacional.

O parque automóvel também tem apresentado taxas de crescimento anuais expressivas, com uma média de crescimento na ordem dos 16,7% ao ano. Em 2014, os maiores índices de motorização registraram-se nos municípios de Feira de Santana, Irecê, Seabra e Ipirá, respectivamente com 305, 382, 364 e 186 veículos por 1.000 habitantes.

Em termos de produtividade agrícola, como referido acima, esta é uma zona com fraca rentabilidade quando comparada com o contexto da Bahia e mesmo com o contexto brasileiro. Identificam-se apenas 4 municípios para os quais este valor é da mesma ordem de grandeza que o da Bahia: Tapiramutá, Lapão, João Dourado e Presidente Dutra, respectivamente com 44, 30, 27 e 24 1.000 R\$ por km².

Nas figuras a seguir estão mapeados os resultados destes indicadores, permitindo constatar que, em geral, a AID é caracterizada pela prevalência de valores baixos destes indicadores socioeconômicos estudados, com tendência para os valores mais elevados se registrarem nas zonas localizadas preferencialmente junto ao litoral.

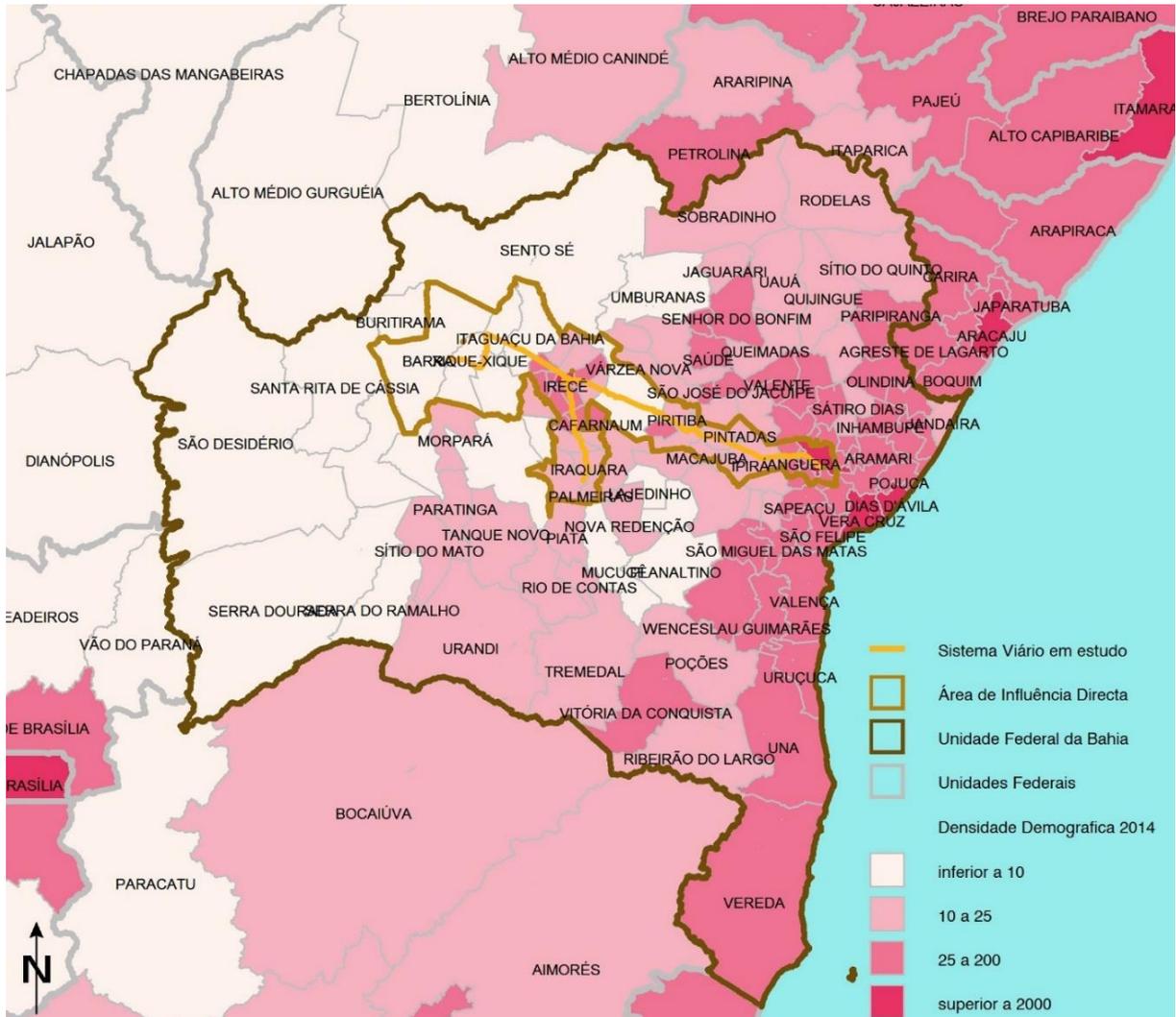


Figura 4 - Densidade populacional (habitantes por km²)

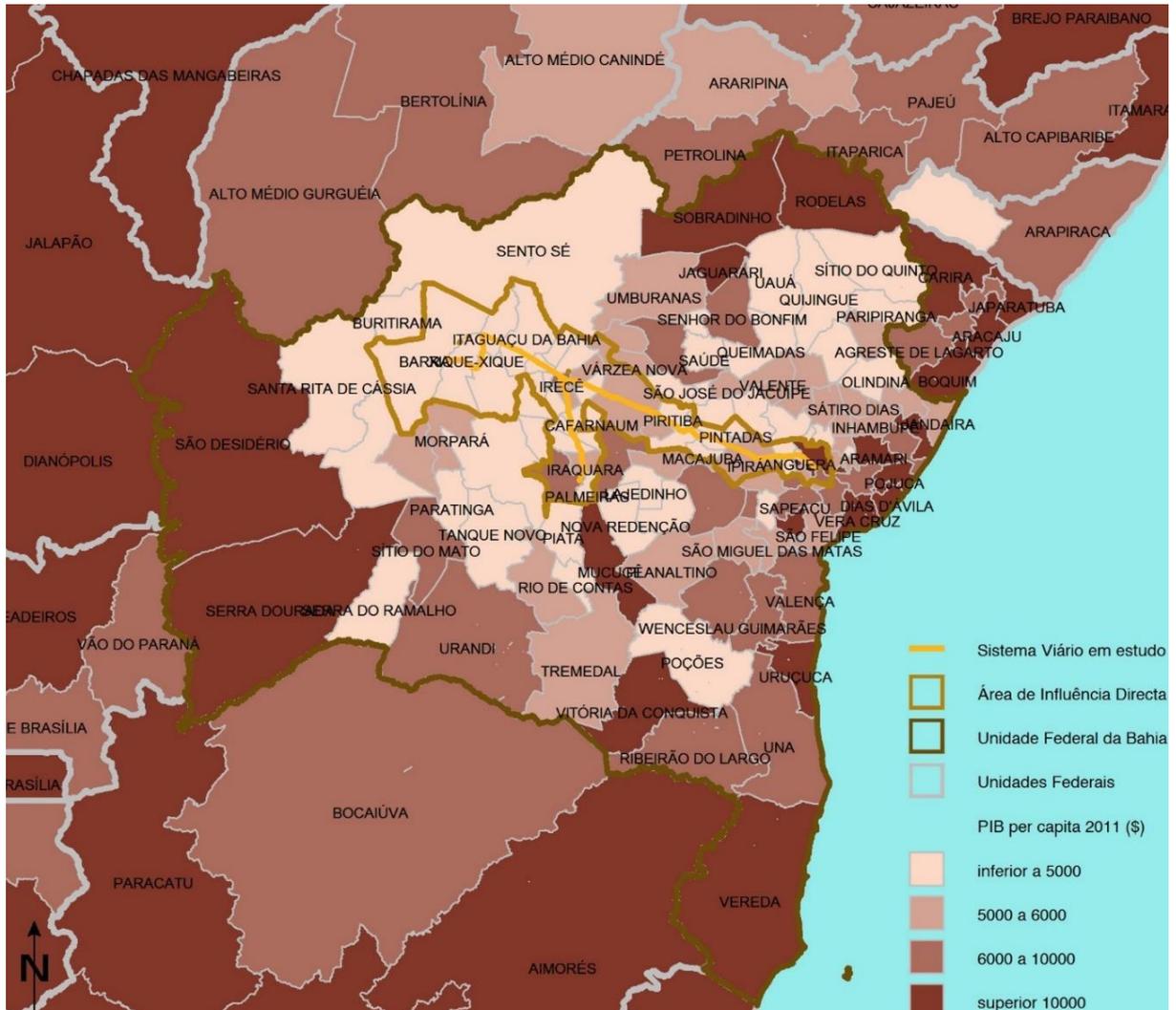


Figura 5 - PIB 2011 per capita (R\$ por habitante)

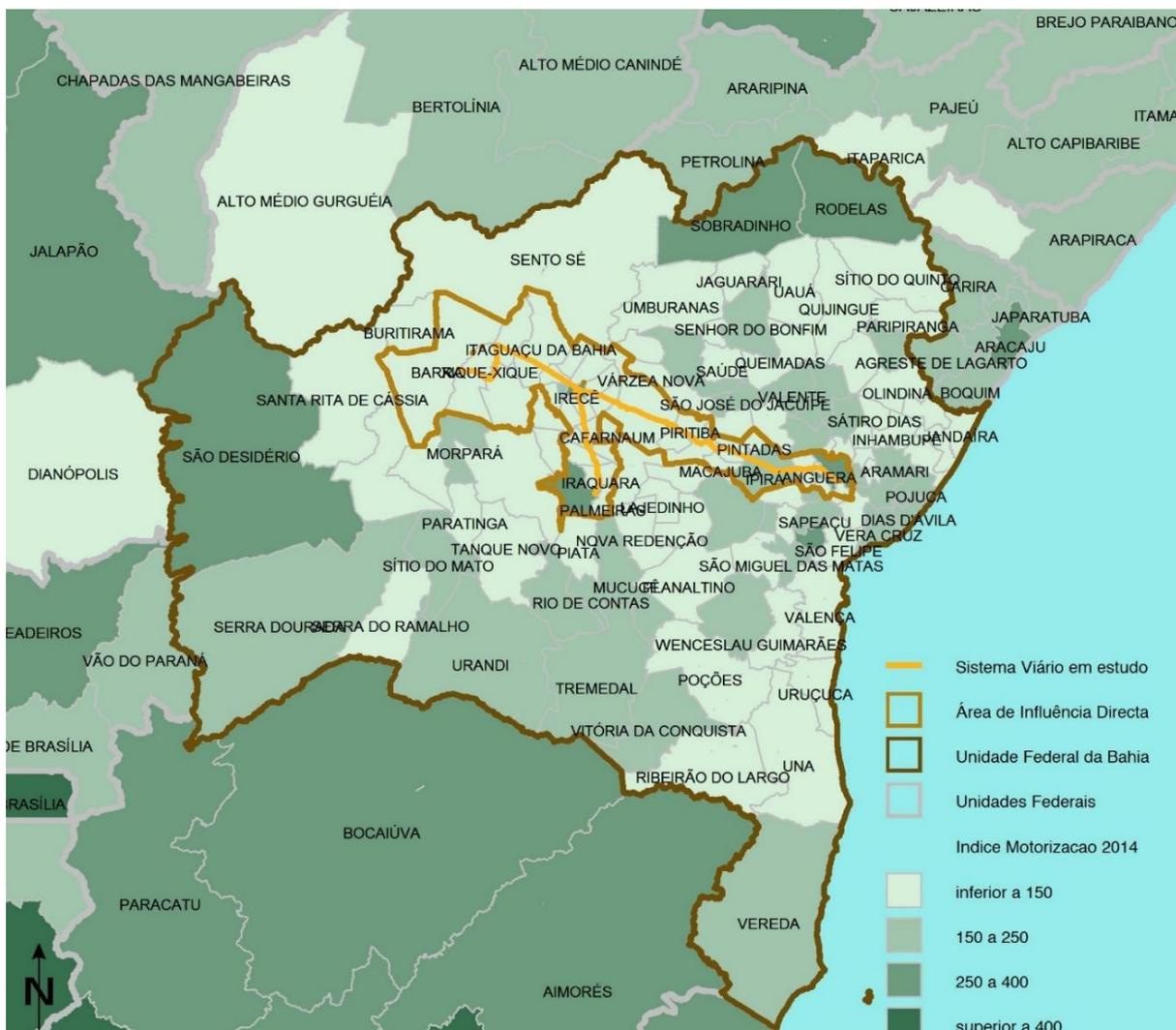
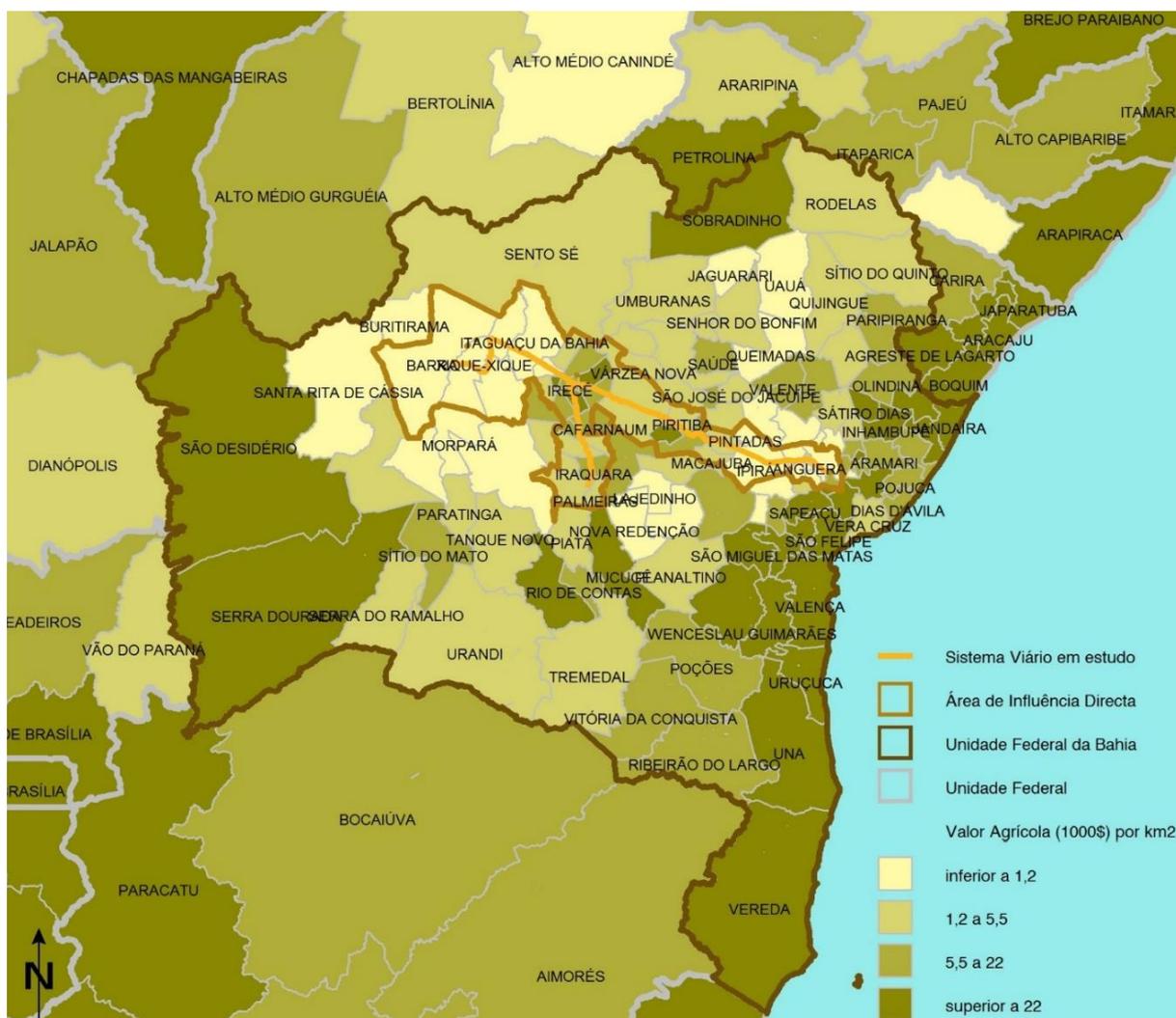


Figura 6 - Índice de Motorização (veículos por 1000 habitantes)



Nota: Receita agrícola correspondente ao valor da produção dos principais produtos das lavouras temporárias e permanentes em cada zona

Figura 7 - Índice Agrícola (m R\$/km²)

Uma leitura dos indicadores da AID agregados por microrregião, permite constatar que a microrregião de Feira de Santana se destaca com os valores mais elevados, respectivamente 114 habitantes por km² (densidade demográfica), 12.227 R\$ por habitante anuais de PIB per capita e 269 veículos por mil habitantes. No entanto, em relação ao índice agrícola (rentabilidade agrícola) esta microrregião destaca-se pelas razões contrárias, ou seja, ocupando o penúltimo lugar deste *rank* (0,8 mil R\$ por km²), só acima da microrregião da Barra que apresenta um índice de 0,6 mil R\$ por km².

2.2. Área de Influência Indireta Principal (dentro do Estado da Bahia)

A All Principal, dentro da Bahia, corresponde aos municípios da Bahia que estão fora da AID. Abrange um total de 382 municípios que integram 32 microrregiões. Em termos de dimensão geográfica, esta área é constituída por cerca de meio milhão de km² (523.920). Em termos de número de habitantes, esta All compreende cerca de 13,5 milhões de habitantes (13.689.907).

Tabela 7 - Microrregiões na All Principal (dentro do estado da Bahia)

Microrregião	N.º de Municípios	População 2014	Área (km ²)	% pop Bahia	% pop Brasil
Alagoinhas	9	334.674	6.018	2,21%	0,17%
Barra	4	69.352	11.271	0,46%	0,03%
Barreiras	7	326.787	54.309	2,16%	0,16%
Bom Jesus da Lapa	6	183.427	16.024	1,21%	0,09%
Boquira	11	198.620	17.217	1,31%	0,10%
Brumado	14	244.234	15.612	1,61%	0,12%
Catu	7	230.951	2.817	1,53%	0,11%
Cotegipe	8	122.358	23.579	0,81%	0,06%
Entre Rios	5	125.840	4.490	0,83%	0,06%
Euclides da Cunha	9	317.665	19.850	2,10%	0,16%
Feira de Santana	16	299.079	6.130	1,98%	0,15%
Guanambi	18	403.473	23.365	2,67%	0,20%
Ilhéus-Itabuna	41	1.057.086	22.102	6,99%	0,52%
Irecê	3	51.675	3.691	0,34%	0,03%
Itaberaba	8	186.883	13.331	1,24%	0,09%
Itapetinga	9	207.490	11.634	1,37%	0,10%
Jacobina	14	286.891	12.214	1,90%	0,14%
Jequié	26	536.988	17.896	3,55%	0,26%
Jeremoabo	5	103.472	8.176	0,68%	0,05%
Juazeiro	8	494.867	56.395	3,27%	0,24%
Livramento do Brumado	5	103.581	5.684	0,68%	0,05%
Paulo Afonso	6	182.289	12.557	1,21%	0,09%
Porto Seguro	19	798.777	29.068	5,28%	0,39%
Ribeira do Pombal	14	332.500	8.244	2,20%	0,16%
Salvador	10	3.792.317	2.977	25,07%	1,87%
Santa Maria da Vitória	9	189.796	42.066	1,25%	0,09%
Santo Antônio de Jesus	21	582.505	5.817	3,85%	0,29%
Seabra	16	216.833	17.606	1,43%	0,11%
Senhor do Bonfim	9	308.568	16.907	2,04%	0,15%
Serrinha	18	447.707	10.960	2,96%	0,22%
Valença	10	286.795	5.948	1,90%	0,14%
Vitória da Conquista	17	666.427	19.965	4,41%	0,33%
TOTAL	382	13.689.907	523.920	90,50%	6,75%

Em média, a população das microrregiões na All Principal tem crescido a um ritmo de 2,2% ao ano, destacando-se a microrregião de Barreiras com o

crescimento mais forte alcançado entre 2011 e 2014 (3,8%), registrando simultaneamente uma das densidades populacionais mais baixas, de 6,02 habitantes por km². Por oposição, a microrregião de Salvador é aquela que se destaca por apresentar a maior densidade populacional, de 1.283 habitantes por km², muito acima das restantes microrregiões.

Em termos de riqueza da região, no indicador PIB per capita destacam-se duas microrregiões por apresentam o valor mais elevado neste indicador, de 25.215 e 20.049 R\$ por habitante / ano, respectivamente para as microrregiões de Barreiras e Salvador. Este valor é cerca de duas vezes superior ao registrado na média do estado da Bahia.

As microrregiões com um maior número de veículos por habitante (índice de motorização) coincidem com as mais ricas (maior PIB per capita), às quais acresce a microrregião de Paulo Afonso, localizada na zona Nordeste da Bahia. Os índices de motorização são 259, 261 e 224, respectivamente para as microrregiões de Barreiras, Paulo Afonso e Salvador.

As microrregiões com maior índice agrícola localizam-se nos extremos Este e Oeste do Estado da Bahia, destacando-se também neste indicador a microrregião de Barreiras, registrando o valor de receita agrícola mais elevado por km² (106 mil R\$ por km²), cerca de 4,5 vezes mais do que a rentabilidade média da Bahia (24 mil R\$ por km²).

Tabela 8 - Dados socioeconômicos das microrregiões da AI Principal (dentro da Bahia)

Microrregião	Área (km ²)	Pop 2008	Pop 2011	Pop 2014	Var 08/11	Var 11/14	Dens pop 2014 (pop/km ²)	PIB 2008 (1000\$)	PIB 2011 (1000\$)	Var 08/11	PIB per capita 2008 (R\$)	PIB per capita 2011 (R\$)	Var 08/11	Frota 2011	Frota 2014	Var 08/11	índice mot. 11	índice mot. 14	Var 08/11	Valor Agric 2012 (1 000 R\$)	Índice agrícola (1000 R\$/km ²)
Alagoinhas	6018	305578	310500	334674	0,5%	2,5%	55,61	1936635	2860089	13,9%	6338	9211	13,3%	45713	61979	10,7%	147	185	7,9%	322566	53,6
Barra	11271	64977	63861	69352	-0,6%	2,8%	6,15	238471	312830	9,5%	3670	4899	10,1%	5497	7802	12,4%	86	112	9,3%	4066	0,4
Barreiras	54309	274496	292220	326787	2,1%	3,8%	6,02	5053206	7368409	13,4%	18409	25215	11,1%	61460	85155	11,5%	210	261	7,4%	5745437	105,8
Bom Jesus da Lapa	16024	176339	172123	183427	-0,8%	2,1%	11,45	716323	1001943	11,8%	4062	5821	12,7%	19029	27425	13,0%	111	150	10,6%	127166	7,9
Boquira	17217	192202	188049	198620	-0,7%	1,8%	11,54	558151	792238	12,4%	2904	4213	13,2%	16766	26275	16,2%	89	132	14,1%	21133	1,2
Brumado	15612	240771	234473	244234	-0,9%	1,4%	15,64	933368	1405973	14,6%	3877	5996	15,6%	30990	44487	12,8%	132	182	11,3%	41243	2,6
Catu	2817	206396	213720	230951	1,2%	2,6%	81,98	2173658	2864299	9,6%	10531	13402	8,4%	25856	36402	12,1%	121	158	9,2%	44449	15,8
Cotegipe	23579	118413	115133	122358	-0,9%	2,0%	5,19	380851	539071	12,3%	3216	4682	13,3%	7989	11079	11,5%	69	91	9,3%	31869	1,4
Entre Rios	4490	114395	116433	125840	0,6%	2,6%	28,03	868080	1161409	10,2%	7588	9975	9,5%	8712	13189	14,8%	75	105	11,9%	102605	22,9
Euclides da Cunha	19850	305669	298672	317665	-0,8%	2,1%	16,00	974163	1307254	10,3%	3187	4377	11,2%	22218	33939	15,2%	74	107	12,8%	30399	1,5
Feira de Santana	6130	279093	278577	299079	-0,1%	2,4%	48,79	1309708	1989363	15,0%	4693	7141	15,0%	31007	46023	14,1%	111	154	11,4%	31136	5,1
Guanambi	23365	380175	372781	403473	-0,7%	2,7%	17,27	1576857	2286829	13,2%	4148	6135	13,9%	55114	77315	11,9%	148	192	9,0%	64124	2,7
Ilhéus-Itabuna	22102	1099874	1019213	1057086	-2,5%	1,2%	47,83	6401854	9232335	13,0%	5821	9058	15,9%	113304	148681	9,5%	111	141	8,2%	995429	45,0
Irecê	3691	50043	48400	51675	-1,1%	2,2%	14,00	167538	222784	10,0%	3348	4603	11,2%	2300	4156	21,8%	48	80	19,2%	24365	6,6
Itaberaba	13331	183039	177088	186883	-1,1%	1,8%	14,02	683200	973005	12,5%	3733	5494	13,8%	21754	29658	10,9%	123	159	8,9%	74549	5,6
Itapetinga	11634	212163	198753	207490	-2,2%	1,4%	17,83	1137075	1517136	10,1%	5359	7633	12,5%	20879	27038	9,0%	105	130	7,4%	64649	5,6
Jacobina	12214	276736	269679	286891	-0,9%	2,1%	23,49	1114592	1638919	13,7%	4028	6077	14,7%	34334	48780	12,4%	127	170	10,1%	65047	5,3
Jequié	17896	531173	508429	536988	-1,4%	1,8%	30,01	2890999	3841962	9,9%	5443	7557	11,6%	69381	95432	11,2%	136	178	9,2%	340226	19,0
Jeremoabo	8176	105010	98933	103472	-2,0%	1,5%	12,66	317792	431530	10,7%	3026	4362	13,0%	6509	9486	13,4%	66	92	11,7%	18959	2,3
Juazeiro	56395	498707	457983	494867	-2,8%	2,6%	8,78	2733941	3594847	9,6%	5482	7849	12,7%	68983	92011	10,1%	151	186	7,3%	565584	10,0
Livramento do Brumado	5684	98736	98365	103581	-0,1%	1,7%	18,22	361687	554256	15,3%	3663	5635	15,4%	14489	21422	13,9%	147	207	12,0%	157314	27,7
Paulo Afonso	12557	164628	168495	182289	0,8%	2,7%	14,52	2151526	2541339	5,7%	13069	15083	4,9%	37290	47155	8,1%	221	259	5,3%	23659	1,9
Porto Seguro	29068	705503	735155	798777	1,4%	2,8%	27,48	5993742	7990943	10,1%	8496	10870	8,6%	115875	155918	10,4%	158	195	7,4%	940629	32,4
Ribeira do Pombal	8244	316356	310697	332500	-0,6%	2,3%	40,33	1082022	1478345	11,0%	3420	4758	11,6%	30341	41338	10,9%	98	124	8,4%	89113	10,8
Salvador	2977	3687316	3492119	3792317	-1,8%	2,8%	1273,89	57799007	70013817	6,6%	15675	20049	8,5%	702864	848286	6,5%	201	224	3,6%	13174	4,4
Santa Maria da Vitória	42066	185645	178319	189796	-1,3%	2,1%	4,51	1262190	1891007	14,4%	6799	10605	16,0%	22358	31858	12,5%	125	168	10,2%	1034015	24,6
Santo Antônio de Jesus	5817	542202	542614	582505	0,0%	2,4%	100,15	2691981	3893055	13,1%	4965	7175	13,1%	77796	107031	11,2%	143	184	8,6%	244267	42,0
Seabra	17606	211019	203837	216833	-1,1%	2,1%	12,32	1161093	1569615	10,6%	5502	7700	11,9%	18280	26550	13,2%	90	122	10,9%	457668	26,0
Senhor do Bonfim	16907	289579	288045	308568	-0,2%	2,3%	18,25	1318934	1932661	13,6%	4555	6710	13,8%	30358	42980	12,3%	105	139	9,7%	56270	3,3
Serrinha	10960	420734	417109	447707	-0,3%	2,4%	40,85	1513994	2260854	14,3%	3598	5420	14,6%	54349	79456	13,5%	130	177	10,8%	48110	4,4
Valença	5948	255933	265169	286795	1,2%	2,6%	48,22	1933467	2633299	10,8%	7555	9931	9,5%	22286	33069	14,1%	84	115	11,1%	424159	71,3
Vitória da Conquista	19965	633326	628610	666427	-0,2%	2,0%	33,38	3841618	5459578	12,4%	6066	8685	12,7%	84618	118657	11,9%	135	178	9,8%	231464	11,6
TOTAL	523920	13126226	12763554	13689907	-0,9%	2,4%	26,13	113277721	147560993	9,2%	8630	11561	10,2%	1878699	2480032	9,7%	147	181	7,2%	12434843	53,6

2.3. Área de Influência Indireta Secundária (fora do estado da Bahia)

A All Secundária estende-se a todo o Brasil e inclui todos os Estados, à exceção da Bahia. Desta forma, compreende 26 Estados do Brasil, agregando 130 mesorregiões, o que representa cerca de 93% da população do Brasil e igual proporção em termos de área.

Tabela 9 – Caracterização dos Estados na All Secundária

Estado	N.º de Municípios	N.º de Mesorregiões	População 2014	Área (km ²)	% pop Brasil
AC	22	2	790.101	166.980	0,39%
AL	102	3	3.321.730	28.283	1,64%
AM	62	4	3.873.743	1.572.032	1,91%
AP	16	2	750.912	143.542	0,37%
CE	184	7	8.842.791	150.199	4,36%
DF	1	1	2.852.372	6.027	1,41%
ES	78	4	3.885.049	49.075	1,92%
GO	246	5	6.523.222	355.265	3,22%
MA	217	5	6.850.884	334.878	3,38%
MG	853	12	20.734.097	620.637	10,23%
MS	79	4	2.619.657	382.093	1,29%
MT	141	5	3.224.357	931.249	1,59%
PA	144	6	8.063.393	1.258.260	3,98%
PB	223	4	3.943.885	57.154	1,95%
PE	185	5	9.277.727	99.614	4,58%
PI	224	4	3.194.718	254.894	1,58%
PR	399	10	11.081.692	219.772	5,47%
RJ	92	6	16.461.173	47.408	8,12%
RN	167	4	3.408.510	53.319	1,68%
RO	52	2	1.748.531	243.001	0,86%
RR	15	2	496.936	225.527	0,25%
RS	497	7	11.207.274	309.883	5,53%
SC	295	6	6.727.148	107.874	3,32%
SE	75	3	2.219.574	22.385	1,09%
SP	645	15	44.035.304	268.970	21,72%
TO	139	2	1.496.880	283.443	0,74%
TOTAL	5153	130	187.631.660	8.191.764	93%

Em média, e para o período de 2011 a 2014, a população da All Secundária tem crescido a uma taxa de 1,7% ao ano, destacando-se os Estados de RR (Roraima), AM (Amazonas), AP (Amapá), ES (Espírito Santo) e DF (Distrito Federal), com taxas de crescimentos da população acima dos 3% ao ano. Os

três primeiros Estados citados estão localizados na região Norte do Brasil e coincidem com os de menor densidade demográfica, variando entre 2,46 e 7,2 habitantes por km². O Distrito Federal é aquele com maior crescimento demográfico e, simultaneamente, o Estado com maior densidade demográfica (473,23 habitantes por km²).

Entre 2008 e 2011, o PIB cresceu de forma assinalável, registrando uma taxa média de 10,4% ao ano. Para o período de 2011 a 2014 o índice de motorização registrou um crescimento médio anual de 4,9%.

Em termos de rentabilidade agrícola destacam-se, com os valores de receita por km² mais elevados, os Estados DF (Distrito Federal), ES (Espírito Santo), SP (São Paulo) e PR (Paraná), localizados nas regiões Sudeste e Sul do País.

Tabela 10 - Dados socioeconômicos dos Estados da All Secundária

Estado	Área (km ²)	Pop 2008	Pop 2011	Pop 2014	Var 08/11	Var 11/14	Dens pop 2014 (pop/km ²)	PIB 2008 (1000\$)	PIB 2011 (1000\$)	Var 08/11	PIB per capita 2008 (R\$)	PIB per capita 2011 (R\$)	Var 08/11	Frota 2011	Frota 2014	Var 08/11	índice mot. 11	índice mot. 14	Var 08/11	Valor Agric 2012 (1 000 R\$)	Índice agrícola (1000 R\$/km ²)
AC	166980	680073	746386	790101	3,2%	1,9%	4,73	6730108	8794362	9,3%	9896	11783	6,0%	141590	185676	9,5%	190	235	7,4%	432843	2,59
AL	28283	3127557	3143384	3321730	0,2%	1,9%	117,45	19476861	28540304	13,6%	6227	9079	13,4%	404073	551841	10,9%	129	166	8,9%	1892910	66,93
AM	1572032	3341096	3538387	3873743	1,9%	3,1%	2,46	46822569	64555404	11,3%	14014	18244	9,2%	461420	599961	9,1%	130	155	5,9%	1106535	0,70
AP	143542	613164	684309	750912	3,7%	3,1%	5,23	6764834	8968032	9,9%	11033	13105	5,9%	107235	134564	7,9%	157	179	4,6%	160009	1,11
CE	150199	8450527	8530155	8842791	0,3%	1,2%	58,87	60098877	87982450	13,5%	7112	10314	13,2%	1666189	2227238	10,2%	195	252	8,8%	1674478	11,15
DF	6027	2557158	2609998	2852372	0,7%	3,0%	473,23	117571878	164482129	11,8%	45978	63020	11,1%	1128663	1326534	5,5%	432	465	2,5%	565510	93,82
ES	49075	3453648	3547055	3885049	0,9%	3,1%	79,17	69870222	97693458	11,8%	20231	27542	10,8%	1089191	1329489	6,9%	307	342	3,7%	4631584	94,38
GO	355265	5844996	6080716	6523222	1,3%	2,4%	18,36	75271163	111268553	13,9%	12878	18299	12,4%	2123539	2647395	7,6%	349	406	5,1%	15885455	44,71
MA	334878	6305539	6645761	6850884	1,8%	1,0%	20,46	38486010	52187204	10,7%	6104	7853	8,8%	811386	1162868	12,7%	122	170	11,6%	2910420	8,69
MG	620637	19850072	19728701	20734097	-0,2%	1,7%	33,41	282520745	386155622	11,0%	14233	19573	11,2%	6314014	7694414	6,8%	320	371	5,1%	25409770	40,94
MS	382093	2336058	2477542	2619657	2,0%	1,9%	6,86	33142746	49242254	14,1%	14187	19875	11,9%	841663	1046765	7,5%	340	400	5,6%	8545966	22,37
MT	931249	2957732	3075936	3224357	1,3%	1,6%	3,46	53386488	71417805	10,2%	18050	23218	8,8%	1012630	1300506	8,7%	329	403	7,0%	26001403	27,92
PA	1258260	7321493	7688593	8063393	1,6%	1,6%	6,41	58518557	88370610	14,7%	7993	11494	12,9%	911605	1316471	13,0%	119	163	11,3%	3878091	3,08
PB	57154	3742606	3791315	3943885	0,4%	1,3%	69,00	25696641	35443832	11,3%	6866	9349	10,8%	684084	890334	9,2%	180	226	7,8%	1033423	18,08
PE	99614	8734194	8864906	9277727	0,5%	1,5%	93,14	70440859	104393980	14,0%	8065	11776	13,4%	1669601	2140759	8,6%	188	231	7,0%	2674717	26,85
PI	254894	3119697	3140328	3194718	0,2%	0,6%	12,53	16760272	24606833	13,7%	5372	7836	13,4%	582908	820482	12,1%	186	257	11,4%	1772583	6,95
PR	219772	10590169	10512349	11081692	-0,2%	1,8%	50,42	179263189	239366010	10,1%	16927	22770	10,4%	4445414	5290099	6,0%	423	477	4,1%	25161186	114,49
RJ	47408	15872362	16112678	16461173	0,5%	0,7%	347,23	343182068	462376208	10,4%	21621	28696	9,9%	4139398	5012857	6,6%	257	305	5,8%	1188214	25,06
RN	53319	3106430	3198657	3408510	1,0%	2,1%	63,93	25481449	36103202	12,3%	8203	11287	11,2%	685340	879926	8,7%	214	258	6,4%	1030514	19,33
RO	243001	1493566	1576455	1748531	1,8%	3,5%	7,20	17887799	27839144	15,9%	11977	17659	13,8%	522811	671567	8,7%	332	384	5,0%	1896483	7,80
RR	225527	412783	460165	496936	3,7%	2,6%	2,20	4889301	6951190	12,4%	11845	15106	8,4%	113898	145558	8,5%	248	293	5,8%	222762	0,99
RS	309883	10855214	10733030	11207274	-0,4%	1,5%	36,17	199494246	263633398	9,7%	18378	24563	10,2%	4189088	4990296	6,0%	390	445	4,5%	17982791	58,03
SC	107874	6052587	6317054	6727148	1,4%	2,1%	62,36	123282295	169049530	11,1%	20369	26761	9,5%	3029099	3600286	5,9%	480	535	3,7%	6105356	56,60
SE	22385	1999374	2089819	2219574	1,5%	2,0%	99,15	19551803	26198908	10,2%	9779	12536	8,6%	407037	524153	8,8%	195	236	6,6%	1028942	45,97
SP	268970	41011635	41587182	44035304	0,5%	1,9%	163,72	1003015191	1349465140	10,4%	24457	32449	9,9%	18351199	21258139	5,0%	441	483	3,0%	36401836	135,34
TO	283443	1280509	1400892	1496880	3,0%	2,2%	5,28	13090266	18059159	11,3%	10223	12891	8,0%	347204	452161	9,2%	248	302	6,8%	1719404	6,07

3. Modelagem da Situação Atual

A primeira etapa da modelagem da situação atual respeita à rede rodoviária existente e definição das suas características operacionais. Numa segunda etapa, procede-se à modelagem da demanda, a qual consiste na construção de uma matriz Origem-Destino (OD) que deverá ser capaz de representar (com um rigor elevado) a demanda de tráfego no ano base (2015), não só em termos de cargas de tráfego na rede, mas também em termos de linhas de desejo entre as diferentes zonas de geração.

Tendo como objetivo a calibração da rede e validação da matriz OD para o ano base foram realizadas, numa primeira fase, alocações à rede rodoviária atual. Com vista ao conhecimento da demanda de tráfego (futura) no sistema rodoviário em estudo, foram feitas alocações de tráfego para cada um dos anos de previsão considerados.

O *software* utilizado para a modelagem da rede rodoviária foi o PTV - VISUM, programa computacional que presta auxílio na análise e na avaliação de um determinado sistema de transportes, caracterizado por determinadas condições de oferta e de demanda de modos de transporte, permitindo avaliar os impactos na demanda de um modo, em face das alterações das condições da oferta introduzidas no sistema de transportes.

A utilização deste programa como instrumento de planeamento consiste num processo faseado que começa com a correta definição das características atuais da rede de transportes a analisar, para posteriormente se proceder a uma análise, quantitativa e qualitativa, do desempenho do sistema, com identificação de eventuais fragilidades.

Posteriormente, desenvolve-se a(s) solução(ões) de oferta proposta(s), determinam-se e analisam-se os seus impactos, a nível quantitativo e qualitativo.

O esquema seguinte apresenta, ainda que de forma simplificada, este processo:

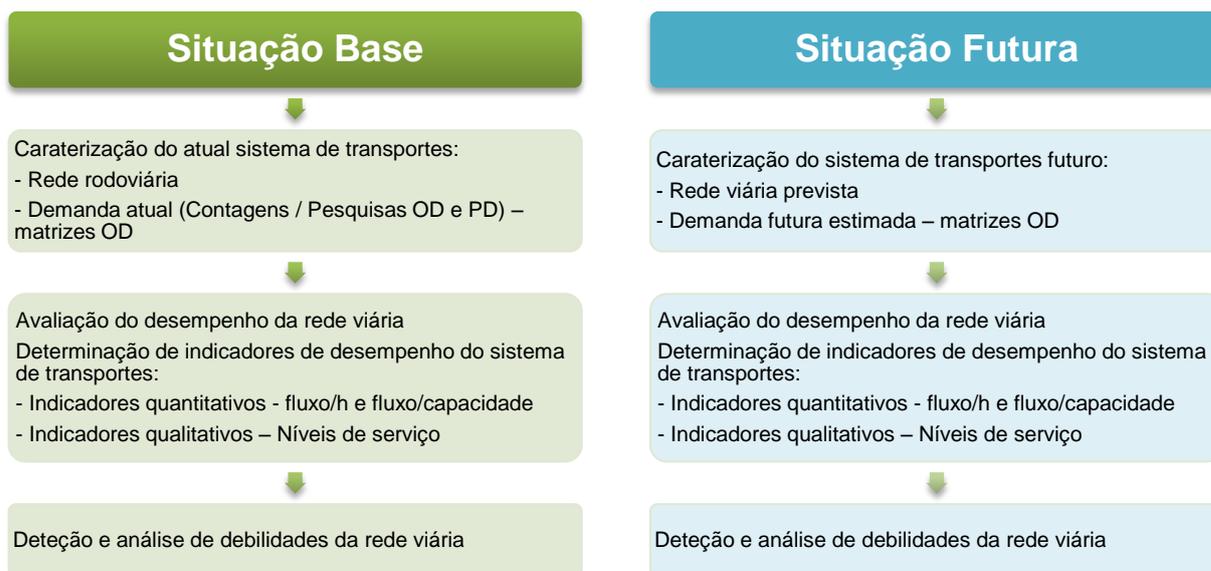


Figura 8 - Metodologia de análise

No Produto 1B é apresentado em detalhe a componente de modelagem da rede rodoviária (oferta). No Produto 3, Tomo III são apresentados em detalhe os resultados da componente de caracterização da demanda, com base nas pesquisas de campo realizadas especificamente no âmbito do presente Estudo de Tráfego (incluindo contagens de tráfego, pesquisas Origem-Destino e de Preferência Declarada).

As seções seguintes focam-se na apresentação das etapas de coleta de dados de tráfego complementares e de caracterização do modelo de alocação, com vista à construção de um modelo robusto para a caracterização da demanda de tráfego na situação atual, o qual servirá de suporte à determinação das projeções de tráfego futuras, de acordo com diferentes pressupostos de evolução (cenários) da rede rodoviária na área de influência direta.

3.1. Algoritmo e Parâmetros de Alocação

As alocações de tráfego foram efetuadas primeiramente à rede atual (para calibração da rede rodoviária e validação da matriz OD) e, posteriormente, à rede futura, de modo a permitir o conhecimento da demanda de tráfego no Sistema, para os anos de previsão e cenários considerados.

A rede foi modelada no software VISUM e a distribuição de tráfego foi realizada utilizando um método de equilíbrio com custos generalizados. O processo de equilíbrio distribui a demanda de acordo com o primeiro princípio de Wardrop: *"cada usuário da estrada escolhe o seu percurso de modo que a impedância em todas as rotas alternativas seja a mesma, de tal forma que mudar de rodovia só iria aumentar o tempo de percurso pessoal (usuário ótimo)"*.

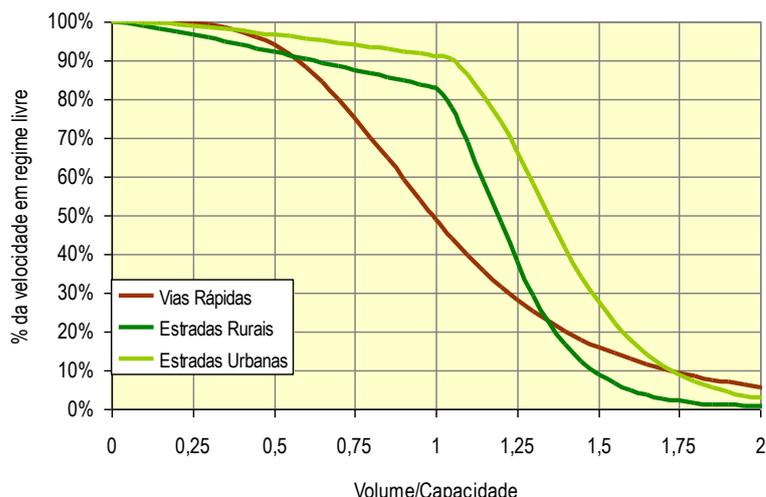
O equilíbrio é alcançado através de sucessivas iterações baseadas numa distribuição incremental como solução inicial. A distribuição incremental divide a matriz OD em várias matrizes parciais numa base porcentual. Essas matrizes parciais são então sucessivamente alocadas à rede modelada. A escolha de percursos considera a impedância que resulta do volume de tráfego da etapa anterior.

3.1.1. Capacidade e Velocidade

As capacidades associadas às vias da área de estudo foram atribuídas considerando o seu perfil transversal tipo. Por sua vez, as velocidades atribuídas a cada trecho basearam-se nas velocidades médias em regime livre.

No entanto, uma vez que à medida que o volume de tráfego se aproxima do limite da capacidade a velocidade tende a reduzir-se, adotou-se um processo iterativo, em que para cada iteração o cálculo da relação Tempo/Velocidade é feito utilizando a referida expressão de Wardrop, a qual considera que o tempo de percurso, em cada arco, é função do grau de congestionamento.

De acordo com o tipo de rodovia e análise, foram consideradas (três) “curvas-tipo” para a degradação da velocidade em função do nível de demanda de tráfego. As funções de degradação da velocidade consideradas são as que se apresentam na seguinte figura:



Fonte: Manual COBA (adaptado)

Figura 9 - Função de degradação da velocidade em função da taxa de utilização da capacidade

3.1.2. Custos

O custo total do percurso, tal como é percebido pelo usuário que decide o caminho que vai tomar para o seu destino, é composto por três parcelas:

- custo marginal percebido de operação do veículo (o qual é representado pelo custo do combustível consumido numa determinada viagem entre um par OD);
- custo atribuído ao tempo que se perde na viagem; e
- custo monetário dos pedágios, quando existem.

A expressão de cálculo utilizada na determinação do custo generalizado (impedância) percebido pelo condutor numa viagem é a seguinte:

$$C = L \times C_o + T \times V_t + L \times P$$

em que:

C - Custo total (R\$);

L - Extensão do(s) Arco(s) (km);

C_o - Custo de operação (R\$/km);

T - Tempo de deslocação (s);

V_t - Valor do tempo (R\$/s);

P - Pedágio/km (R\$/km).

Os valores utilizados para a expressão do custo generalizado, discriminados para cada uma das categorias de veículos (leves e caminhões), foram os seguintes:

3.1.2.1. Custo de Operação (C_o)

O custo de operação considerado tem por base os consumos médios dos veículos (leves e caminhões) e o preço atual dos combustíveis¹ (preço na bomba).

Assim, adotou-se o custo de R\$ 0,279 / km para veículos leves e de R\$ 0,549 / km para caminhões. Estes valores já consideram um acréscimo de 10% associado ao custo relacionado com o desgaste e manutenção do veículo.

3.1.2.2. Valor do Tempo (V_t)

De grande importância para os resultados que se obtêm nos cálculos de custo mínimo, e, portanto, da alocação, é o valor atribuído ao tempo que se poupa quando se escolhe uma ligação mais rápida.

Para a estimação deste valor considerou-se os resultados das pesquisas de Preferência Declarada (PD) realizadas para este estudo (para maior detalhe, vide Produto 3, Tomo III).

Assim, adotou-se o valor de R\$ 22,63 / hora para veículos leves e de R\$ 54,30 / hora para caminhões.

Considerou-se que o valor do tempo se deverá manter constante ao longo dos anos de previsão considerados.

3.1.2.3. Pedágio (P)

¹ Fonte: Agência Nacional do Petróleo (ANP).

Os valores de pedágio de referência considerados no modelo de alocação foram definidos com base nas tarifas atualmente cobradas nas concessões pedagiada do Brasil, diferenciadas por categoria de veículos, subtrecho e concessão rodoviária².

A título ilustrativo, apresenta-se na tabela abaixo os valores de tarifa cobrados nas três concessões rodoviárias na Estado da Bahia, assim como o valor de das balsas que atualmente fazem o atravessamento do rio São Francisco, junto a Xique-Xique (valores para 2015):

Tabela 11 - Tarifa nas concessões rodoviárias da Bahia e balsas do rio São Francisco (R\$ 2015)

Concessionária	Praça de Pedágio	Rodovia	Leves			Motos	Caminhões								
			2 eixos	3 eixos	4 eixos		2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos	7 eixos	8 eixos	9 eixos	
CLN	Camaçari	BA-099	5,0	7,5	10,0	2,5	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	
	Camaçari	BA-099	7,5	11,2	15,0	3,8	15,0	22,5	30,0	37,5	45,0	52,5	60,0	67,5	
VIABAHIA	P3-Rafael Jambeiro	BR-116	3,4	5,1	6,8	1,7	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6	
	P4-Brejões/Nova Itarana	BR-116	3,4	5,1	6,8	1,7	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6	
	P5-Jequié	BR-116	3,4	5,1	6,8	1,7	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6	
	P6-Planalto	BR-116	3,4	5,1	6,8	1,7	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6	
	P7-Vitória da Conquista	BR-116	3,4	5,1	6,8	1,7	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6	
	P2-Amélia Rodrigues	BR-324	1,9	2,9	3,8	1,0	3,8	5,7	7,6	9,5	11,4	13,3	15,2	17,1	
	P1-Simões Filho	BR-324	1,9	2,9	3,8	1,0	3,8	5,7	7,6	9,5	11,4	13,3	15,2	17,1	
BAHIA NORTE	PA 02-Simões Filho	BA-093	3,2	4,8	6,4	1,6	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	
	PA 01 - Mata de São João	BA-093	3,2	4,8	6,4	1,6	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	
	PA 03 - Candeias	BA-524	3,2	4,8	6,4	1,6	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	
	PA 05 - Salvador	BA-526	3,2	4,8	6,4	1,6	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	
	PA 04 - Camaçari	BA-535	3,2	4,8	6,4	1,6	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	

Fonte - ABCR, 2015

Categoria	R\$ / ida	Categoria (cont.)	R\$ / ida	Categoria (cont.)	R\$ / ida
moto	7,0	Caminhão Troco Vazio	30,0	Carreta Vazia	55,0
carro pequeno	15,0	Caminhão Troco Carregado	40,0	Carreta Carregada	100,0
carro pequeno com reboque	25,0	Caminhão Ttruck Vazio	35,0	Bi-Trem Vazio	80,0
micro-ônibus	25,0	Caminhão Ttruck Carregado	55,0	Bi-Trem Carregado	140,0

² Fonte - Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR) e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)

micro-ônibus com reboque	30,0	Ônibus Troco	40,0	Rodo-Trem Vazio	80,0
Camionete F4000 / 608 / F350	30,0	Ônibus Truck	55,0	Rodo-Trem Carregado	170,0

Fonte – Balsas Júnior, 2015

3.2. Modelagem da Demanda

O trabalho prévio de coleta de informação (*inputs*) permite caracterizar com detalhe a demanda (pesquisas de campo e coleta de informação de outras fontes), as características socioeconômicas da área em estudo, as características operacionais da rede rodoviária e os custos associados à viagem, questões essenciais para construção do modelo de alocação.

Com esta informação, é possível visualizar os diagramas de carga na rede, tendo por base os resultados das contagens (expandidas para volume diário médio anual - VDMA).

Para efeitos de modelagem, considerou-se a distinção entre duas categorias de veículos: leves e caminhões, considerando a seguinte agregação a partir da classificação adotada nas pesquisas de campo:

- Leves: inclui automóveis (2 a 4 eixos), motocicletas, motonetas e bicicletas a motor;
- Caminhões: inclui ônibus (2 a 4 eixos), veículo oficial ou diplomático, veículos especiais e caminhões (2 a 9 eixos, ou mais).

Por forma a minorar os problemas das deslocamentos intrazonais, foi tida especial atenção aquando do processo de delimitação do zoneamento, garantindo que os postos de pesquisa OD, PD e de contagem considerados ficassem em áreas próximas da fronteira entre zonas. Todavia, ainda foi preciso aplicar fatores de eliminação de tráfego intrazonal em alguns postos de contagem, de dimensão variáveis de acordo com o tipo de via, ocupação do solo e da distância às fronteiras da zona de geração.

A título de exemplo, veja-se na Figura 10 as cargas de tráfego apuradas para o Sistema BA 052, com base nos pontos de controlo realizados no âmbito deste

estudo, antes da aplicação dos respectivos fatores de eliminação do tráfego intrazonal (para maior detalhe, vide Produto 1B).

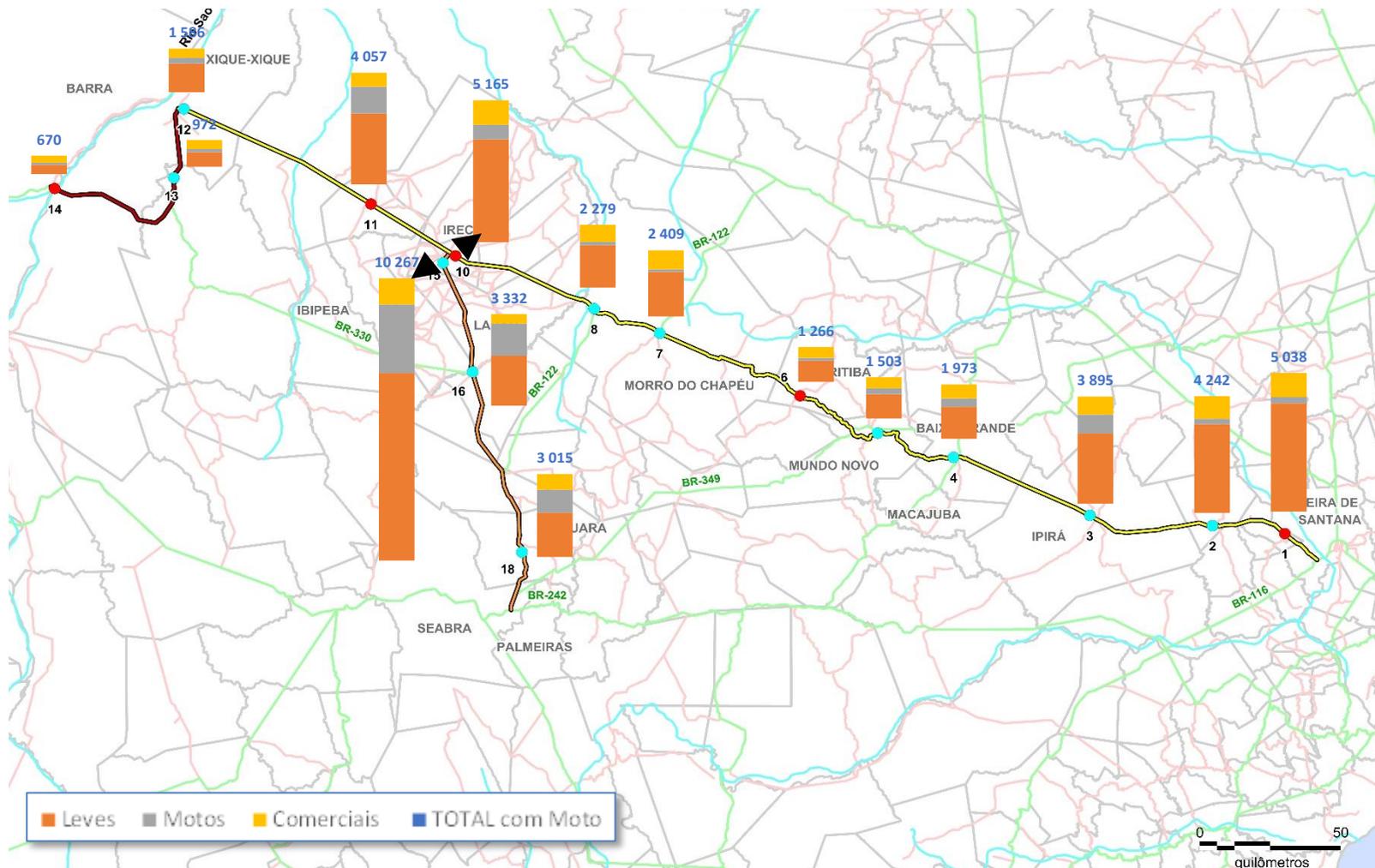


Figura 10 - Estimativa de VDMA na situação atual (2015), por posto de pesquisa e categoria de veículos

3.2.1. Construção das Matrizes Origem-Destino

A etapa de modelagem da demanda na situação atual inicia-se com a construção de uma matriz única que agrupe toda a informação recolhida nos postos de pesquisa OD e PD. No processo de construção da Matriz Global de Pesquisas devem ser cumpridos três objetivos:

- Validação das OD recolhidas nas pesquisas, por forma a evitar que sejam considerados na matriz final pesquisas de baixa (ou mesmo nula) fiabilidade, i.e., viagens que se revelem ilógicas ou pouco representativas da linha de tendência das deslocações que caracterizam essa zona;
- Determinação de fatores de expansão para 100% das OD que apenas representam parte da OD global, i.e., nos casos em que a seção de pesquisa constitui um dos vários itinerários alternativos para a deslocação entre duas zonas de geração; e
- Garantir que as OD inquiridas em mais do que um posto de pesquisa apenas são contabilizadas uma vez (*double counting*).

Com base nesta metodologia, e com recurso ao modelo de alocação de tráfego VISUM, foi construída uma **Matriz Global de Pesquisas** (para veículos leves e caminhões). Esta matriz apenas contém os pares OD recolhidos das pesquisas aos quais foi associado um grau de confiança elevado.

Para estimar as células da matriz que não foram identificadas nas pesquisas, foi construída uma **Matriz Gravitacional** tendo por base, por um lado, a população e o emprego associados a cada zona e, por outro, a distância (custo total) das viagens entre cada par OD. A fórmula gravitacional considerada foi:

$$VDMA_{ODij} = \frac{K (Atração_i + Geração_j)^a}{C_{ij}^b}$$

Em que:

K, a e b são parâmetros

Atração - corresponde ao PIB da zona

Geração - corresponde à população da zona

Cij - corresponde à distância entre zonas

Aplicando a equação anterior a todos os pares OD do modelo de alocação (1ª corrida), procedeu-se à sua calibração, visando minimizar os desvios entre os fluxos entre zonas estimados e observados.

Assim, a construção da **Matriz OD Inicial** resulta da combinação dos resultados obtidos nas duas bases de informação supracitadas:

- fluxos observados determinados na Matriz Global de Pesquisas - células inquiridas (prioridade 1);
- fluxos estimados na **Matriz Gravitacional** - células não inquiridas (prioridade 2).

3.2.2. Calibração do Modelo

O passo seguinte consiste na validação do modelo de alocação, efetuado com recurso ao *software TFowFuzzy* (módulo do pacote de modelagem de tráfego PTV - VISUM). Esta aplicação informática permite ajustar (“corrigir”) a Matriz OD Inicial, para que no final os resultados obtidos da sua alocação à rede rodoviária modelada (situação atual) se aproximem, o mais possível, por um lado, das cargas de tráfego reais observadas nas contagens de tráfego realizadas e, por outro, que replique as linhas de desejo e respectivas condições de circulação observadas nos postos de pesquisa OD e PD.

Este *software* realiza de uma forma agregada as fases de geração/atração de viagens e de distribuição, numa formulação onde se procura obter uma solução para um problema mais geral que pode ser estruturado em dois sub-problemas, com as seguintes funções-objetivo:

- minimizar as diferenças entre os fluxos estimados através do modelo e o valor dos fluxos estimados a partir das contagens analisadas para os mesmos trechos; e

- minimizar as diferenças entre cada célula da matriz OD inicial (resultante das pesquisas OD e da matriz gravitacional) e a correspondente célula da matriz final.

Para efeitos de calibração considerou-se não só todo o conjunto de postos de contagem volumétrica realizados no âmbito deste estudo (num total de 16), mas também outros postos de contagem localizados na rede envolvente ao Sistema rodoviário em estudo, recolhidos a partir das seguintes fontes principais:

- postos da concessão Bahia Norte (num total de 7 postos);
- postos de contagem, de cobertura e sazonal, do DERBA³ (num total de 147 postos); e
- postos de contagem e de monitoramento da DNIT (num total de 7 postos).

Na Figura 11 apresenta-se um mapa com a localização dos postos de contagem considerados para a calibração do modelo de tráfego (num total de 177 postos).

³ Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia

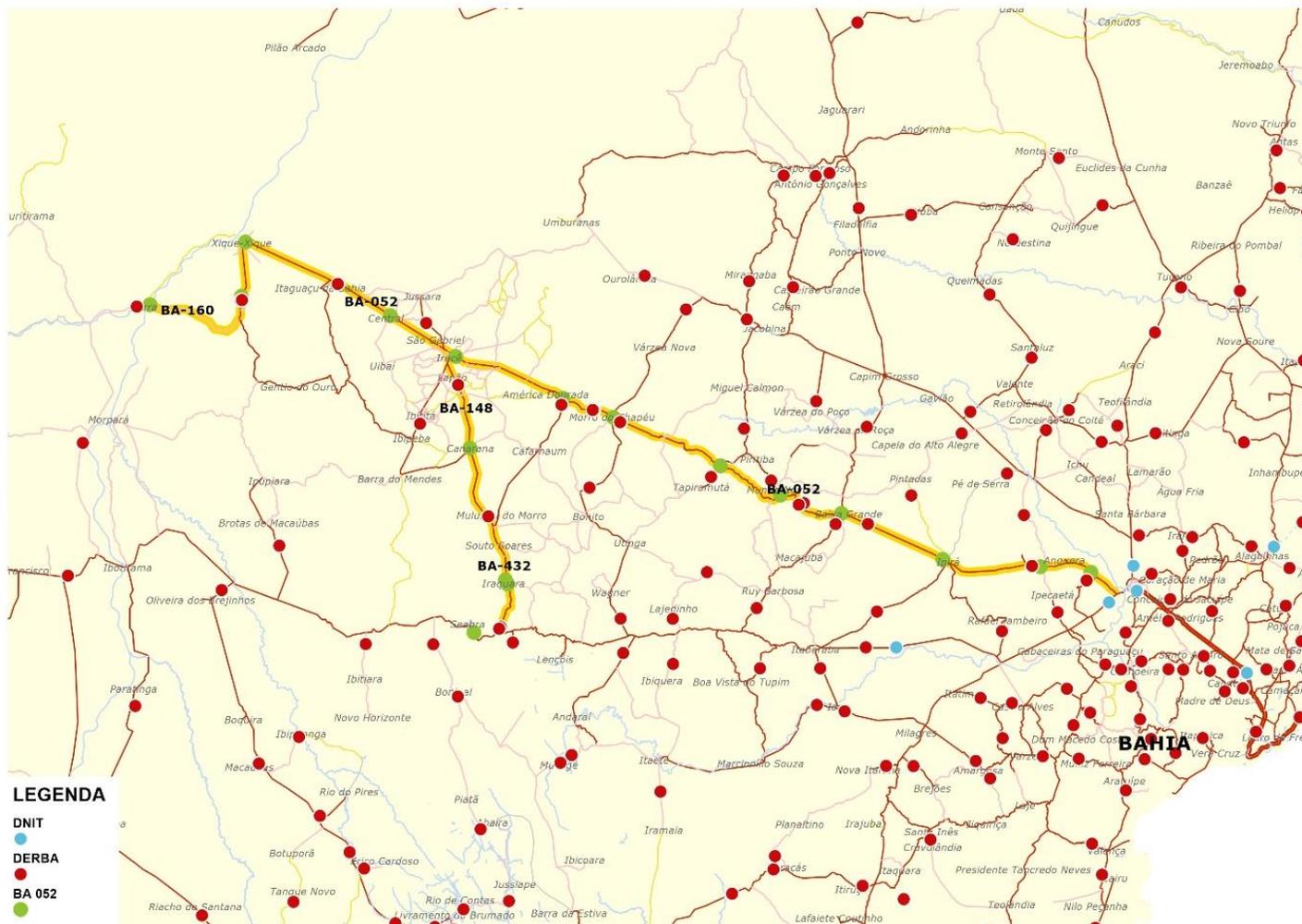


Figura 11 - Postos de contagem considerados para calibração do modelo de alocação

Considerando a metodologia adotada e a informação que serviu de base à construção da Matriz OD Final, obteve-se um elevado nível de aderência à realidade, verificando-se que os valores obtidos após alocação do tráfego à rede modelada apresentam uma elevada aproximação aos valores medidos nas contagens volumétricas (devidamente extrapolados para valores de VDMA).

De referir que foi tida especial atenção com as células das pesquisas OD e PD, não deixando que, no final, apresentassem uma variação superior a 20% face ao valor recolhido das pesquisas de campo.

Em processo paralelo ao da validação da matriz OD, foi também realizada a calibração da rede, em termos de modelagem dos seus parâmetros operacionais (velocidades e capacidades), por forma a garantir a lógica e razoabilidade dos percursos escolhidos pelo modelo para cada par OD.

O fator de correlação médio final entre os valores observados (contagem⁴) e os valores resultantes da alocação da matriz atual (modelo), assim como o gráfico com a regressão linear entre os dois conjuntos de valores de tráfego, apresenta-se na Figura 12.

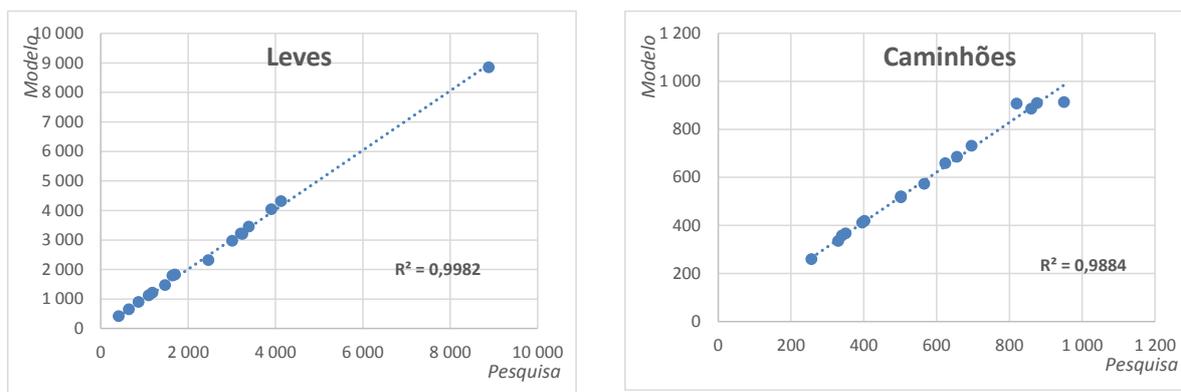


Figura 12 - Calibração do modelo de tráfego - síntese de resultados

Na Tabela 12 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos na calibração do modelo, para o conjunto de postos de contagem realizados no âmbito deste

⁴ As estimativas de VDMA₂₀₁₅ agora apresentadas já consideram a aplicação dos fatores de eliminação do tráfego intrazonal supracitados.

estudo. Considerando o indicador GEH⁵, 85% dos trechos com contagem apresentam um valor inferior a 5, respeitando assim as orientações da engenharia de tráfego⁶.

Tabela 12 - Calibração do modelo de tráfego - síntese de resultados

Posto	Leves				Caminhões			
	Pesquisa	Modelo	GEH	Δ%	Pesquisa	Modelo	GEH	Δ%
1	4 128	4 314	3	5%	876	910	1	4%
2	3 392	3 456	1	2%	820	908	3	11%
3	3 240	3 200	1	-1%	656	686	1	5%
4	1 470	1 474	0	0%	502	522	1	4%
5	1 100	1 124	1	2%	402	420	1	4%
6	866	896	1	3%	396	412	1	4%
7	1 698	1 826	3	8%	696	732	1	5%
8	1 644	1 794	4	9%	624	660	1	6%
10	3 904	4 040	2	3%	860	886	1	3%
11	3 210	3 220	0	0%	502	518	1	3%
12	1 182	1 210	1	2%	340	358	1	5%
13	642	648	0	1%	330	336	0	2%
14	414	414	0	0%	256	260	0	2%
15	8 880	8 854	0	0%	950	914	1	-4%
16	3 012	2 974	1	-1%	350	368	1	5%
18	2 466	2 312	3	-6%	566	574	0	1%

Nota - Resultados para postos de contagem realizados no âmbito deste estudo

Para garantir que o modelo de tráfego consegue reproduzir adequadamente as condições de circulação de tráfego atual, levou-se a cabo uma série de testes para validar a sua robustez, ao nível da escolha de caminhos e distribuição de viagens entre itinerários alternativos.

Registraram-se, em alguns casos, ligeiras diferenças entre os fluxos modelados e aqueles observados, as quais não são consideradas significativas no desempenho global do modelo, e encontram justificação em um (ou mais) dos seguintes motivos:

⁵ O GEH consiste numa fórmula vulgarmente usada em engenharia de tráfego com o objetivo de comparar duas séries de volumes de tráfego, representada pela seguinte equação:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

onde "M" representa o valor do modelo e "C" o volume contado.

⁶ Referência do UK Highway Agency. Design Manual for Roads and Bridge.

- as pesquisas OD e as contagens volumétricas consideradas na calibração do modelo foram realizadas em dias (e até anos) diferentes, e as variações do dia-a-dia do fluxo de tráfego são inevitáveis;
- os dados de contagem utilizados para a comparação têm origem em diversas fontes e foram reunidos em diferentes momentos e períodos de tempo, por isso é possível (e normal) que contagens adjacentes não estejam 100% compatibilizadas entre si.

Dos resultados globais obtidos pode-se concluir que o modelo de tráfego construído representa, de forma bastante satisfatória, a demanda na situação atual, o que permite verificar a boa consistência das matrizes calculadas e rede construída.

Como *output* final deste processo (representado, de forma simplificada, na Figura 13) resultam a rede e a matriz OD calibradas para o ano base 2015.

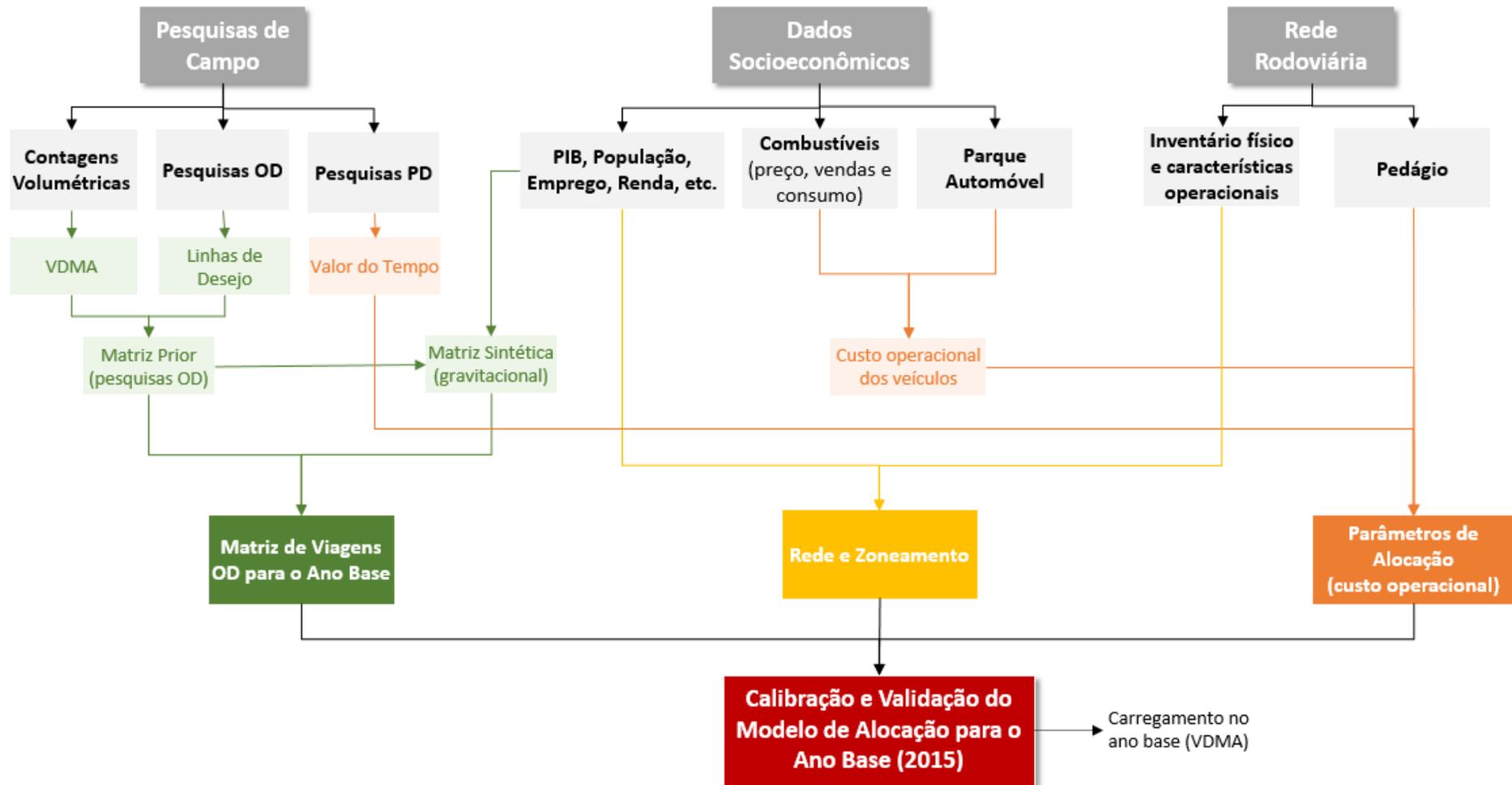
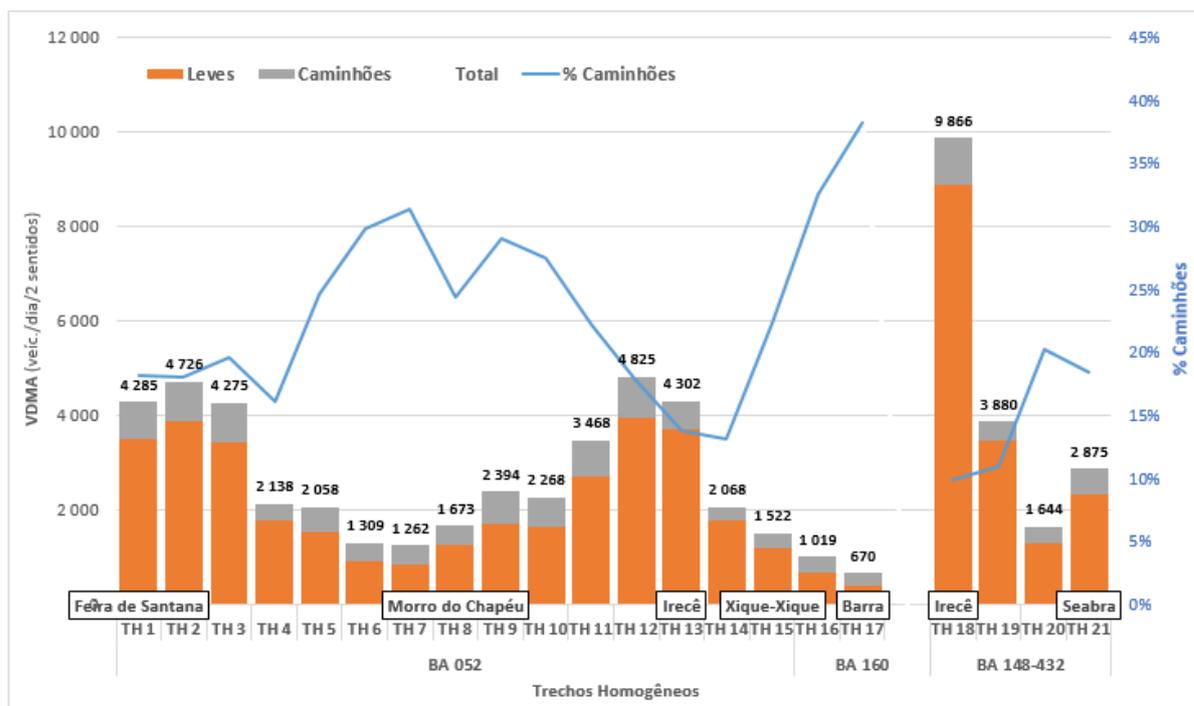


Figura 13 - Representação esquemática da metodologia para construção do modelo de alocação na situação atual

elevados registram-se junto à zona urbana de Irecê, aproximando-se dos 10.000 veículos/dia na BA 148 e, por oposição, os volumes mais baixos verificam-se junto a Barra, onde o VDMA é inferior a 1.000 veículos/dia (Figura 15).



Nota: o VDMA de veículos leves, caminhões e total deve ser lido no eixo vertical da esquerda, enquanto a porcentagem de caminhões deve ser lida no eixo vertical da direita.

Figura 15 - VDMA e % de caminhões ao longo dos trechos do Sistema BA 052

A **BA 052** apresenta, na situação atual, uma demanda de tráfego média na ordem dos 2.690 veículos/dia nos dois sentidos, e com uma representação da categoria de caminhões de 20%, face ao total de motorizados. Ao longo da sua extensão, os maiores volumes de demanda registram-se junto a Feira de Santa e Irecê (na ordem dos 4.500 veículos/dia), diminuindo de intensidade à medida que se afasta destes polos urbanos, com valores mínimos entre os 1.200 e os 1.500 veículos/dia, em Morro do Chapéu e Xique-Xique, respectivamente. O peso relativo dos caminhões no total de veículos apresenta a tendência inversa, ou seja, valores mais elevados, na ordem dos 30%, na aproximação a Morro do Chapéu, e valores mais moderados nos restantes trechos, entre os 15% e os 20%.

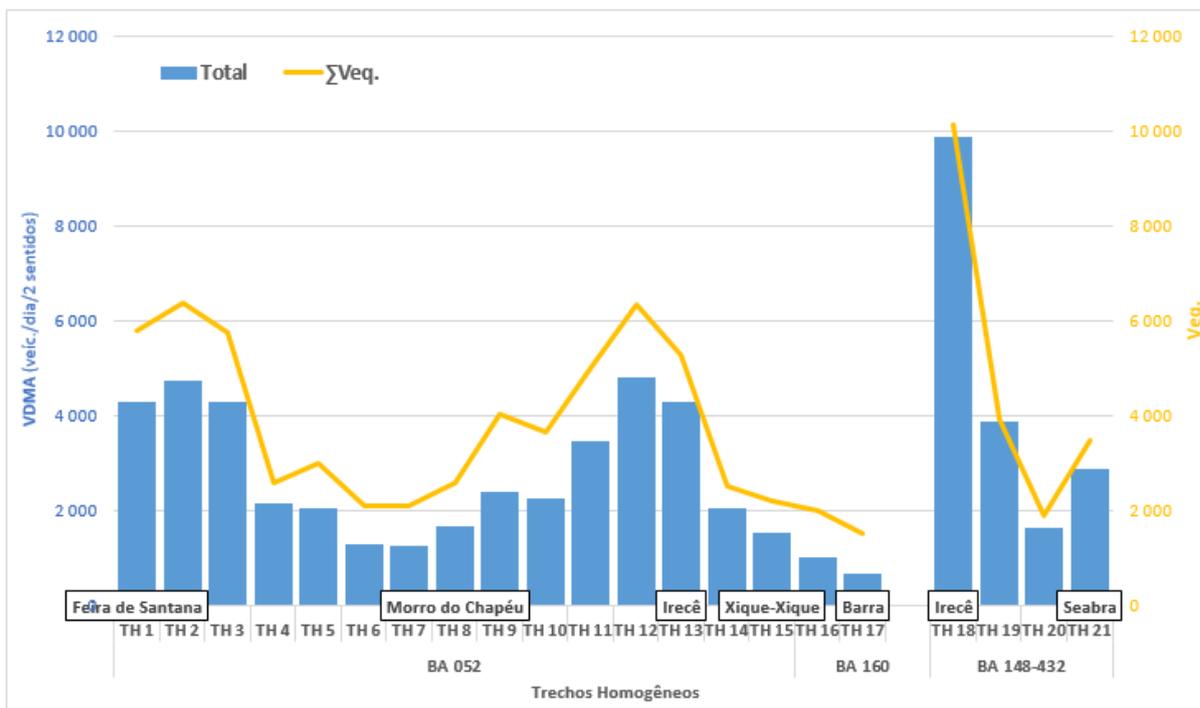
Na **BA 160** o VDMA médio é da ordem dos 820 veículos/dia nos dois sentidos, dos quais cerca de 35% são caminhões. Deve-se salientar que, entre Xique-Xique e Barra, a demanda passa para quase metade, com valores mínimos na ordem dos 670 veículos/dia dois sentidos na ligação às balsas que atualmente fazem o atravessamento do rio São Francisco.

Nos trechos da **BA 148 e BA 432** a demanda média é da ordem dos 3.080 veículos/dia nos dois sentidos, com um peso dos caminhões de $\approx 15\%$. Pelo seu caráter urbano, na BA 148 a demanda é substancialmente superior, com um VDMA que quase ascende aos 10.000 veículos/dia nos dois sentidos, junto a Irecê. Na ligação da BA 432 os volumes de tráfego são mais modestos (cerca de 1/3), oscilando entre os 3.880 e os 1.650 veículos/dia nos dois sentidos.

Os volumes diários, expressos em termos de veículos equivalentes (Veq.) são obtidos pela ponderação dos volumes diários de cada categoria veicular pelos respectivos multiplicadores tarifários (em função do número de eixos).

Estes valores são utilizados especificamente para a previsão do volume pedagiado. A sua aferição no cenário sem pedágio permite, por um lado, quantificar o volume pedagiado potencial e, por outro lado, serve de apoio à definição da localização (ótima) das praças de pedágio que maximize o nível de arrecadação tarifária.

Na Figura 16 apresenta-se a distribuição do VDMA e de veículos equivalentes diários, por praça de pedágio (potencial), ao longo do Sistema BA 052. No total, e num cenário teórico de cobrança de pedágio em todos os trechos (sistema fechado sem fuga) estima-se para o ano base (2015) um total de 82.182 Veq, com oscilações ao longo dos trechos que compõem o Sistema Rodoviário BA-052 de acordo com a variação registrada ao nível do VDMA: mais elevados no acesso aos aglomerados de Feira de Santana e Irecê e mais baixos no acesso a Morro do Chapéu e Barra.



Nota: o VDMA de total de veículos deve ser lido no eixo vertical da esquerda, enquanto o total de Veq. deve ser lido no eixo vertical da direita.

Figura 16 - Veículos equivalentes (Veq.) e VDMA por trecho homogêneo - cenário atual

4. Sistema de Pedagiamento

4.1. Considerações Gerais

A cobrança de pedágio constitui um aspecto fundamental para a viabilidade econômico-financeira dos programas de concessões rodoviárias, pelo que a localização e espaçamento das praças de pedágio são fatores de maior relevância no desenho do sistema de pedágio a implementar.

A escolha do sistema a ser adotado tem por objetivo otimizar os recursos a serem arrecadados e minimizar os custos operacionais, ao mesmo tempo que deverão ser atendidos critérios de equidade e outros de cariz social.

Existem dois tipos de sistemas de arrecadação de pedágio: sistema aberto (apenas uma parcela dos usuários está sujeita ao pagamento de tarifa) e sistema fechado (todos os usuários da rodovia estão sujeitos à cobrança).

No sistema fechado a cobrança de pedágio é feita de acordo com a distância efetivamente percorrida pelo veículo, o que exige que em todas as entradas e saídas da rodovia estejam instaladas praças de pedágio. Neste sistema, será cobrada uma tarifa de pedágio proporcional à distância percorrida. Esta opção implica maiores custos de investimento, o que, geralmente, implica valores mais elevados de tarifa por quilômetro.

O sistema aberto é o praticado na maioria das rodovias, principalmente nas brasileiras, caracterizado por rodovias de acessos livres e praças de pedágio com bloqueio transversal localizado na própria pista, distribuídas ao longo dos trechos sob concessão. Desta forma, é necessário definir para cada rodovia os locais onde serão instaladas as praças de pedágio, assim como o valor do pedágio a ser cobrado em cada praça.

Em ambos os sistemas, as tarifas podem ser diferentes por praça de pedágio (proporcionais à extensão realmente percorrida ou a trechos da via), ou podem ser iguais em todas as praças de pedágio (correspondentes a segmentos de distâncias iguais, independentemente de corresponderem a trechos reais da via).

O sistema mais justo é o fechado, no qual todos os usuários pagam e este pagamento é proporcional à utilização da rodovia. Todavia, este sistema não só é mais oneroso, como só é possível em auto-estradas do tipo fechada (sem acessos diretos à rodovia e com controle de acessos através de dispositivos de entroncamento tecnicamente dispostos).

Nos casos em que tal sistema não é viável (quer por condições físicas, quer financeiras), deve ser adotado o sistema aberto, em que a quantidade e distribuição das praças de pedágio atendam, sempre que possível, aos seguintes objetivos principais:

- Garantir a maior abrangência, de modo a que seja captado o maior número de usuários nas praças de pedágio implantadas e, logo, maior receita. Esta premissa tem subjacente que a distribuição das praças de pedágio deve incluir o maior número possível de trechos homogêneos (segmentos contíguos da rodovia, com características geométricas e volumes de demanda uniformes);
- Encontrar o “valor ótimo” de tarifa, ou seja, o mais proporcional à extensão efetivamente percorrida por cada usuário;
- Definir um número de praças de pedágio que minimize, para o usuário, as perdas de tempo associadas ao pagamento e, para o investidor, os custos de implantação e de operação. Esta premissa implica a adoção de tarifas variáveis para cada praça, resultantes do produto da tarifa básica por quilômetro, pela extensão do respectivo trecho homogêneo.

O sistema de pedagiamento analisado para o Sistema BA 052 compreende um sistema do tipo aberto, com praças de arrecadação em forma de barreira, com cobrança de uma tarifa diferenciada por categoria de veículo.

4.2. Estrutura Tarifária

A atual estrutura tarifária nas concessões rodoviárias federais e estaduais no Brasil baseia-se no preço cobrado para um automóvel de passeio. Para os restantes veículos é cobrado um valor proporcional ao seu número de eixos (com exceção das motos, que deverão pagar metade deste valor de referência).

Ainda que de forma simplificada, este conceito procura que a tarifa cobrada a cada veículo seja proporcional ao desgaste que os diferentes veículos impõem no pavimento da rodovia.

Na Tabela 13 apresenta-se, por categoria de veículos, os fatores de multiplicação para a tarifa de pedágio, considerando o número de eixos respectivo.

Tabela 13 - Multiplicador tarifário

Categoria	n.º de eixos	Multiplicador tarifário
Automóveis	2	1,0
Automóveis com semi-reboque	3	1,5
Automóveis com reboque	4	2,0
Caminhões e ônibus 2 eixos	2	2,0
Caminhões e ônibus 3 eixos	3	3,0
Caminhões e ônibus 4 eixos	4	4,0
Caminhões de 5 eixos	5	5,0
Caminhões de 6 eixos	6	6,0
Caminhões de 7 eixos	7	7,0
Caminhões de 8 eixos	8	8,0
Caminhões de 9 eixos	9	9,0
Caminhões de 10 ou mais eixos	10	10,0
Motocicletas	2	0,5

Fonte: ANTT (adaptado)

A tarifa a ser aplicada a cada praça de pedágio que venha (eventualmente) a ser instalada no Sistema BA 052 deverá corresponder ao resultado do produto da tarifa básica de pedágio pelo fator multiplicador da tarifa correspondente a cada categoria de veículo.

4.3. Localização das Praças de Pedágio

A localização das praças de pedágio deve ser escolhida de modo a minimizar o efeito de fuga do tráfego, por incremento do valor de impedância associado, priorizando o pagamento de tarifa sobre o tráfego que utiliza o sistema.

Genericamente, a proposta de localização das praças de pedágio deve atender às seguintes restrições:

- Evitar localizações próximas a cidades e povoados sujeitos a futura conurbação, evitando a tarifação de viagens curtas ou muito frequentes;
- Evitar a proximidade com locais de preservação ambiental, trechos de mata nativa ou rios; e
- Sempre que possível, as praças deverão ser posicionadas próximas aos limites geográficos dos municípios.

Para a proposta de instalação de praças de pedágio foram definidos locais de maior volume potencial de tráfego, tendo como referência o volume de demanda registrado na rodovia no ano base (2015), assumindo como referência um VDMA mínimo na ordem dos 4.000 veículos/dia nos dois sentidos (Figura 16).

Para uma determinada proposta de quantidade de praças de pedágio, localização e tarifa por quilômetro, é avaliado o potencial de arrecadação através do momento de transporte e da porcentagem de fuga associada. A configuração adotada deve ser aquela que garanta a melhor relação benefício-custo, ou seja, que majore a receita.

4.3.1. Momento de transporte

Como referido, o potencial de arrecadação do sistema de pedágio pode ser medido através do momento de transporte (MT), que corresponde ao produto do VDM pelo espaçamento entre praças (ou seja, trechos de cobertura das praças pelas quais as viagens passam), medido em veículos/dia x km.

$$MT = \sum_p^{np} Vp \times d_p^{paga}$$

Em que:

Vp : volume potencial alocado à praça p (veíc/dia),

np : número de praças de pedágio, e

d_{ij}^{paga} : distância equivalente ao montante de pedágio pago para a realizar a viagem entre i e j (km). A distância paga também é chamada de trecho de cobertura da praça de pedágio (TCP).

À exceção de variações significativas na composição do tráfego, o momento de transporte tem uma relação estreita com a receita de pedágio. Assim, a receita potencial (RP) do sistema de concessão pode ser calculada através do produto simples do momento de transporte pela tarifa quilométrica adotada, ou seja:

$$RP = \sum_p^{np} V_{eqp} \times d_p^{paga} \times tarifa_{km}$$

Em que:

V_{eqp} : volume de veículos equivalentes potencial alocado à praça p (veículos/dia),

np : número de praças de pedágio, e

d_{ij}^{paga} : distância equivalente ao montante de pedágio pago para a realizar a viagem entre i e j (km), ou TCP.

4.4. Número e Espaçamento entre Praças de Pedágio

O número e espaçamento entre as praças de pedágio é um dos fatores mais relevantes para a formação da receita. A sua análise tem por base dois aspectos principais: a iniquidade do sistema e a eficiência do processo de arrecadação.

O primeiro aspecto (iniquidade) respeita à avaliação de eventuais disparidades entre o valor de tarifa que é cobrado ao usuário num sistema aberto de cobrança de pedágio (que corresponde à tarifa multiplicada pelo total de praças de pedágio pelas quais passa) e aquele que seria o valor (teórico) cobrado num sistema fechado, ou seja, correspondente à extensão que foi efetivamente percorrida na rodovia (produto da extensão do seu percurso e o valor de tarifa estabelecido por quilômetro).

Neste sentido, alguns condutores podem pagar proporcionalmente mais do que lhes caberia, enquanto outros poderão até mesmo utilizar a rodovia sem pagar. Desta forma, deve-se procurar que os valores pagos por quilômetro percorrido entre usuários da mesma categoria sejam o mais próximo possível.

O segundo aspecto (eficiência) respeita à comparação entre a estimativa de arrecadação diária para cada praça de pedágio e o custo diário da respectiva

praça, obtendo-se os valores de eficiência por praça e para a rodovia como um todo (considerando o número total de praças adotado).

É recomendável que a solução de pedagiamento proposta procure o melhor equilíbrio possível entre a eficiência e a iniquidade, obtido através da definição de um número de praças ótimo e da localização adequada das mesmas.

4.4.1. Análise da iniquidade

A iniquidade (Inq) corresponde à diferença entre o valor pago por um veículo (equivalente) no seu percurso na rodovia (tarifa multiplicada pelo total de praças de pedágio pelas quais passa) e o valor correspondente ao produto da extensão de seu percurso e o valor de tarifa estabelecido por quilômetro (valor do trecho efetivamente utilizado pelo usuário).

$$Inq = \frac{RP}{\sum_s^{ns} V_{eqp} \times d_{ij} \times tarifa_{km}}$$

Em que:

V_{eqp} : volume de veículos equivalentes potencial alocado ao subtrecho s (V_{eq}/dia),

ns : número de subtrechos da concessão, e

d_{ij} : distância para realizar a viagem entre i e j (km).

4.4.2. Análise da eficiência

A eficiência (Ef) é a proporção entre o valor arrecadado (RP) menos o custo para realizar a arrecadação (parcelas correspondentes a investimentos, operação e manutenção, incluindo os gastos para realizar a arrecadação - $Ci\&o$), e o valor total arrecadado.

$$Ef = \frac{RP - Ci\&o}{RP}$$

Valores negativos de eficiência indicam que o custo de arrecadação é superior ao valor da própria arrecadação.

A escolha do número de praças de pedágio, com base nos parâmetros avaliados, deverá atender a níveis de eficiência positiva, preferencialmente superior a 80%.

4.5. Solução de Pedagiamento Proposta para o Sistema BA 052

A localização das praças de pedágio proposta foi otimizada por forma a maximizar o momento de transporte e atender às restrições de localização atrás mencionadas.

O número de praças de pedágio e seu afastamento (trecho de cobertura da praça de pedágio - TCP) procurou respeitar o melhor equilíbrio possível entre a eficiência e a iniquidade.

Adicionalmente, foi considerado como restrição que apenas os subtrechos com um VDMA mínimo de referência na ordem dos 4.000 veículos/dia nos dois sentidos fosse considerado como potencial para a instalação de praça de pedágio (Figura 17).

Assim, e excluindo aqueles trechos de caráter mais urbano (caso dos trechos da BA 148, junto a Irecê), apenas se identificam ao longo do Sistema BA 052 duas zonas potenciais para a instalação de pedágio: uma primeira na BA 052 no acesso a Feira de Santana (incluindo os trechos homogêneos 1 a 4) e outra no acesso da BA 052 a Irecê (incluindo os trechos homogêneos 11 a 13).

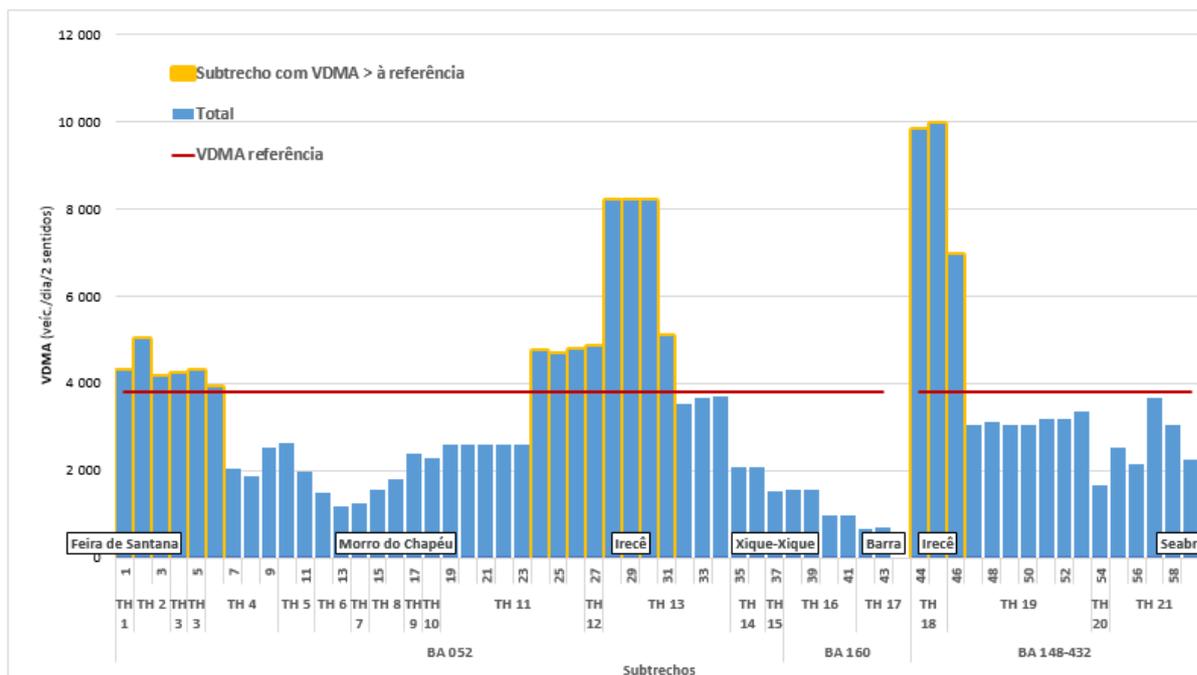


Figura 17 - Identificação dos subtrechos potenciais para a instalação de praça de pedágio

Assim, foi definida uma proposta inicial considerando um máximo de três praças de pedágio ao longo da BA 052, às quais se acrescenta a cobrança de pedágio na nova ponte sobre o rio São Francisco.

A tarifa de equilíbrio simulada é de R\$ 0,07/km, alinhada com o valor de referência médio cobrado noutras concessões brasileiras em geral, e da Bahia em particular.

A tarifa final a cobrar em cada praça resulta do produto entre a tarifa/km adotada e a respectiva extensão do TCP associado a cada praça.

Para a definição deste TCP procurou-se que a extensão considerada (e respectivo valor cobrado) estivesse alinhado com as referências médias de outras concessões, garantindo que no final o valor cobrado em cada praça não ultrapasse os 4 reais, o que corresponde a uma extensão de referência máxima inferior a 60 km.

Na Figura 18 abaixo é apresentada, ainda que de forma esquemática, o sistema de pedágio proposto para o Sistema BA 052, incluindo a localização das três praças e os respectivos TCP associados.

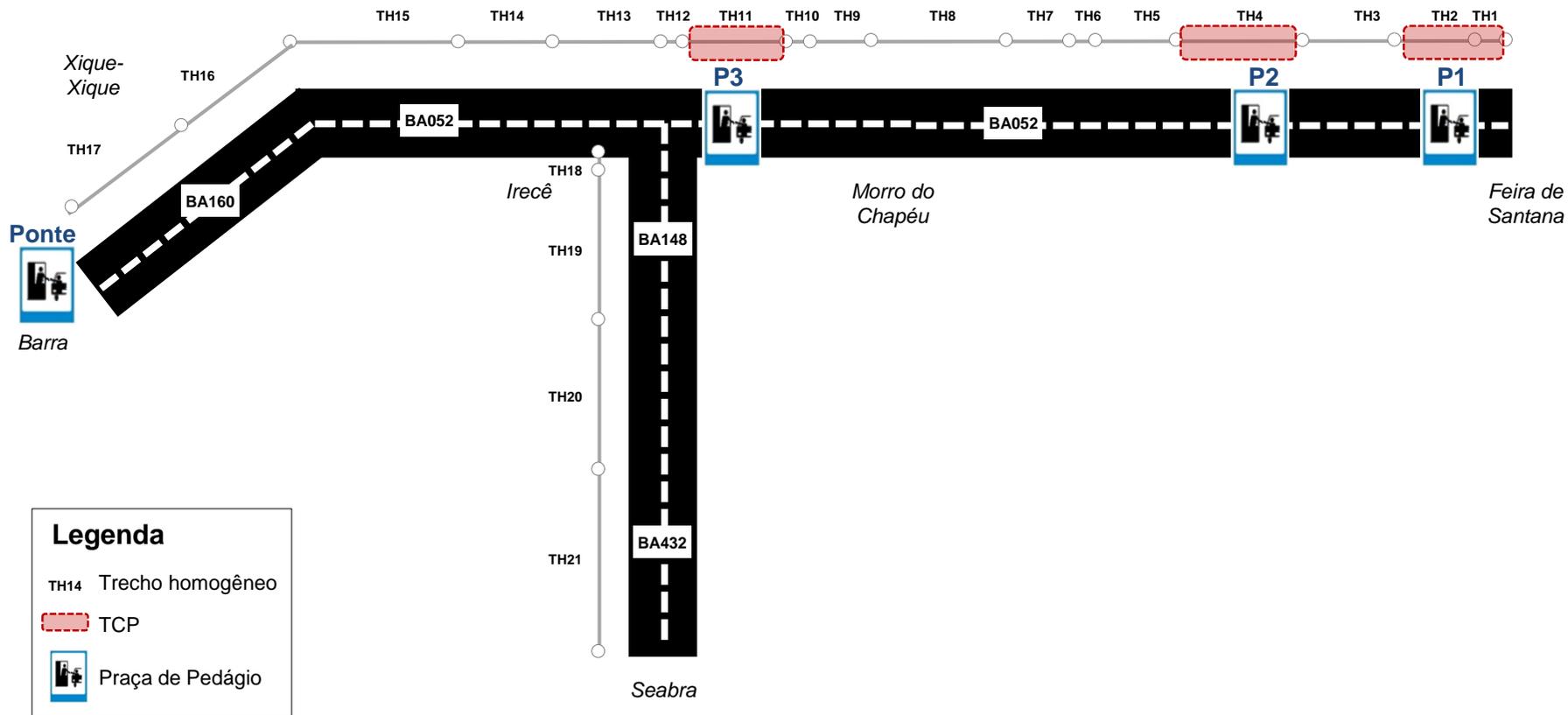


Figura 18 - Proposta de sistema de pedagiamento para o Sistema BA 052

De acordo com o espaçamento entre praças de pedágio adotado, obtém-se para o Sistema BA 052 os valores de cobrança de pedágio sistematizados na Tabela 14 abaixo. De salientar que o sistema proposto apenas considera para cobrança de pedágio 130 km de extensão, o que corresponde, grosso modo, a 19% da extensão total do Sistema BA 052.

Tabela 14 - Custo de pedágio (R\$) e TCP (km), por praça proposta para o Sistema BA 052

Praça	TCP (km)	R\$ (veículos passeio)
P1	40,4	R\$ 2,83
P2	53,2	R\$ 3,72
P3	36,2	R\$ 2,53
TOTAL	129,8	R\$ 9,09

Os valores de tarifa acima apresentados correspondem à categoria de automóveis de passeio. O valor de receita de pedágio a arrecadar resultará da aplicação de fatores multiplicativos, de acordo com a categoria de veículo em questão (Tabela 13) e correspondente número de eixos.

Em relação ao custo de uma praça de pedágio, considerou-se como referência os valores adotados no estudo para a BA 093, devidamente atualizados para R\$ de 2015, assumindo um custo anual de investimento, operação e manutenção por praça de pedágio de R\$ 1.360.000,00.

De acordo com os pressupostos adotados (tarifa de referência, TCP, número e localização das praças), respectivo VDMA apurado em 2015 para cada um dos trechos onde se propõe a instalação de praça de pedágio (Figura 16) e respectiva estimativa de custos, o desempenho estimado do sistema de pedagiamento proposto para o Sistema BA 052 num cenário atual sem cobrança de pedágio é:

Tabela 15 - Indicadores de desempenho – situação atual

Momento de Transporte	veículosxkm/dia	634.040
Receita Potencial	M R\$ / ano	21,02
Iniquidade	%	32
Eficiência	%	94

Nota - apenas considerando a extensão dos trechos incluídos no TCP proposto (num total aproximado de 130 km)

5. Alocação de Viagens para o Ano Base - Com Pedágio

Uma vez definida a proposta de localização das praças de pedágio, o passo seguinte consiste na alocação das matrizes do ano base (2015) à rede considerando o acréscimo de impedância resultante da introdução de pedágio no Sistema BA 052.

Esta alocação constitui também um importante passo para validar a robustez do modelo, face às redistribuições de caminhos impostas no modelo por alteração das características operacionais da rede.

A própria definição do sistema de pedagiamento a adotar para este Sistema resulta de um conjunto de cenários de sensibilidade realizados, nomeadamente com alteração do número de praças de pedágio e da tarifa básica de cobrança de pedágio. Os pressupostos simulados e resultados obtidos serão analisados em maior detalhe na seção 7.

O modelo de alocação deverá assim funcionar como uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão, com vista à otimização dos resultados, ou seja, minimização dos impactos de fuga e majoração da receita.

De acordo com o novo custo generalizado resultante da introdução de pedágio, para cada uma das viagens que no cenário atual utilizam a rodovia será reavaliado o seu custo generalizado e, em função da rede de alternativas à sua disposição, será feita a opção sobre qual o melhor caminho para a sua viagem.

Da comparação entre este cenário de demanda (volume pedagiado) e aquele obtido no cenário de rede sem pedágio (volume potencial), resulta a primeira aproximação dos percentuais de fuga. Trata-se de uma primeira aferição pois, neste cenário, a única alteração de rede imposta consiste na introdução de pedágio neste trecho do Sistema, sem considerar cumulativamente outras intervenções rodoviárias que estão previstas para a área em estudo no horizonte de análise com impacto na escolha de caminhos, nomeadamente a construção da nova ponte sobre o rio São Francisco. Estes impactos serão devidamente aferidos na seção 7.4 deste relatório.

Tendo por base a rede modelada (e calibrada) para a situação atual, a cada trecho do Sistema BA 052 onde é proposta a instalação de praça de pedágio foi introduzido um custo adicional correspondente à tarifa que deverá ser cobrada a cada usuário num cenário de introdução de pedágio (conforme disposto na Tabela 14).

Procedeu-se depois à alocação das matrizes de viagens calibradas para a situação atual (leves e caminhões) a esta rede de simulação com cobrança de pedágio. A redistribuição de viagens obtida resulta da reavaliação do melhor caminho para cada usuário, em função dos novos custos de circulação impostos entre cada viagem OD.

A opção de cada usuário pelo pagamento, ou não, de pedágio resultará da combinação entre a sua disponibilidade para o pagamento de um custo adicional em face da densidade e da qualidade das alternativas (rodoviárias ou em outros modais) à sua disposição (principalmente, em termos de distância, velocidade e congestionamento).

Tal como referido na seção 3.1.2, o custo total do percurso, tal como é percebido pelo usuário que decide o caminho que vai tomar para o seu destino, é função de um conjunto de atributos considerados relevantes para a escolha da rota, nomeadamente por três parcelas: custo de operação dos veículos, custo do pedágio (quando existe) e custo do tempo de viagem.

Este conjunto de atributos, que procuram representar a impedância de cada rodovia, são transformados num único atributo de custo generalizado, correspondente ao princípio básico para a definição do melhor caminho para cada viagem alocada.

5.1. Volumes Pedagiados e Impactos de Fuga

Da comparação entre a alocação das matrizes do ano base a cada um dos cenários de rede definidos (sem e com pedágio) resulta a estimativa dos impactos de fuga por introdução de pedágio.

Os percentuais de fuga (*% fuga*) resultam assim da comparação entre os volumes de demanda obtidos em cada um dos cenários nos trechos onde está prevista a instalação de praças, resultando do cenário sem pedágio o volume potencial (V_{pot}) e do cenário com pedágio o volume pedagiado (V_{ped}).

$$\% \text{ fuga} = \frac{V_{pot} - V_{ped}}{V_{pot}}$$

O volume pedagiado e os percentuais de fuga dependem, quer do valor da tarifa básica de referência definida, quer da localização das praças de pedágio (vide seção 4.5).

De acordo com o sistema de pedágio adotado, apresenta-se na Tabela 16 o impacto global (%) da introdução de pedágio (no Sistema BA 052 e por rodovia). Os impactos apresentados resultam da consideração de um sistema de pedágio com instalação de três praças de pedágio e de acordo com os pressupostos apresentados na seção anterior, ao nível da tarifa básica e do TCP por praça.

Tabela 16 - Impacto (%) da introdução de pedágio no Sistema BA 052 - Cenário atual (2015)

	Leves	Caminhões	Total
Sistema BA 052	-7,7%	-0,7%	-6,4%
BA 052	-7,3%	-3,8%	-6,6%
BA 160	-1,8%	-0,5%	-1,3%
BA 148-432	-9,6%	11,3%	-6,5%

Registra-se que, para um **impacto global na ordem dos -6,4%**, por categoria de veículos a dimensão é distinta, mais forte para veículos leves (-7,7%) do que para caminhões (-0,7%), em grande medida resultado da oferta rodoviária alternativa a estes trechos do Sistema BA 052 e tipologia de viagens que caracteriza cada uma destas categorias de veículos.

Por outro lado, o fato de os caminhões terem associado um valor de tempo maior, faz com que a opção por itinerários alternativos não pagos (quando possível), mas mais longos, demorados, congestionados e/ou com pior nível de serviço, seja preterida a favor do Sistema BA 052 que, apesar da penalização

imposta pela tarifa de pedágio, constitui, para grande parte das viagens, o itinerário mais curto e, logo, mais rápido.

Por trecho homogêneo (Figura 19) os percentuais de fuga refletem o maior impacto nos locais onde se prevê a instalação das praças de pedágio, ou seja, no acesso a Feira de Santana, Ipirá e Irecê, com maior impacto onde o desvio pela rede alternativa é mais facilitado. É exatamente por efeito de desvio de tráfego que se registra um impacto positivo num trecho da BA 432, que neste cenário de pedágio na BA 052, passa a constituir uma alternativa à praça de pedágio instalada junto a Irecê.

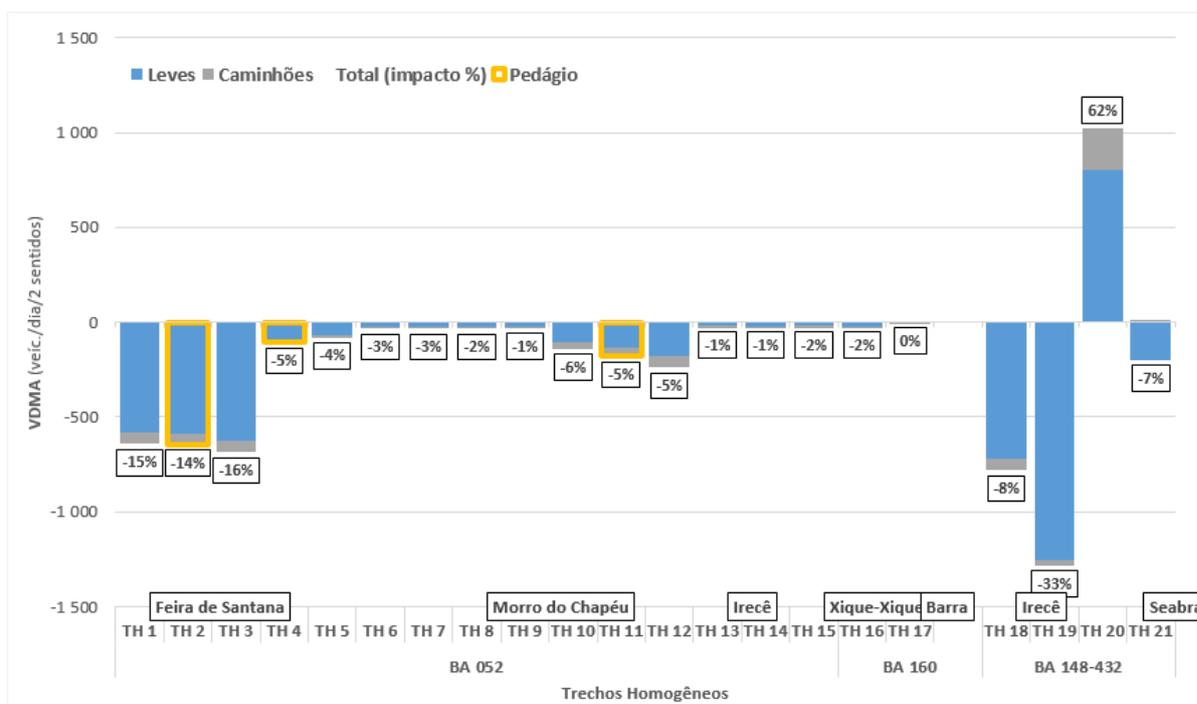


Figura 19 - Impacto (%) da introdução de pedágio no Sistema BA 052 - Cenário Atual (2015)

Para melhor representar os desvios de tráfego pela rede da área em estudo, apresenta-se na Figura 20, sob a forma de mapa, os impactos (positivos e negativos) decorrentes da introdução de pedágio no Sistema BA 052 neste cenário teórico baseado na situação atual (2015).

Da sua leitura, para além da dimensão absoluta das variações de tráfego na rodovia, permite-se também reconhecer quais as principais rotas de viagem alternativas que serão consideradas no caso de fugas ao pagamento de pedágio. Em concreto, destaca-se:

- A ligação das BR 116 e 242, de Feira de Santana a Ipirá, constituindo uma alternativa às duas praças de pedágio instaladas nos trechos homogêneos 2 e 4, junto a Feira de Santana e Ipirá, respectivamente; e
- A própria BA 432, como alternativa à ligação da BA 142 no acesso à BA 052, constituindo uma alternativa à praça de pedágio instalada no trecho homogêneo 11, junto a Irecê.

À semelhança de outras concessões, no caso concreto do Sistema BA 052 as fugas identificadas são majoritariamente locais, ou seja, desvios de trajeto pontuais aos trechos onde se encontram instaladas as praças de pedágio. As fugas por redistribuição de viagens de média-longa distância para corredores alternativos são quase inexistentes, em resultado da ausência de alternativas de qualidade e/ou competitivas com o corredor da BA 052.

Mesmo as fugas locais não têm uma expressão muito relevante, na medida em que a oferta rodoviária alternativa de caráter mais local se caracteriza pelo mau estado do pavimento e/ou por impor acréscimos significativos de distância percorrida, o que se traduz em relevantes incrementos de impedância.

Recorde-se que estes impactos apenas consideram a introdução de pedágio no Sistema BA 052, sem imposição de qualquer outra alteração no sistema rodoviário da área em estudo (incluindo, entre outras intervenções na rede envolvente, a construção da nova ponte sobre o rio São Francisco, com pedágio).

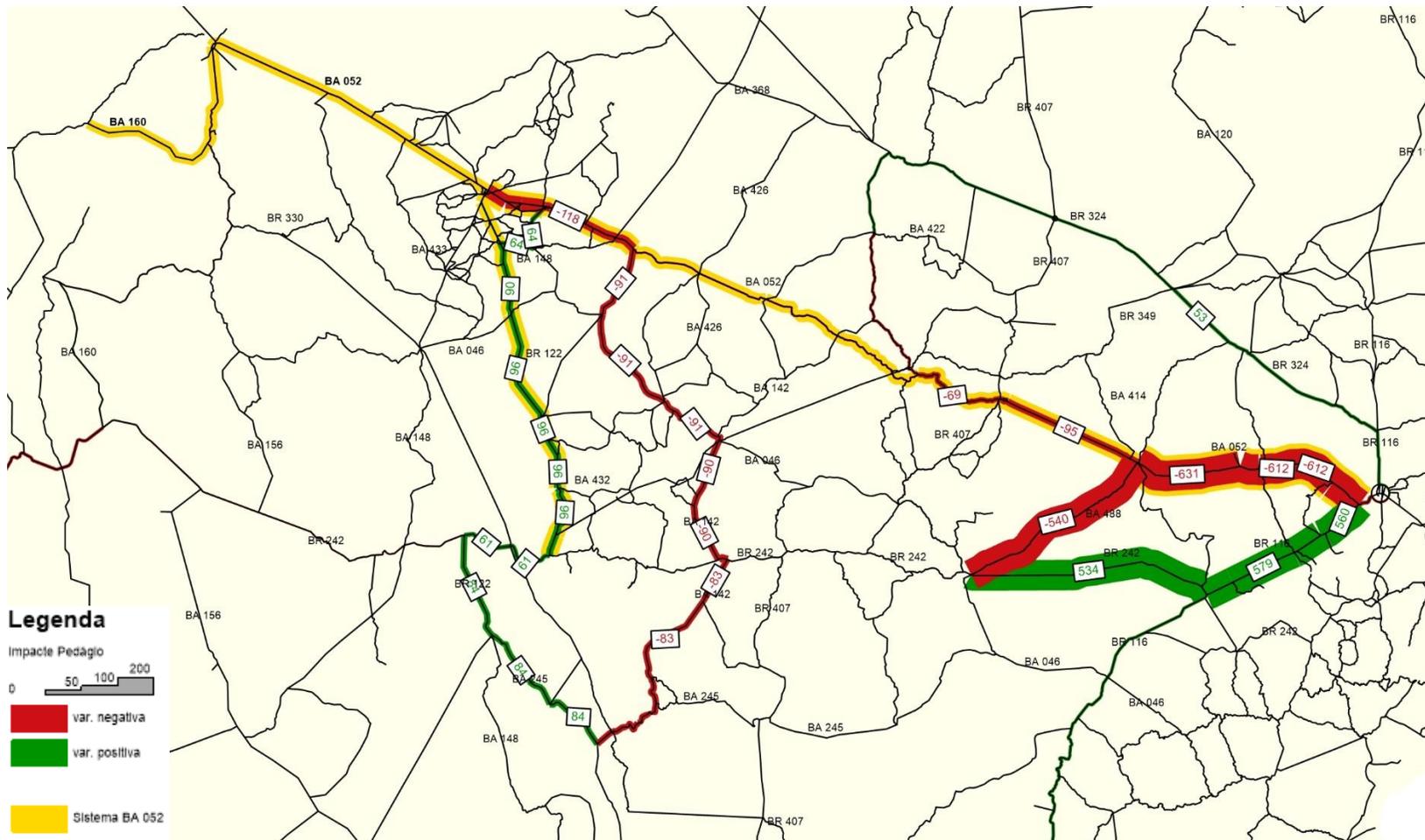


Figura 20 - Impacto da introdução de pedágio no Sistema BA 052 - VDMA total de motorizados (situação atual)

Nota: Representação gráfica das variações de demanda obtidas por comparação entre os cenários de alocação “Com pedágio” vs. “Sem pedágio”. A dimensão das barras é proporcional ao valor absoluto do impacto. A cor verde encontram-se representados os impactos positivos (ganhos de demanda) e a cor vermelho os impactos negativos (perdas de demanda).

6. Modelo de Previsão

6.1. Introdução Metodológica

Nesta seção apresenta-se a metodologia e os resultados do modelo de previsão de tráfego desenvolvido com o objetivo de determinar a evolução da demanda de tráfego no Sistema BA 052 ao longo do horizonte de análise (2016 - 2047).

Uma vez que este tipo de modelo se baseia, essencialmente, na análise e projeção de séries estatísticas, foi necessário escolher o nível de desagregação da informação que lhe servirá de suporte.

Séries estatísticas geograficamente mais desagregadas fornecem informação mais detalhada, mas ao mesmo tempo é menos frequente a disponibilização de dados estatísticos com níveis de desagregação muito finos.

Adicionalmente, em modelos de previsão muito desagregados, cada uma das unidades de análise acaba por ter pouco peso específico na variação global das variáveis em análise, fazendo com que o modelo seja mais suscetível a variações específicas, não orgânicas, de determinada variável.

Assim, optou-se por desenvolver um modelo de previsão desagregado ao nível da Unidade Federal (UF) e da microrregião (dentro do Estado da Bahia), para os quais existem séries estatísticas e, simultaneamente, fornecem um nível de detalhe suficiente para distinguir padrões comportamentais entre os Estados do País e as Microrregiões que integram o Estado da Bahia.



Figura 21 - Microrregiões no Estado da Bahia

Como referido, dentro da UF da Bahia desenvolveu-se um modelo desagregado à microrregião, tendo inicialmente sido avaliado um modelo à escala do

município. Essa abordagem inicial não se revelou adequada, uma vez que os resultados obtidos destes modelos não se revelaram estatisticamente significativos. A principal razão está relacionada com o fato das variáveis analisadas a esta escala (município) apresentarem uma tendência de evolução bastante volátil, não sendo possível detectar padrões ou tendências, nem ao longo do tempo, nem entre variáveis.

A agregação das variáveis à escala da microrregião permitiu ultrapassar esta fragilidade, ou seja, sendo possível reconhecer padrões na evolução e na relação entre as variáveis e construir modelos com bons resultados estatísticos.

Apresenta-se de seguida alguns resultados e dados estatísticos relevantes, com especial enfoque para aqueles relativos à UF da Bahia e para as microrregiões atravessadas pelo sistema rodoviário em análise, nomeadamente Feira de Santana, Itaberaba, Jacobina, Irecê e Barra.

Esta seção será dividida de acordo com os principais passos metodológicos necessários à implementação do modelo de previsão, a saber:

- Coleta de informação;
- Escolha de variáveis;
- Previsão de variáveis; e
- Resultados.

6.2. Coleta de Informação

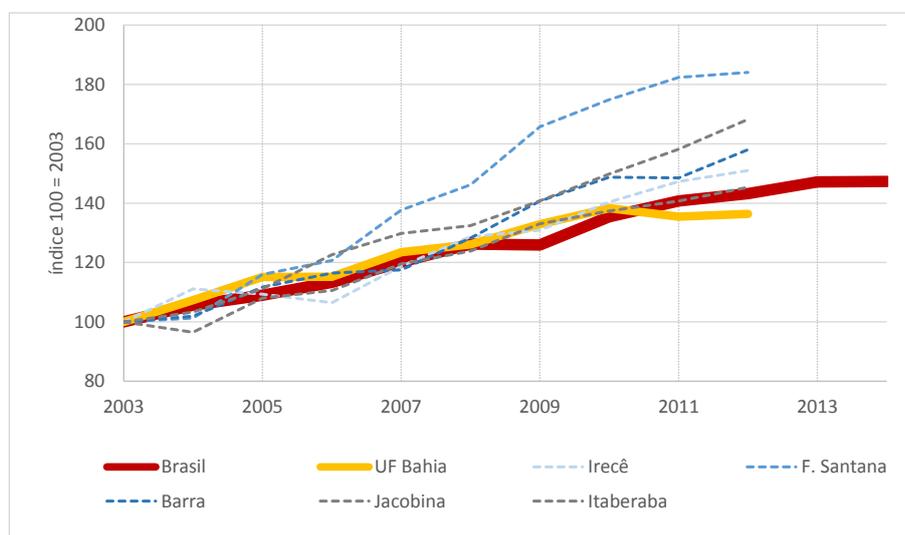
Como base de análise considerou-se a coleta de informação para as seguintes variáveis:

- PIB;
- População;
- Volume de Venda de Combustíveis; e
- Frota de Automóvel.

6.2.1. PIB

Levantaram-se, junto do IBGE, dados históricos do PIB, para o Brasil, desagregados por UF e por microrregião dentro da UF da Bahia. Esta informação está disponível por UF e microrregião até 2012. A informação sobre o PIB nacional está disponível até 2014.

Os valores históricos de PIB nacional foram recolhidos a preços constantes de 1995, com coleta da série histórica desde 1996. O PIB da UF foi calculado com base no PIB nacional, tendo presente a participação de cada UF no PIB nacional desde o ano 2000, informação esta disponibilizada pelo IBGE. O PIB da microrregião foi calculado tendo por base o PIB ao município, também disponibilizado pelo IBGE, com dados a partir de 2003.



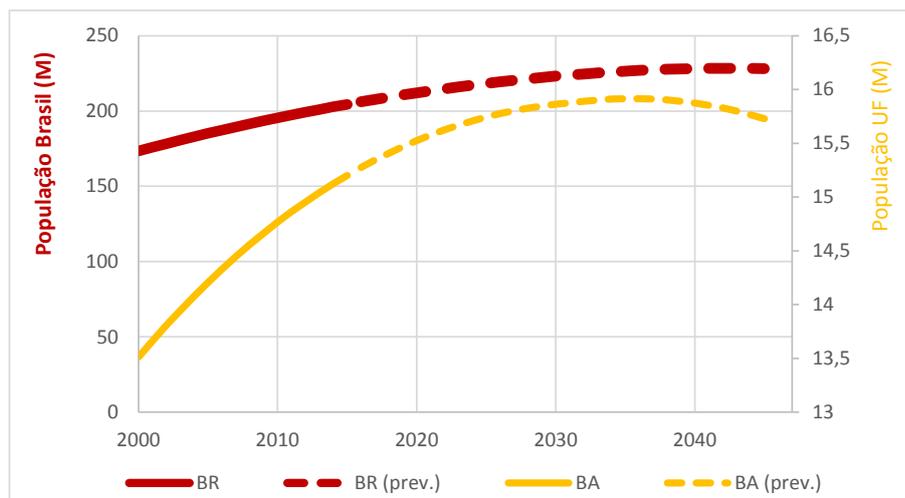
Fonte: IBGE

Figura 22 - Evolução do PIB do Brasil (2003-2014), Bahia e microrregiões da AID (2003 - 2012) - índice 100 = 2003

6.2.2. População

Foram recolhidas, junto do IBGE, séries da população para o Brasil e UF. Para além de informação histórica (desde 2000), o IBGE disponibiliza também séries de previsão da evolução populacional, para o Brasil (até 2060) e para as UF (até 2030).

No gráfico abaixo apresentam-se os resultados para estas séries populacionais, desde 2000 e até ao ano horizonte de projeto (2047).



Nota: a população do Brasil deve ser lida no eixo vertical da esquerda, enquanto a população da UF deve ser lida no eixo vertical da direita.

Fonte: IBGE

Figura 23 - Evolução da população do Brasil e UF da Bahia (2000 - 2047)

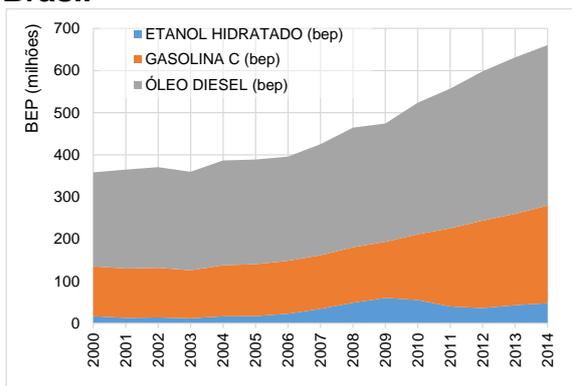
6.2.3. Volume de venda de combustível

Por ser um bom descritor da mobilidade rodoviária, coletou-se junto da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) dados relativos à venda de combustíveis, no Brasil, por UF e município, entre 2000 e 2014.

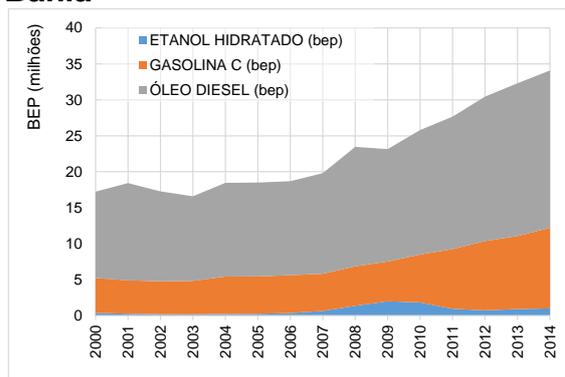
As séries obtidas são relativas a gasolina C, etanol hidratado e óleo diesel. Uma vez que a venda de combustíveis líquidos é normalmente registrada em volume (ou peso), é necessário proceder a uma compatibilização energética entre os diferentes tipos de combustíveis vendidos, baseado na conversão para Barril Equivalente de Petróleo (BEP), que é uma unidade internacionalmente aceita na padronização da medição de energia. Esta unidade permite tornar comparáveis diferentes combustíveis, uma vez que uniformiza o seu valor energético.

Nos gráficos seguintes apresentam-se os resultados desta coleta:

Brasil



Bahia

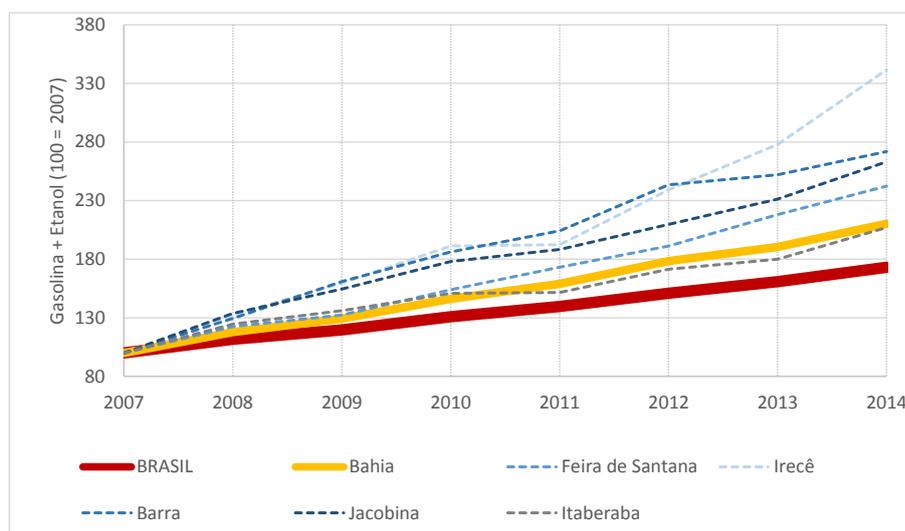


Fonte: ANP (adaptado)

Figura 24 – Volume de venda de combustíveis (BEP) - Brasil e UF da Bahia

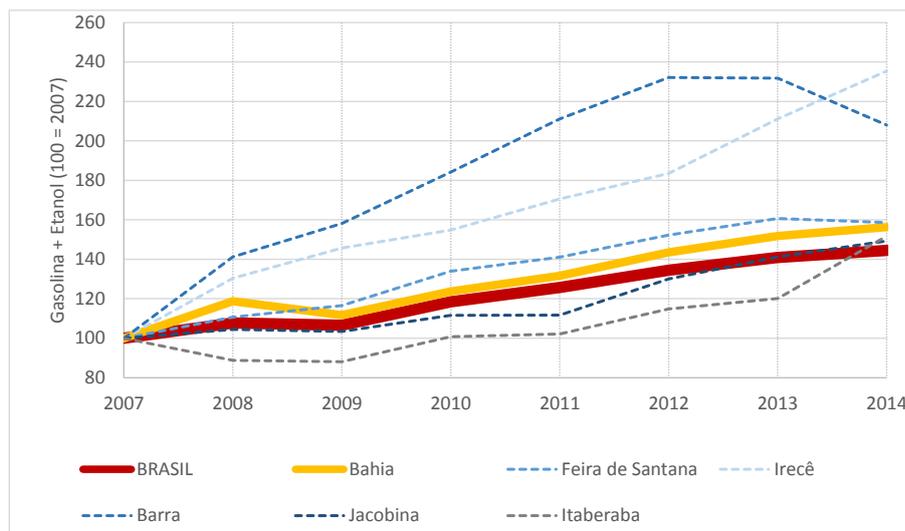
Uma vez que cada tipo de combustíveis é utilizado, essencialmente, por um tipo de veículos (gasolina e etanol para automóveis, e diesel para caminhões), agregando os volumes de venda para cada unidade geográfica de análise (Brasil, UF e microrregiões), foi possível chegar a séries da evolução da venda de combustíveis separadas por categoria de veículos (leves e caminhões).

Nos gráficos seguintes apresenta-se os resultados desta análise evolutiva, considerando o ano 2007 (limitado pela informação histórica disponível às microrregiões) como base 100:



Fonte: ANP (adaptado)

Figura 25 - Volume de venda de combustíveis de veículos leves - Brasil, UF da Bahia e microrregiões da AID (2007 - 2014) - índice 100 = 2007



Fonte: ANP (adaptado)

Figura 26 - Volume de venda de combustíveis de caminhões - Brasil, UF da Bahia e microrregiões da AID (2007 - 2014) - índice 100 = 2007

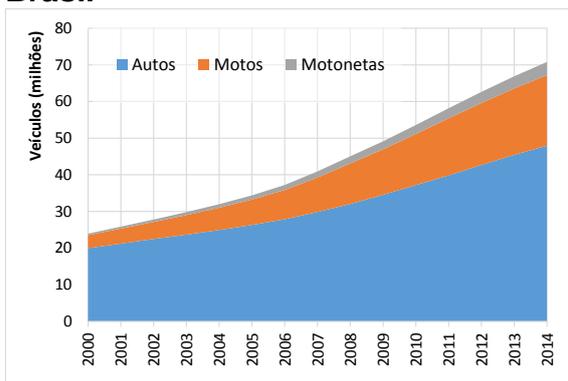
6.2.4. Frota de automóvel

A evolução da frota de automóveis (e em particular da taxa de motorização) é usualmente considerada um *driver* da evolução da demanda rodoviária, e por isso foi analisado o parque brasileiro de veículos, tanto ao nível nacional, como ao nível das UF.

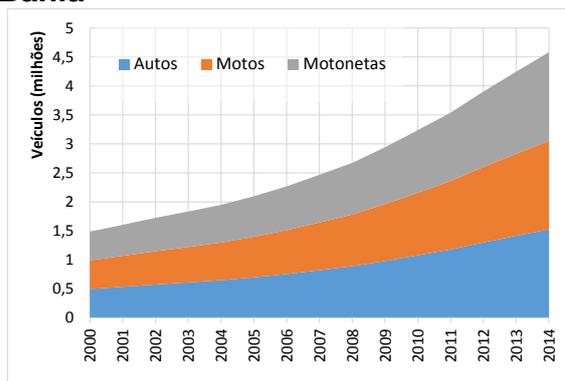
Uma vez que este indicador é especialmente relevante para a mobilidade de veículos privados (caminhões são mais influenciados por *drivers* de natureza econômica), esta análise focou-se na categoria de veículos leves, nomeadamente automóveis, motos e motonetas.

Esta coleta de dados foi feita junto do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN). Os resultados do número de veículos de cada uma destas categorias, para o Brasil e UF relevantes são apresentados nos seguintes gráficos:

Brasil



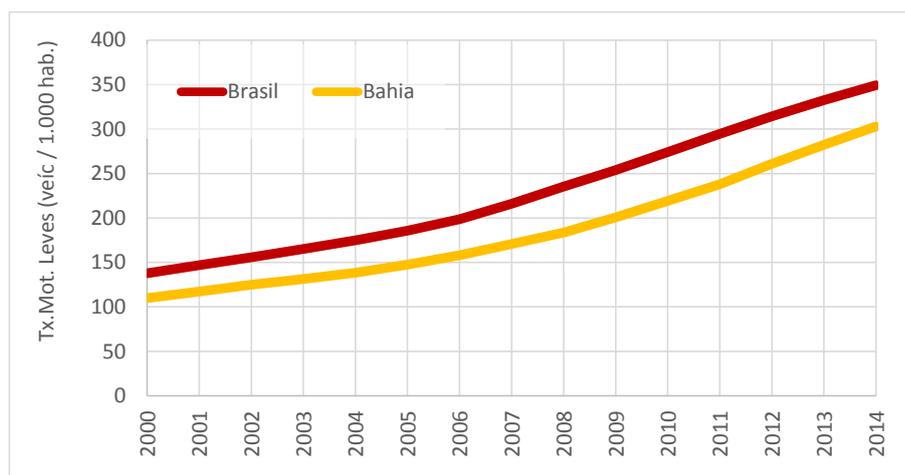
Bahia



Fonte: DENATRAN (adaptado)

Figura 27 - Frota de veículos leves - Brasil e UF da Bahia

Adicionalmente, cruzando esta informação com as séries históricas da população foi calculada a evolução da taxa de motorização de veículos leves, para o Brasil e para a Bahia, em número de veículos por 1.000 habitantes:



Fonte: DENATRAN e IBGE (adaptado)

Figura 28 - Taxa de motorização - Brasil e UF da Bahia

6.3. Definição do Modelo

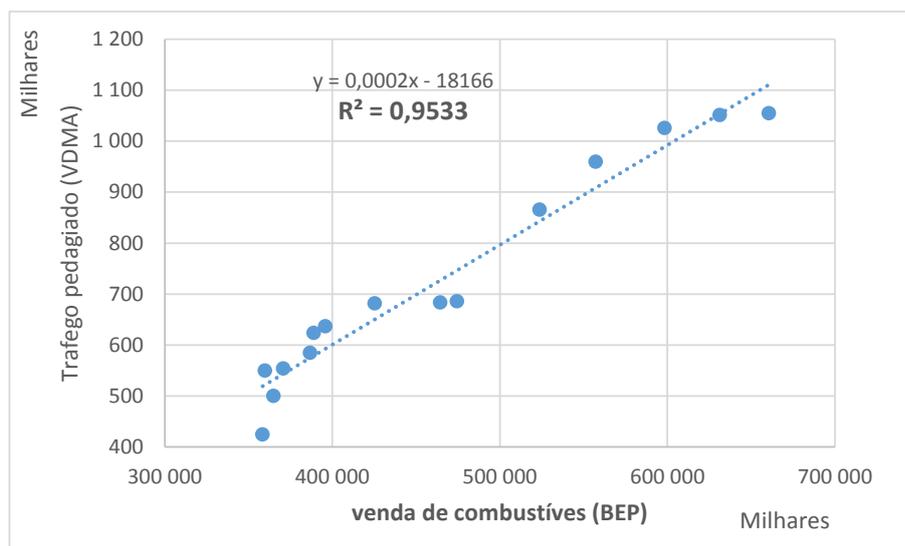
6.3.1. Escolha de variáveis

Após efetuar a coleta de dados apresentada na seção anterior, procedeu-se à definição do tipo de modelo a utilizar e das variáveis estatísticas a considerar.

A **variável dependente** do modelo de regressão implementado é a variação anual de tráfego rodoviário no território nacional. Para a sua análise histórica, e por indisponibilidade de séries estatísticas com a evolução da demanda rodoviária a nível nacional, foi necessário identificar uma série estatística (alternativa) que replique, o mais fielmente possível, esta variação.

Nesse sentido, foi utilizada a variação do volume de venda de combustíveis rodoviários (em BEP), tradicionalmente adotada neste tipo de estudos como o melhor *proxy* da variação da demanda rodoviária. Desta forma, assume-se que a variação anual do volume (de venda) agregado de etanol e gasolina, por um lado, e de óleo diesel, por outro, em determinada UF ou microrregião (conforme a unidade geográfica em análise), representam a variação da demanda rodoviária de veículos leves e de caminhões, respectivamente.

Como forma de validar (e demonstrar) esta forte interdependência entre a evolução da demanda rodoviária e a evolução do volume de venda de combustíveis (exclusivamente) rodoviários, apresenta-se na figura abaixo a correlação obtida tendo por referência a evolução do tráfego pedagiado no Brasil (para o qual existe informação histórica disponível de 2000 a 2014):



Fonte: ABCR e ANP (adaptado)

Figura 29 - Correlação entre o volume de venda de combustíveis (BEP) e a demanda de tráfego nas concessões com pedágio, Brasil (2000 - 2014)

De seguida, estas séries históricas do volume de venda de combustíveis (variável dependente) foram cruzadas com as séries históricas recolhidas para as restantes variáveis, em regressões log-log, simples e multivariadas, para determinar qual, ou quais, as variáveis que melhor se ajustam na tentativa de explicar a variação histórica da demanda rodoviária (variáveis explicativas).

Em cada modelo de regressão testado foram avaliados critérios relativos ao seu ajustamento à variável a explicar, mas também à razoabilidade das elasticidades resultantes. Foi dado especial relevo aos resultados obtidos nos modelos globais, a nível nacional, mas também aos resultados obtidos nos modelos à escala da UF da Bahia e de cada uma das microrregiões que a compõem.

As **variáveis explicativas** usualmente consideradas em modelos de previsão da demanda rodoviária são aquelas cuja evolução apresenta, no passado, maior correlação com a evolução do tráfego.

De entre as variáveis testadas (PIB, PIB per capita, Taxa de Motorização e População), de forma cruzada e independente para veículos leves e caminhões, a variável explicativa que revelou um melhor ajustamento e elasticidades mais consentâneas com o esperado neste tipo de modelos foi o PIB, para ambas as categorias de veículos.

Da análise histórica à evolução diferencial da variável explicativa (PIB), em paralelo com a evolução diferencial da variável explicada (volume de tráfego rodoviário, representado pelo volume da venda de combustíveis - BEP), foi ajustada uma regressão log-log a partir da qual se estimaram as elasticidades para o Brasil, UF e cada microrregião da Bahia, considerando de forma independente cada uma das categorias de veículos consideradas (leves e caminhões).

O modelo que melhor apresentou um melhor ajustamento é descrito pela seguinte expressão:

$$\ln(vendas) = \beta_0 + \beta_1 \ln(PIB)$$

Em que:

β_0 - constante do modelo

β_1 - elasticidade do volume de vendas de combustível ao PIB

6.3.2. Resultados

Na determinação das elasticidades para as UF testou-se a relação entre o volume de venda de combustível da própria UF e o PIB dessa mesma UF e do PIB nacional, tendo sido adotado o modelo que alcançou melhores resultados. No caso das microrregiões da Bahia, foi testada a relação entre o volume de venda de combustível e o PIB da própria microrregião, o PIB da Bahia e ainda com o PIB nacional.

Apresentam-se de seguida os principais resultados desta análise de regressão, a título de exemplo, para o Brasil, UF da Bahia e microrregiões atravessadas pelo Sistema BA 052 (Feira de Santana, Irecê, Barra, Jacobina e Itaberaba). Nestes gráficos apresenta-se o ajustamento observado nos modelos log-log, tanto para veículos leves como para caminhões.

No **Anexo 1** podem ser consultados em detalhe os resultados dos modelos de regressão aplicados a cada uma das UF e restantes microrregiões da Bahia.

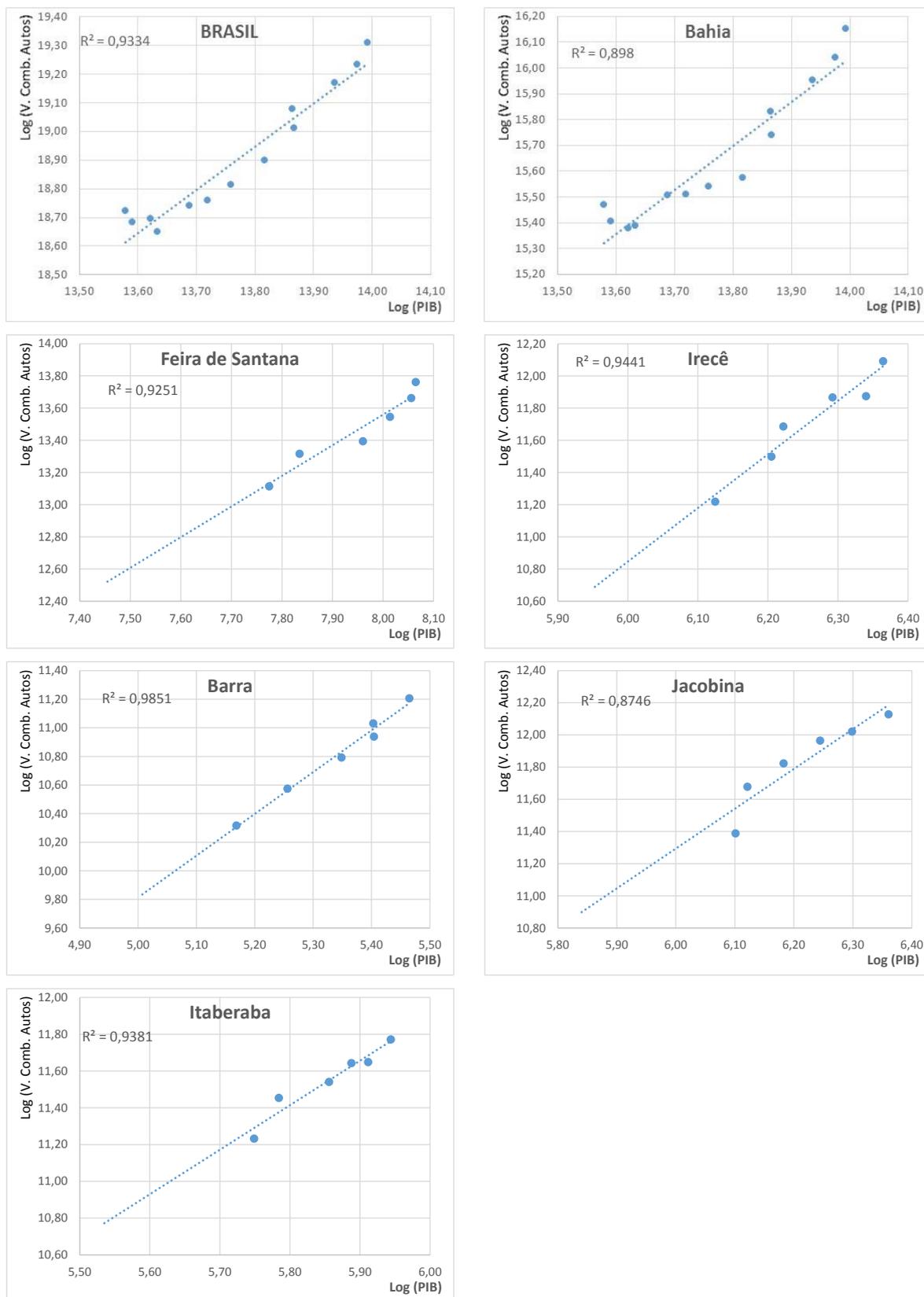


Figura 30 - Ajustamento log-log: Volume de venda de combustível vs. PIB - Veículos Leves

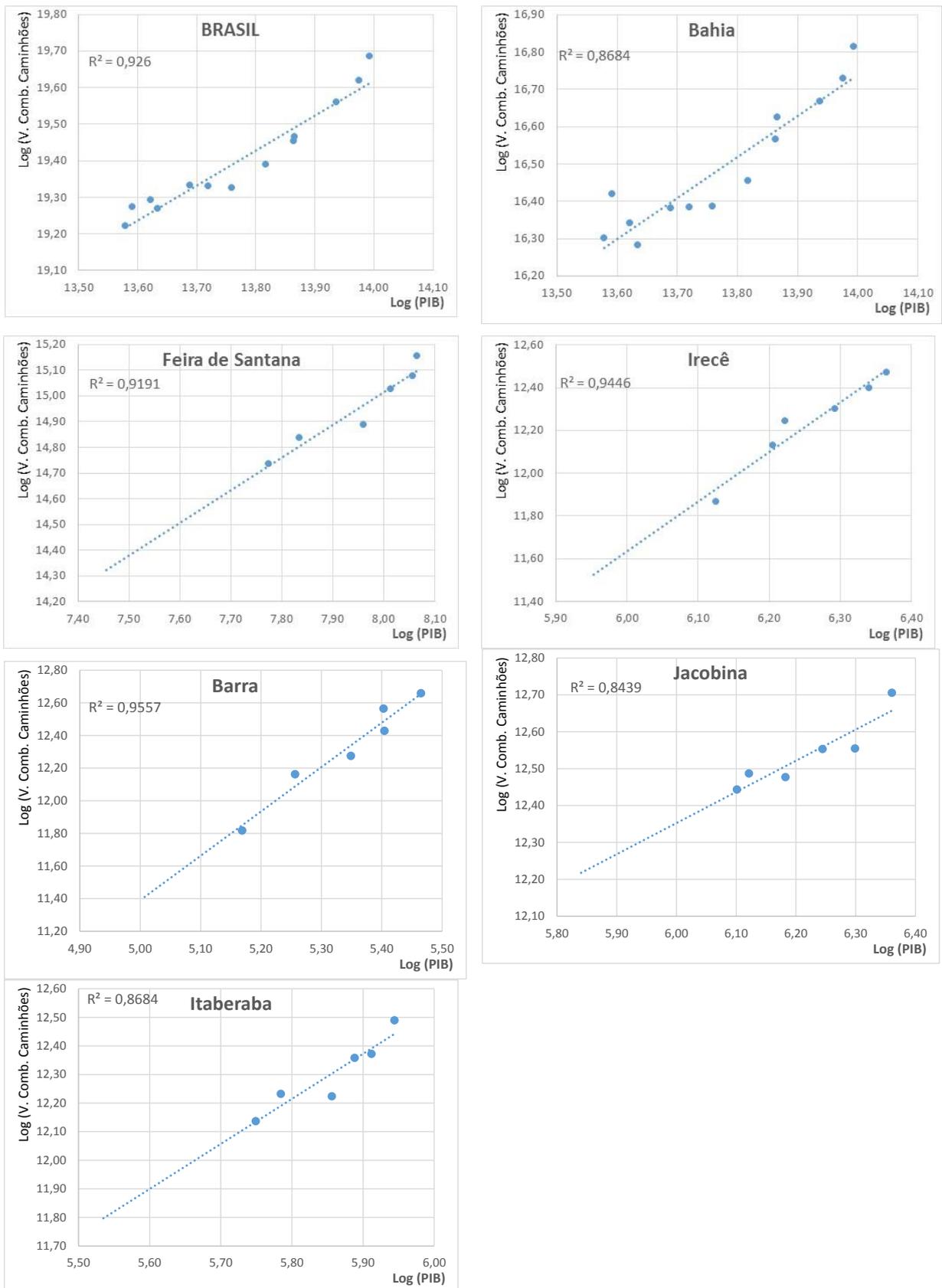


Figura 31 - Ajustamento log-log – Volume de venda de combustível vs. PIB - Caminhões

De acordo com os modelos de regressão acima apresentados, a variação do volume de venda de combustível (e, por conseguinte, da demanda rodoviária) deverá apresentar a seguinte elasticidade face à variação do PIB:

Tabela 17- Elasticidades PIB vs. Tráfego

	Leves		Caminhões	
	Elasticidade	R ²	Elasticidade	R ²
BRASIL	1,51	0,93	0,95	0,93
Bahia	1,70	0,90	1,10	0,87
Feira de Santana	1,90	0,93	1,27	0,92
Irecê	3,33	0,94	2,32	0,94
Barra	2,92	0,99	2,72	0,96
Jacobina	2,47	0,87	0,85	0,84
Itaberaba	2,42	0,94	1,06	-

Com base nas elasticidades obtidas, para cada uma das unidades geográficas consideradas, fica estabelecido o comportamento padrão que é esperado que o tráfego siga, organicamente (i.e., sem efeitos de fatores externos), face a cenários macroeconômicos futuros.

Para avaliar o bom ajustamento dos modelos produzidos, comparou-se a série histórica observada do volume de venda de combustíveis, para veículos leves e caminhões, com aquela que estimada a partir dos modelos de previsão construídos, obtendo-se os seguintes resultados:

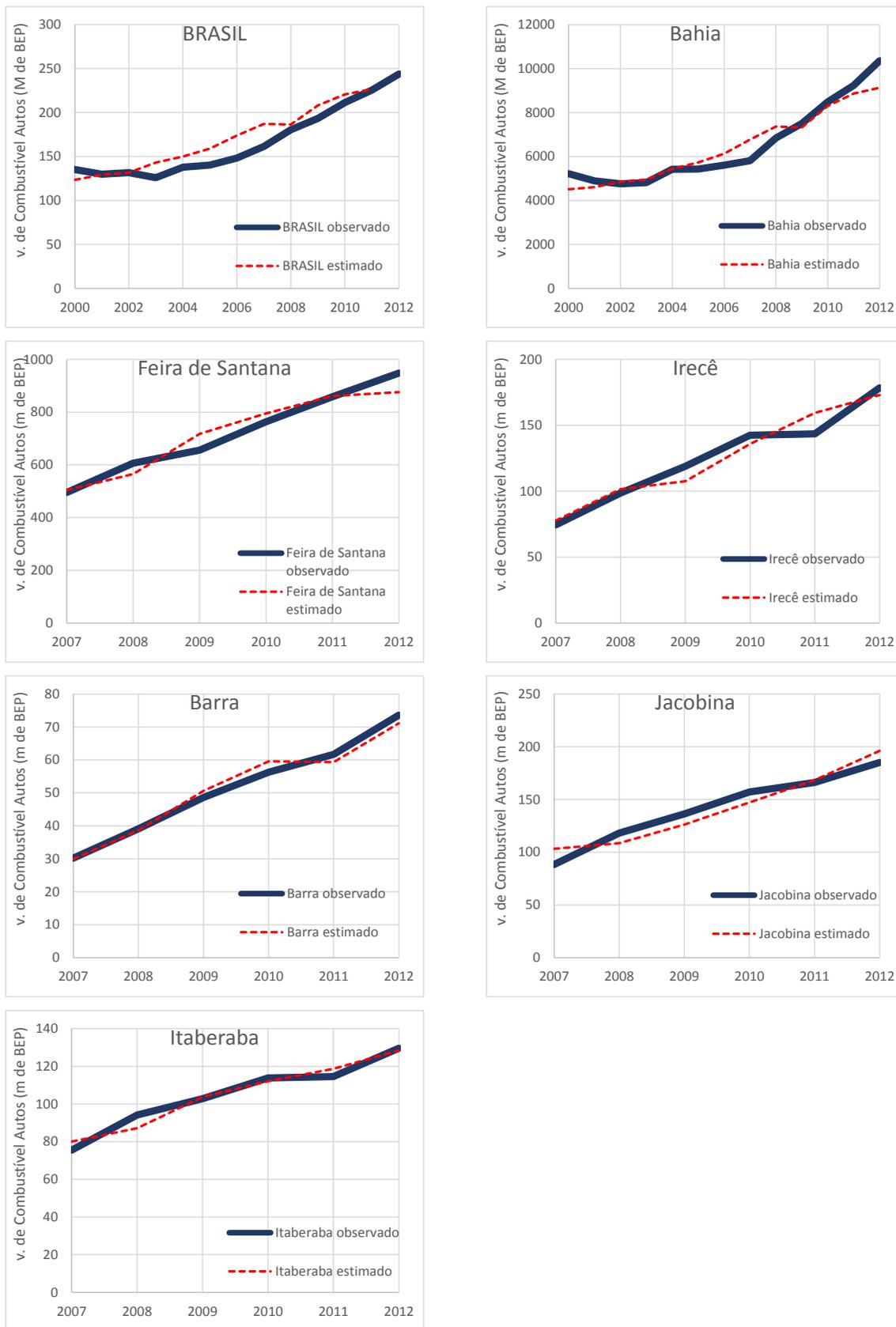


Figura 32 – Volume de venda de combustíveis observada vs. modelada – veículos leves

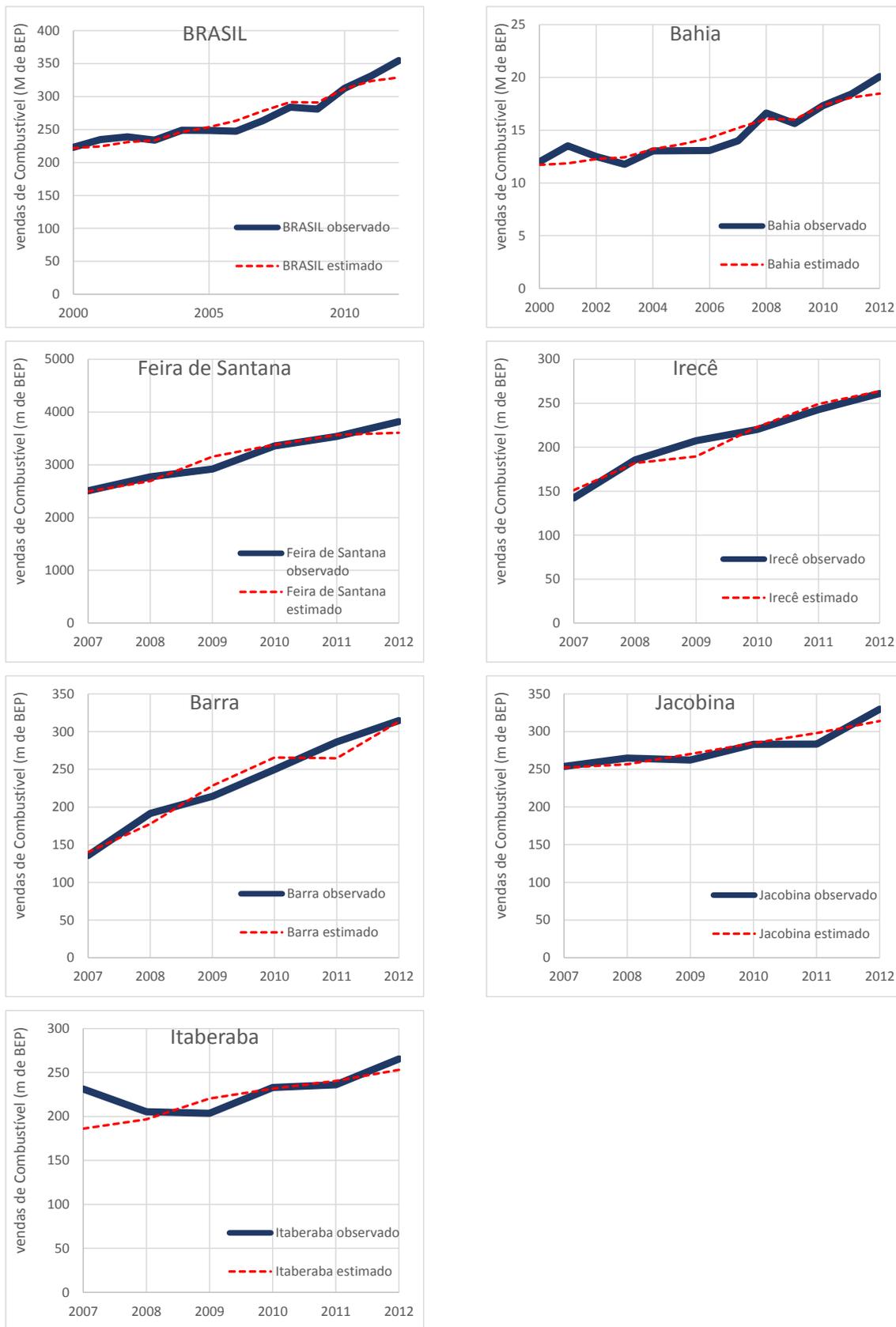


Figura 33 – Volume de venda de combustíveis observada vs. modelada – caminhões

6.4. Previsão das Variáveis

6.4.1. Introdução

Assumindo como premissa destes modelos que a evolução da demanda rodoviária estará em relação com a evolução do PIB, a primeira etapa para a construção do modelo de previsão é estimar a evolução desta variável explicativa (PIB) ao longo do horizonte de análise (até 2047).

Nesta seção é apresentado, numa primeira parte, o método utilizado para estimar a evolução do PIB (às diferentes escalas consideradas) e, numa segunda parte, o método adotado para estimar a evolução da demanda rodoviária, a partir das séries de previsão obtidas para o PIB.

6.4.2. PIB

6.4.2.1. Brasil

A previsão de crescimento do PIB para o Brasil considera as seguintes fontes:

- Banco Central do Brasil, relatório FOCUS, até 2017;
- Banco Mundial, para 2018; e
- FMI, de 2019 a 2020.

A partir de 2021, as fontes oficiais não apresentam estimativas, tendo sido adotado um valor de crescimento anual constante, igual ao previsto pelo FMI para o último ano de previsão apresentado (2020).

Tabela 18- Estimativa de evolução do PIB do Brasil (taxa de variação anual)

Ano	Varição anual PIB (%)	Fonte
2016	-3,0%	Focus
2017	0,9%	Focus
2018	1,5%	Banco Mundial
2019 a 2020	2,5%	FMI
2021 a 2045	2,5%	-

Fonte: Banco Central do Brasil, Banco Mundial e Fundo Monetário Internacional (FMI)

6.4.2.2. UF e Microrregião

Uma vez que o PIB estadual serve como *input* para os modelos de previsão da demanda rodoviária de veículos leves e caminhões, estimou-se, com base no PIB nacional, a evolução do PIB de cada uma das UF do Brasil.

Para este efeito, foram utilizados dois métodos de previsão. Em qualquer um deles, garantiu-se coerência entre a soma dos resultados do PIB de todas as UF com o PIB global do Brasil, estimado com base na metodologia descrita na seção anterior.

Método 1 - Elasticidade entre PIB nacional e PIB da UF

Neste método, foi ajustada uma regressão log-log para explicar a variação do PIB de cada UF a partir da variação do PIB nacional.

A partir destas regressões foi determinada a elasticidade histórica entre estas duas variáveis, tendo-se aplicado esta elasticidade à evolução do PIB nacional de modo a determinar a evolução esperada do PIB em cada Estado.

Impôs-se uma aproximação tendencial das elasticidades dos PIB estaduais a 1 no ano horizonte de projeto (2047).

Método 2 - PIB per capita

O segundo método implementado para estimação da evolução futura do PIB das UF teve em consideração a evolução do PIB per capita de cada UF e a correspondente previsão da sua evolução (e não diretamente do PIB).

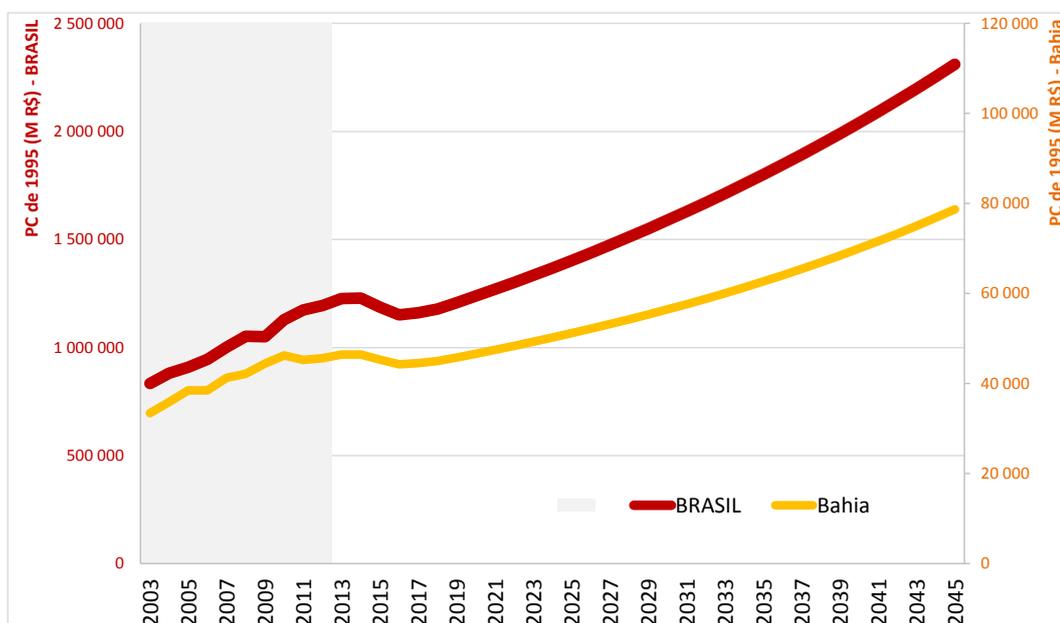
O PIB per capita foi estimado tendo em consideração a evolução histórica observada a nível nacional e a comparação desta evolução com a série histórica observada do PIB per capita de cada UF.

A partir desta relação entre crescimentos, foi projetada a evolução do PIB per capita de cada UF, tendo em consideração que o mesmo não deverá crescer indefinidamente, mas antes a tendência a longo prazo será de uniformização das taxas de crescimento entre UF.

Resultados agregados

No final da implementação dos dois métodos de previsão do PIB por UF acima descritos, e tendo-se verificado uma grande aderência em ambos os casos, em especial para o caso da Bahia, calculou-se uma média entre os resultados dos dois métodos, obtendo-se assim a previsão final adotada neste estudo para o PIB de cada UF.

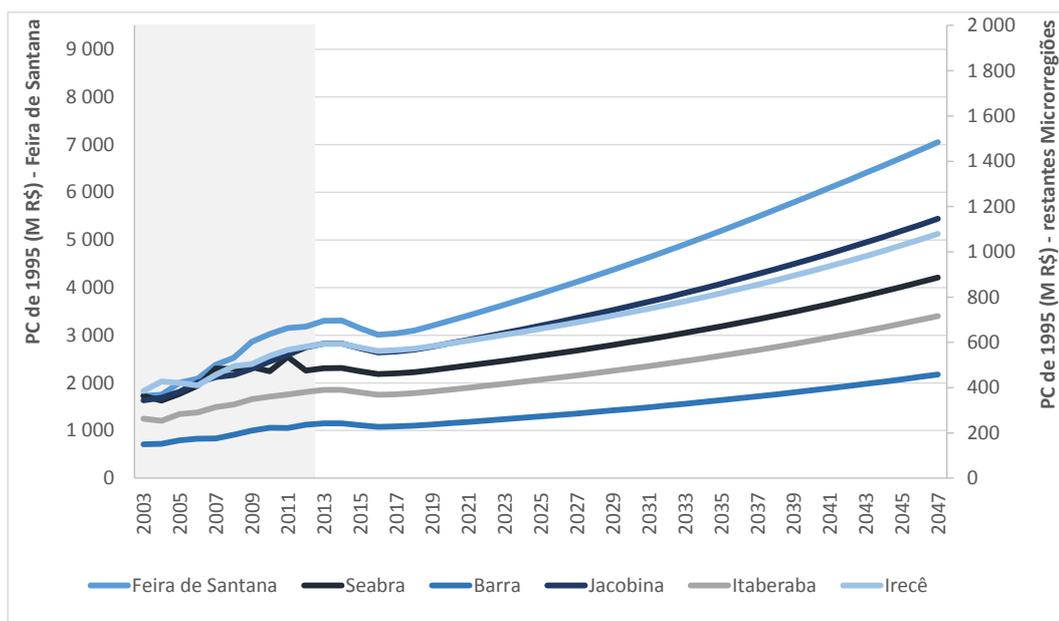
Nos gráficos seguintes apresenta-se, a título de exemplo, os resultados finais para as estimativas do PIB do Brasil, da Bahia (Figura 34) e das microrregiões da AID (Figura 35).



Fonte: Banco Central do Brasil, Banco Mundial e FMI para a previsão do Brasil

Nota: o PIB do Brasil deve ser lido no eixo vertical da esquerda, enquanto o da Bahia deve ser lido no eixo vertical da direita. Valores observados marcados sob fundo cinzento

Figura 34 - Evolução histórica e previsão do PIB do Brasil e da Bahia (2003-2047)



Nota: o PIB de Feira de Santana deve ser lido no eixo vertical da esquerda, enquanto o das restantes microrregiões deve ser lido no eixo vertical da direita. Valores observados marcados sob fundo cinzento

Fonte: IBGE até 2012; previsão VETEC/TIS a partir de 2013

Figura 35 - Evolução histórica e previsão do PIB para as microrregiões da Bahia na AID do Sistema BA 052 (2003-2047)

No **Anexo 2** são apresentados os resultados dos modelos de previsão do PIB para todas as UF do Brasil e microrregiões da Bahia.

6.5. Tráfego induzido

Para a previsão da demanda de tráfego considerou-se que o crescimento do tráfego resulta da conjugação de três fatores principais:

- Tendência central de crescimento de tráfego, resultante dos aumentos da mobilidade e da motorização - conforme metodologia apresentada nas seções anteriores;
- Tráfego desviado, que atualmente circula noutras rodovias e que, após as alterações previstas para a rede rodoviária da área em estudo, irá optar por diferentes percursos - o seu cálculo resulta das alocações das matrizes OD à rede modelada; e

- Tráfego gerado e induzido, resultante do aumento de acessibilidade da região e das transformações no tecido socioeconômico que daí decorrem.

A materialização de uma nova infraestrutura rodoviária tem consequências, diretas e indiretas, distribuídas ao longo do tempo, sobre o sistema de transportes e a socioeconomia da região beneficiada por essa construção. Neste entendimento, há que considerar uma componente de tráfego induzido resultante do aumento da mobilidade e da diminuição do custo generalizado do transporte originado pelas alterações ao sistema viário da área em estudo.

No caso concreto deste estudo, decorrente da construção da nova ponte sobre o rio São Francisco, estimam-se impactos no sistema de transportes e na vida econômica da região, que se deverão traduzir em uma geração adicional de viagens no Sistema BA 052.

Para o cálculo desta componente de tráfego induzido, utilizou-se uma metodologia correntemente aceita em estudos similares ao presente objeto, que tem por base a seguinte expressão:

$$\text{Trafego Induzido} = \left(\frac{L}{50}\right) * \left[\left(\frac{d_0}{d}\right)^{\frac{2}{3}} - 1\right]$$

em que:

L é a extensão do novo percurso em quilômetros

d_0 o custo generalizado da deslocação pelo percurso existente

d esse mesmo custo, mas pelo novo percurso.

Deste modo, foram calculadas as porcentagens de tráfego induzido partindo do pressuposto de que o custo generalizado da deslocação em um determinado cenário (i) é dado por:

$$d_i = T_i * C_t + L_i * C_c$$

em que:

d_i custo generalizado pelo novo percurso

T_i o tempo de deslocação (em min.)

C_t o custo do tempo (em R\$/min.)

L_i a extensão do trecho (em km)

C_c o custo do combustível (em R\$/km).

Este cálculo foi realizado para cada par OD considerado no modelo de alocação e separadamente para as categorias de veículos leves e caminhões.

O fenômeno de indução de tráfego não ocorre, normalmente, imediatamente após a entrada em operação da nova infraestrutura e/ou das melhorias operacionais previstas, uma vez que a percepção da redução do custo generalizado, por parte dos usuários, vai ocorrendo de forma progressiva ao longo do tempo.

De acordo com as recomendações de boas práticas, as porcentagens calculadas com base na expressão anteriormente apresentada foram aplicadas de forma gradual a partir do primeiro ano de entrada ao serviço da nova ponte (2021) e ao longo dos três primeiros anos de funcionamento.

Na Figura 36 é possível verificar a dimensão do impacto desta componente de tráfego induzido no volume médio captado no Sistema BA 052, por trecho homogêneo (valores médios para o período de análise).

Pela maior proximidade da ponte, os impactos mais expressivos registram-se nos trechos da BA 160, com incrementos médios da demanda na ordem dos 200 veículos/dia nos dois sentidos. Nos restantes trechos do Sistema o impacto é bastante reduzido ou mesmo inexpressivo.

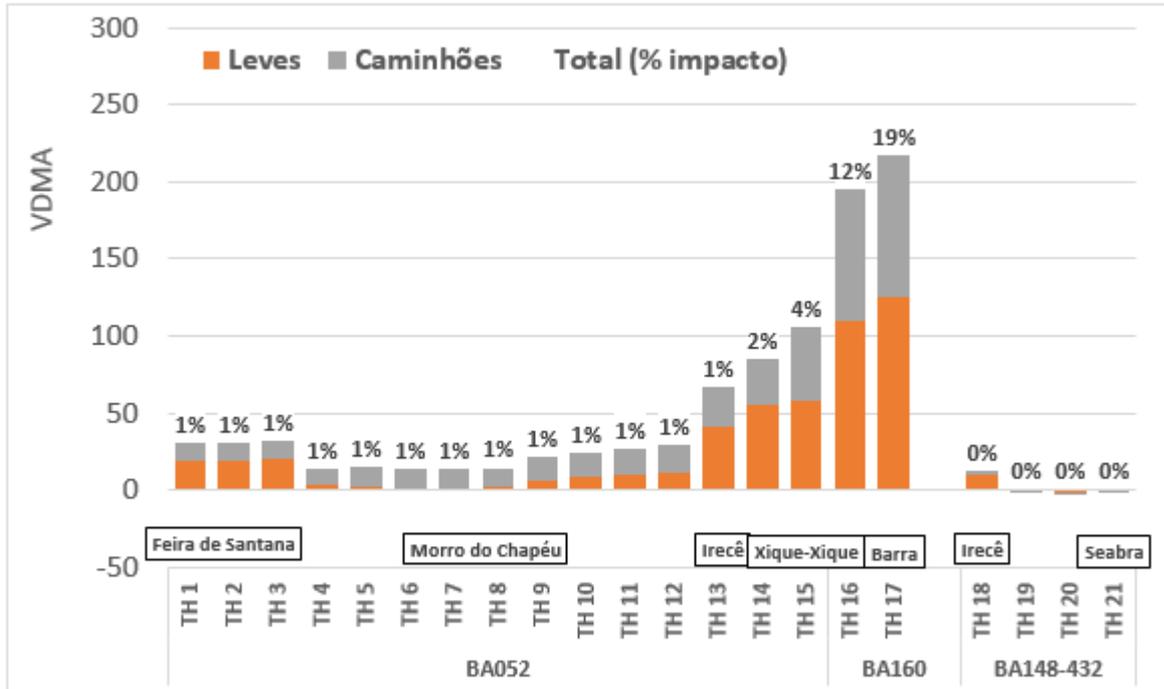


Figura 36 - Impacto do tráfego induzido, por trecho homogêneo - valores médios para o período 2017 a 2047

7. Modelagem da Situação Futura. Projeções de Demanda

Nesta seção do relatório são apresentados os fluxos de tráfego estimados para o Sistema BA 052, de acordo com os pressupostos de evolução macroeconômica e diferentes cenários de desenvolvimento rodoviário previstos para a área em estudo no curto, médio e longo prazo.

Para a determinação da demanda de tráfego futura foi utilizado o programa informático de modelagem e gestão de tráfego PTV - VISUM.

As estimativas apresentadas correspondem a volumes diários médios anuais (VDMA), discriminados por categoria de veículos (leves e caminhões).

Esta análise prospectiva é desenvolvida para todo o período de análise, ou seja, de 2016 a 2047.

Para perspectivar a evolução e distribuição de tráfego ao longo deste período, tendo igualmente em atenção as datas previstas para a entrada em operação das intervenções rodoviárias previstas para a área de estudo (p. ex. construção da nova ponte, introdução de pedágio no Sistema, etc.), foram considerados diferentes anos de previsão.

Foram modeladas diferentes redes e matrizes OD para cada um dos anos de previsão, com vista a que o modelo de alocação desenvolvido consiga replicar, com elevados níveis de rigor e fiabilidade, os impactos das alterações previstas para a área em estudo.

Foram efetuadas alocações anuais para o período de 2016 a 2022 e a partir dessa data de cinco em cinco anos, até ao ano horizonte de 2047. Para os anos intermédios foi considerado um crescimento médio da demanda entre cada par de anos conhecido.

As redes modeladas atenderam ao referido programa de intervenções rodoviárias que se perspectiva para o horizonte de análise, assente em

diferentes cenários alternativos de evolução (conforme descrito nas seções seguintes).

Na Figura 37 encontra-se representado, ainda que de forma esquemática, a metodologia seguida para a construção do modelo de previsão, incluindo as análises desenvolvidas ao nível do sistema de pedagiamento e nível de desempenho do Sistema.

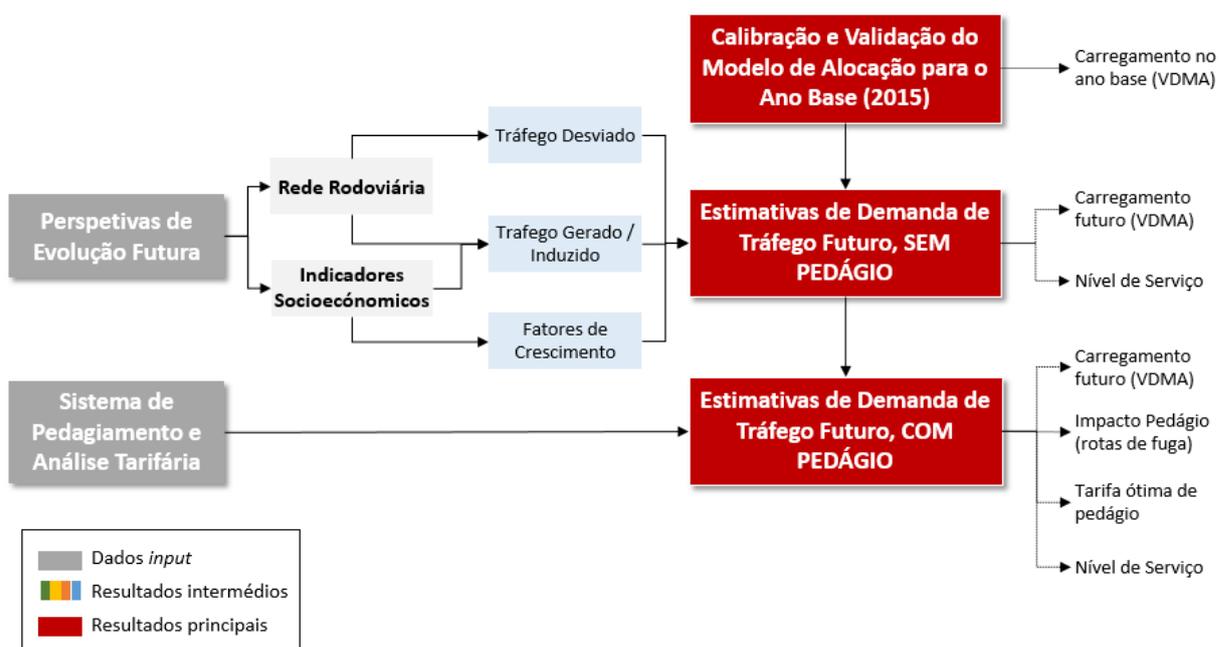


Figura 37 - Representação esquemática da metodologia para a construção do modelo de previsão e análise ao sistema de pedagiamento

7.1. O Sistema BA 052

O Sistema rodoviário BA 052 apresenta uma extensão total de cerca de 687 km, desenvolvendo-se a partir de um eixo diagonal principal, representado pela BA 052 que, com aproximadamente 461 km, promove a ligação de Feira de Santana, importante polo econômico regional localizado na porção leste do estado, próximo ao Recôncavo Baiano, a Xique-Xique, município a sudoeste do estado, às margens do Rio São Francisco, e que abriga um porto fluvial de grande importância para a região.

A rodovia BA 052 está compreendida em praticamente toda a sua extensão no Sistema Rodoviário BA 052, desde o km 1, junto ao entroncamento com a

Rodovia Federal BR-116, no município de Feira de Santana, até o seu término, junto ao segmento urbano do município de Xique-Xique. Possui 462,1 km de extensão, em pista simples, com uma faixa de tráfego por sentido, acostamento com dimensão variável, tendo inclusive segmentos sem acostamento.

A rodovia BA 160, estende-se desde o segmento urbano de Xique-Xique até a ligação fluvial ao município de Barra, que ocorre por meio da travessia de balsa no rio São Francisco. Possui 86,7 km de extensão, em pista simples, com uma faixa de tráfego por sentido, acostamento com dimensão variável, apresentando inclusive segmentos sem acostamento.

O terceiro trecho do Sistema é formado por um segmento de 4,9 km da rodovia estadual BA 148, percorrendo a extensão urbana do município de Irecê e um percurso de 135,2 km da rodovia estadual BA 432, desde o entroncamento das mesmas até a interseção da BA-432 com a BR-242. Ao todo, o trecho possui 140,1 km de extensão, em pista simples, com uma faixa de tráfego por sentido, acostamento com dimensão variável, tendo inclusive segmentos sem acostamento.

Destaca-se neste trecho o segmento urbano do município de Irecê, onde a rodovia BA 148 atua como verdadeiro corredor principal da cidade, com diversos estabelecimentos comerciais ao longo da via, interseções com vias locais e obstáculos na via, como lombadas e faixas de pedestres. Tais fatores contribuem para uma caracterização bem diferente do restante do trecho, com velocidades bastante reduzidas.

Atualmente, nenhuma destas rodovias tem cobrança de pedágio aos usuários.

7.1.1. Trechos Homogêneos

De acordo com o levantamento de engenharia realizado, foi definida a segmentação deste Sistema considerando que em cada trecho homogêneo se mantém uniformidade, quer ao nível da demanda de tráfego, quer ao nível das características geométricas (tipo de via, número de faixas e tipo de relevo).

Desta forma, propõe-se a subdivisão do Sistema em 21 trechos homogêneos (TH) (Figura 38), com a seguinte descrição (Tabela 19):

Tabela 19 - Trechos homogêneos do Sistema BA 052 - descrição

	Subtrechos homogêneos	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXT (km)
1	ENTR BR 116 (AC FEIRA DE SANTANA) - ENTR BA 499 (AC BONFIM DA FEIRA)	1,0	13,4	12,4
2	ENTR BA 499 (AC BONFIM DA FEIRA) - ENTR BA 120 (AC SERRA PRETA)	13,4	41,4	28,1
3	ENTR BA 120 (AC SERRA PRETA) - ENTR BA 233 (AC ITABERABA)	41,4	86,2	44,7
4	ENTR BA 233 (AC ITABERABA) - ENTR BR 130 (AC MAIRI)	86,2	139,3	53,2
5	ENTR BR 130 (AC MAIRI) - ENTR BA 424 (AC MUNDO NOVO)	139,3	174,9	35,5
6	ENTR BA 424 (AC MUNDO NOVO) - ENTR ESTIVA	174,9	186,0	11,1
7	ENTR ESTIVA - ENTR BA 131 (AC TAPIRAMUTÁ)	186,0	212,6	26,6
8	ENTR BA 131 (AC TAPIRAMUTÁ) - MORRO DO CHAPÉU (SEGMENTO URBANO)	212,6	269,5	56,9
9	MORRO DO CHAPÉU (SEGMENTO URBANO) - ENTR BR 122 (AC CAFARNAUM)	269,5	295,9	26,3
10	ENTR BR 122 (AC CAFARNAUM) - AMÉRICA DOURADA (SEGMENTO URBANO)	295,9	303,6	7,7
11	AMÉRICA DOURADA (SEGMENTO URBANO) - ENTR BA 800 (AC ANGICAL)	303,6	350,8	47,1
12	ENTR BA 800 (AC ANGICAL) - ENTR BA 148 (AC A IRECÊ)	350,8	352,2	1,4
13	ENTR BA 148 (AC IRECÊ) - CENTRAL (SEGMENTO URBANO)	352,2	387,0	34,8
14	CENTRAL (SEGMENTO URBANO) - ENTR BA 438 (AC ITAGUAÇU DA BAHIA)	387,0	418,5	31,5
15	ENTR BA 438 (AC ITAGUAÇU DA BAHIA) - ENTR XIQUE XIQUE	418,5	462,1	43,6
SUBTOTAL BA 052				461,1
16	ENTR XIQUE XIQUE - ENTR BR 330 (AC GENTIO DO OURO)	0,0	37,5	37,5
17	ENTR BR 330 (AC GENTIO DO OURO) - BARRA (MARGEM OESTE DO RIO SÃO FRANCISCO)	194,4	146,4	48,0
SUBTOTAL BA 160				85,5
18	ENTR BA 052 (IRECÊ) - ENTR BA 432 (AC LAPÃO/CANARANA)	0,0	4,9	4,9
19	ENTR BA 432 (AC LAPÃO/CANARANA) - ENTR BA 046 (AC BARRO ALTO)	0,0	42,2	42,2
20	ENTR BA 046 (AC BARRO ALTO) - ENTR BA 432 (AC MULUNGU DO MORRO) / ENTR BR 122 (AC CAFARNAUM / MORRO DO CHAPÉU)	42,2	81,8	39,6
21	ENTR BA 432 (AC MULUNGU DO MORRO) / ENTR BR 122 (AC CAFARNAUM / MORRO DO CHAPÉU) - ENTR BR 242 (AC SEABRA / LENÇÓIS)	81,8	135,2	53,4
SUBTOTAL BA 148/BA 432				140,1
TOTAL GERAL				686,7

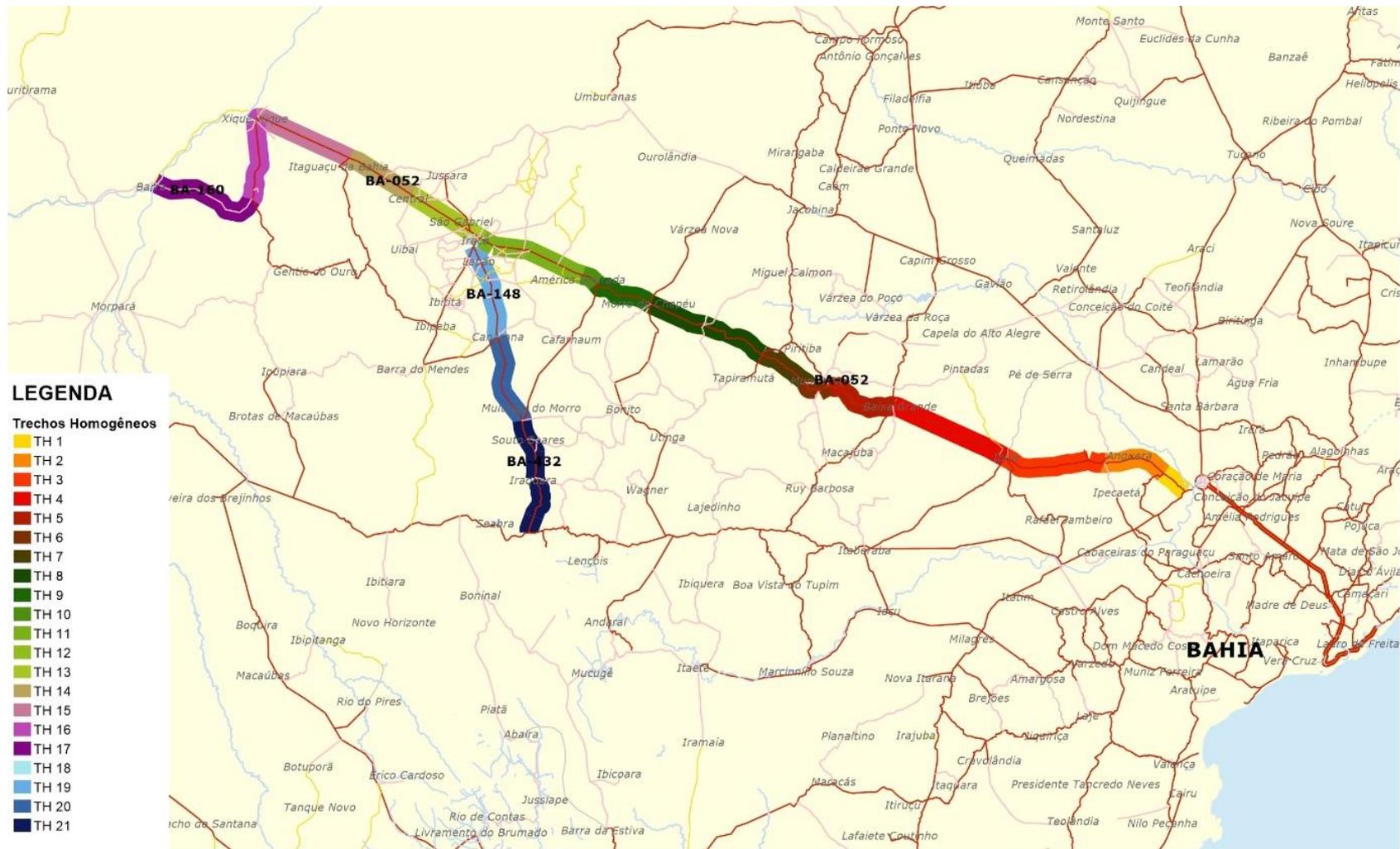


Figura 38 - Trechos homogêneos do Sistema BA 052 - localização

Ao longo da BA 052, foram estabelecidos quinze trechos rodoviários homogêneos, delimitados com base nas interseções que a mesma estabelece com as rodovias BA 499, BA 120, BA 233, BA 424, BA 131, BR 122, BA 800, BA 148 e BA 438.

Ao longo da Rodovia BA-160, foram estabelecidos dois trechos rodoviários homogêneos, delimitados com base nas interseções que a mesma estabelece com a rodovia BR-330 e com o rio São Francisco.

Ao longo da extensão das Rodovias BA 148 e a BA 432, foram estabelecidos quatro trechos rodoviários homogêneos, delimitados com base nas interseções que estabelecem com as rodovias BA 052, BA 046, BR 122 e BR 242.

7.2. Intervenções Rodoviárias Futuras

De acordo com o programa de intervenções definido para o Sistema, estão previstas obras de melhoria em toda a sua extensão que deverão estar concluídas até 2017. Na prática, trata-se de intervenções que visam, essencialmente, melhorar as condições de conforto e de segurança neste corredor rodoviário. Mais do que um impacto ao nível da competitividade do sistema rodoviário na área em estudo, estas intervenções deverão representar melhorias significativas ao nível da qualidade de serviço oferecido, não se estimando impactos relevantes ao nível da captação e/ou desvio de tráfego.

Nesta fase, encontra-se em avaliação a possibilidade de introduzir o pagamento de pedágio no Sistema Rodoviário BA-052, o que garante o investimento e a manutenção constante necessárias. O sistema de cobrança proposto assenta num regime aberto, caracterizado por acessos livres e praças de pedágio com bloqueio transversal localizado na própria pista, distribuídas ao longo dos trechos sob concessão.

Caso venha a ser considerado pedágio no sistema, a localização das praças deverá ser otimizada de modo a maximizar o momento de transporte e atender às restrições de localização referidas na seção 4. O número de praças de pedágio e seu afastamento (TCP) devem respeitar o melhor equilíbrio possível entre a eficiência e a iniquidade.

Assim, neste estudo foram avaliados diferentes cenários de cobrança de pedágio para o Sistema BA 052, com variação ao nível do número de praças instaladas e tarifa de pedágio adotada, com vista a avaliar o impacto esperado e, conseqüentemente, suportar a avaliação da sua viabilidade econômico-financeira.

De igual importância para a captação de tráfego no Sistema Rodoviário BA-052, importa também destacar a construção da nova ponte sobre o Rio São Francisco. Esta ligação rodoviária deverá constituir uma alternativa direta às atuais balsas que se realizam junto a Xique-Xique, devendo ser implantada num ponto aproximado ao das balsas e com ligação direta ao trecho da BA 160.

7.3. Cenários em Análise

Para efeitos de comparação e, logo, aferição dos impactos associados às intervenções rodoviárias previstas para a área de estudo (seja pela construção da nova ponte ou pela introdução de pedágio no Sistema), foi desenvolvido um **Cenário Base** onde se mantêm inalteradas as características do sistema rodoviário na área em estudo face à situação atual (2015), estando apenas consideradas as obras de melhoria previstas para o Sistema BA 052 (que, como se referiu atrás, não se estima que afete os níveis de captação de tráfego). Trata-se de um cenário onde se avalia a evolução orgânica do tráfego ao longo do período de análise.

Pela sua ligação direta com o Sistema BA 052, a construção da **nova ponte sobre o rio São Francisco** constitui um elemento chave para a determinação da captação de tráfego futura. A substituição da atual ligação em balsas por uma ligação em ponte exclusivamente rodoviária, representa um impacto substantivo ao nível da competitividade deste corredor, pelo que importa avaliar o seu impacto, seja de forma isolada (i.e., mantendo-se as atuais características do Sistema BA 052), seja de forma combinada com proposta de introdução de pedágio para o Sistema.

O modelo de exploração que possa vir a ser adotado na ponte ainda não está definido, tendo-se simulado os cenários sem e com pedágio. Neste último caso

(com pedágio), de modo a avaliar a elasticidade da demanda face ao custo de atravessamento, tomou-se como referência o custo atual de atravessamento do rio pelas balsas, a partir do qual se definiram três cenários de sensibilidade à tarifa: 50%, 75% e 100% do valor hoje aí cobrado.

Para avaliar a **sensibilidade ao número de praças de pedágio no Sistema BA 052**, foram definidos três cenários, fazendo variar entre si o número de praças de pedágio instaladas ao longo do Sistema. Conforme referido anteriormente, foi definido um cenário (máximo) com três praças de pedágio, instaladas nos trechos do Sistema BA 052 onde se registram níveis de demanda mais elevados e, logo, onde o potencial de sustentabilidade financeira é maior, cuja localização pode ser consultada em maior detalhe na Figura 18. Complementarmente, foram realizados (dois) testes de sensibilidade, reduzindo o número de praças instaladas, até um mínimo de um.

A tarifa de equilíbrio de referência adotada em cada um destes cenários é de 0,07 R\$/km, sendo que a tarifa final a cobrar em cada praça resulta do produto entre a tarifa/km adotada, a respectiva extensão do TCP e da aplicação de fatores multiplicativos de acordo com a categoria de veículo em questão e correspondente número de eixos (Tabela 13).

Para avaliar a **sensibilidade ao valor de tarifa cobrado no Sistema BA 052**, foram realizados testes de sensibilidade a este parâmetro para verificar qual a tarifa que otimiza a relação entre investimento e retorno de receita.

Assim, a par deste valor de referência, foram desenvolvidos cenários alternativos, baseados no cenário com três praças de pedágio, mas fazendo variar (apenas) a tarifa de referência cobrada no Sistema, para valores de 0,05R\$/km e 0,09R\$/km.

Na Figura 39 encontram-se sistematizados os cenários analisados. No âmbito deste estudo foram ainda testados outros cenários, mas que se revelaram menos eficientes ou redundantes.

	Base	Nova Ponte	Sensibilidade n.º de Praças de Pedágio			Sensibilidade Tarifa de Pedágio	
			Cen. Alt1	Cen. Alt2	Cen. Alt3	Cen. Alt1 R\$ 0,05/km	Cen. Alt1 R\$ 0,09/km
Melhorias na BA 052	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pedágio na BA 052	✗	✗	✓ 3 praças	✓ 2 praças	✓ 1 praça	✓ 3 praças	✓ 3 praças
Nova Ponte	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tarifa Básica	-	0%, 50%, 75% e 100% do valor da balsa	R\$ 0,07/km	R\$ 0,07/km	R\$ 0,07/km	R\$ 0,05/km	R\$ 0,09/km

Figura 39 – Resumo dos cenários em análise

As previsões de tráfego foram realizadas considerando uma perspectiva central (ou mediana) de evolução socioeconômica.

No **Anexo 3** são apresentadas em detalhe as projeções de demanda para cada um dos cenários em análise, por ano de previsão (2015 a 2047), categoria de veículos (leves e caminhões) e trecho homogêneo. Os resultados são apresentados em valores de VDMA, Veq e receita de pedágio.

Na seção seguinte apresenta-se uma breve síntese dos principais resultados obtidos e a respectiva comparação entre cenários.

7.4. Síntese de Principais Resultados

7.4.1. Cenário Base (Sem Ponte e Sem Pedágio no Sistema BA 052)

Em termos médios, estima-se que ao longo dos 30 anos de concessão, entre 2017 e 2047, o VDMA seja de 4.230 veículos/dia nos dois sentidos, correspondendo a uma taxa de crescimento anual média de 3,2% e a um crescimento acumulado (face 2017) na ordem dos 159%.

Com uma demanda média em 2015 de 2.534 veículos/dia nos dois sentidos, no ano horizonte a demanda média no sistema BA 052 neste cenário Base (manutenção das atuais características rodoviárias) deverá alcançar os 6.338 veículos/dia nos dois sentidos.

A porcentagem de caminhões é, em média ao longo do período de análise, da ordem dos 16%, apresentando uma tendência de redução do peso médio desta categoria de veículos face ao total de motorizados, passando de um valor médio e 20% em 2017 para os 15% em 2047.

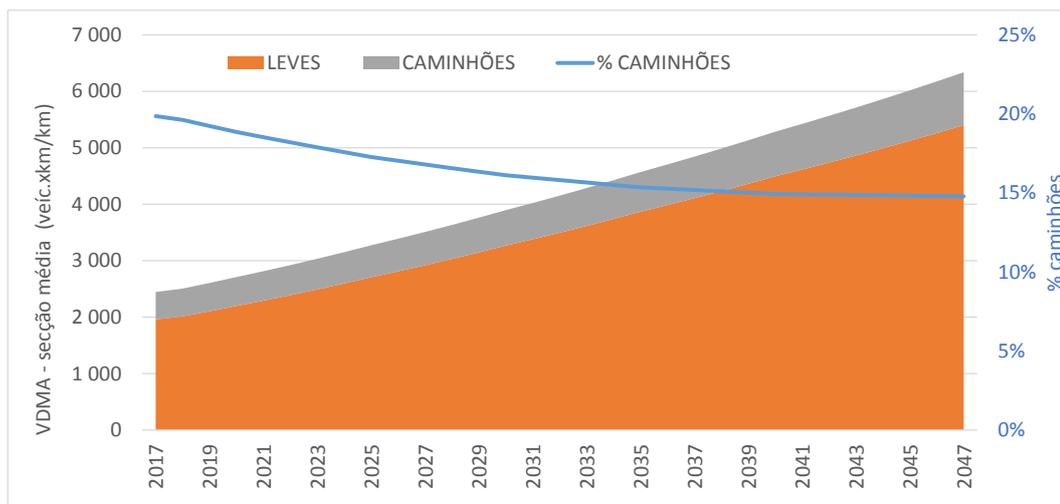
Na Tabela 20 sistematiza-se os volumes de tráfego (VDMA na seção média - veículosxkm/km) e taxa de crescimento média anual estimados para o Sistema BA 052 e para o trecho da ponte em particular, ao longo do período de análise (2017 a 2047), apresentando-se adicionalmente (e para referência) o VDMA na situação atual (2015).

Na Figura 40 apresenta-se a declinação anual desta evolução média do tráfego (VDMA) no Sistema, por ano e categoria de veículos.

Tabela 20 - Evolução do tráfego no Sistema BA 052 e na Ponte* no período 2017 a 2047 - Cenário Base (sem ponte e sem pedágio)

	VDMA (veículos/dia dois sentidos)						Taxa de Crescimento Médio Anual				
	Sistema BA 052				Ponte*		Sistema BA 052				Ponte*
	Total	Leves	Caminhões	% Caminh.	Total		Total	Leves	Caminhões	Total	
2015	2 534	2 041	494	19%	678						
2017	2 445	1 960	486	20%	659	2017-2021	3,6%	4,0%	1,8%	2,7%	
2022	2 921	2 389	532	18%	754	2022-2032	3,6%	3,9%	2,1%	2,9%	
2047	6 338	5 401	937	15%	1.476	2032-2047	2,9%	2,9%	2,4%	2,6%	
2017-2047	4 230	3 555	675	16%	1.022	2017-2047	3,2%	3,4%	2,2%	2,7%	

* - uma vez que neste cenário a nova ponte ainda não está construída, esta informação refere-se à ligação das balsas



Nota - o VDMA (de leves e caminhões) deve ser lido no eixo vertical da esquerda, enquanto a porcentagem de caminhões deve ser lida no eixo vertical da direita

Figura 40 - Evolução anual do tráfego no Sistema BA 052 no período 2017 a 2047 - Cenário Base (sem ponte e sem pedágio)

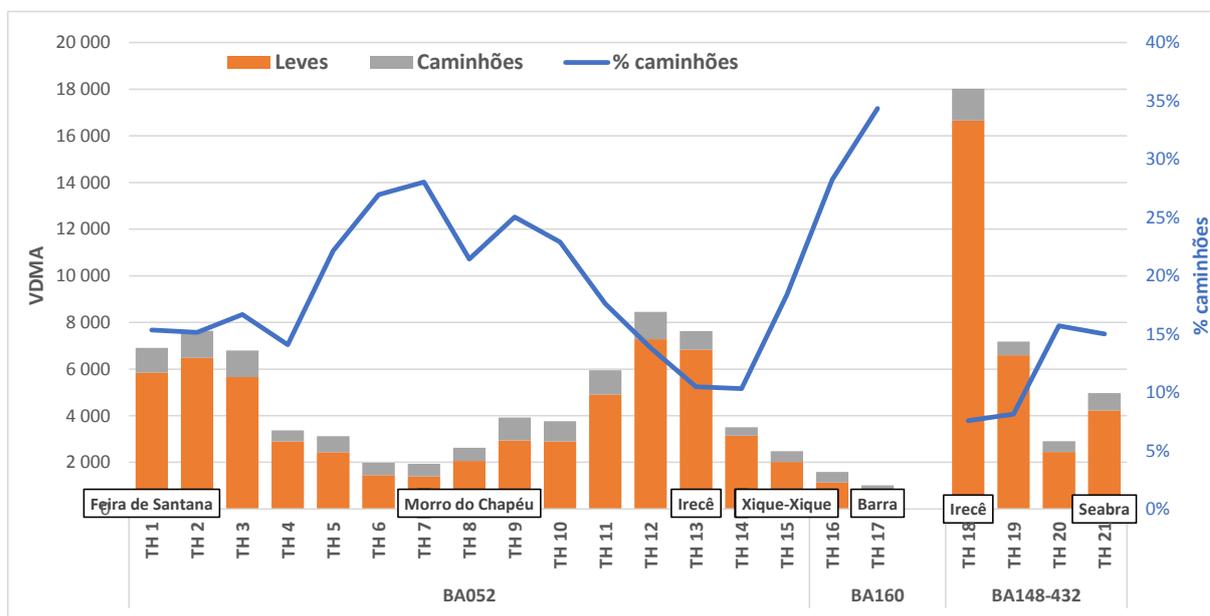
Na Figura 41 apresenta-se, em termos médios para o período 2017 a 2047, a variação do VDMA nos trechos que integram o Sistema BA 052. A primeira nota é de que a demanda de tráfego apresenta oscilações consideráveis ao longo destes eixos rodoviários.

Os níveis de demanda mais elevados registram-se na aproximação aos polos urbanos de maior dimensão, ou seja, Irecê e Feira de Santana, com níveis de VDMA na ordem dos 8.000 veículos/dia nos dois sentidos. Nos trechos da BA 148 a demanda atinge mesmo os 18.000 veículos/dia, mas trata-se de uma ligação bastante urbana, com forte peso do tráfego local.

Por seu lado, os volumes mais baixos registram-se no acesso à localidade de Barra, onde atualmente se faz o atravessamento do rio São Francisco por balsas, com níveis de VDMA inferiores a 1.000 veículos/dia nos dois sentidos.

O peso da categoria de caminhões no total de veículos motorizados varia também ao longo do sistema, verificando-se porcentagens mais elevadas nos trechos onde o VDMA total é mais modesto. Cabe registrar que, para uma porcentagem média no sistema ao longo dos 30 anos de concessão de 16%, os

valores mais elevados são na ligação à Barra na ordem dos 30% e os mais baixos no acesso a Irecê, com valores aproximados de 10%.



Nota - o VDM (de leves e caminhões) deve ser lido no eixo vertical da esquerda, enquanto a porcentagem de caminhões deve ser lida no eixo vertical da direita.

Figura 41 - Volume de tráfego médio no Sistema BA 052 (2017-2047), por trecho homogêneo - Cenário Base (sem ponte e sem pedágio)

7.4.2. Cenário Com Ponte (e sem pedágio no Sistema BA 052)

A nova ponte sobre o rio São Francisco deverá estar em plena operação a partir de 2021⁷. Esta ponte deverá constituir uma alternativa, direta e de qualidade, ao atual atravessamento do rio com ligação a Xique-Xique, estando prevista a sua localização num local aproximado ao das atuais balsas.

Com uma velocidade operacional estimada de 80 km/h, esta ponte deverá promover uma melhoria significativa das atuais condições de acessibilidade na área de influência direta, quer para aquelas viagens que hoje já fazem o atravessamento do rio pelas balsas, mas também para aquelas que atualmente optam pela ligação alternativa a sul, pela BR 242.

⁷ Admitindo-se o início de operação a 1 de janeiro.

Esta promoção da acessibilidade se deverá refletir, ao nível da demanda de tráfego, a dois níveis: por um lado, com o desvio de tráfego dos corredores rodoviários alternativos e, por outro lado, com a captação de novas viagens resultantes da indução de tráfego decorrente desta melhoria da mobilidade e da diminuição do custo generalizado de transporte.

Em face da atual indefinição quanto ao regime de exploração, foram desenvolvidos diferentes cenários relativos ao custo associado ao seu atravessamento. Nesta análise inclui-se, por um lado, o cenário sem pedágio e, por outro lado, a cobrança de pedágio com variação do valor cobrado dentro dos seguintes níveis: 50%, 75% e 100% do valor atualmente cobrado nas balsas. Em concreto, a tarifa associada a cada cenário de pedágio é a que se apresenta na tabela abaixo, referenciada a veículos de passeio em R\$ de 2015:

Tabela 21 - Tarifas de pedágio simuladas para a nova ponte

	Tarifa de pedágio (R\$2015 para veículos de passeio)
50% das balsas	R\$ 7,50
75% das balsas	R\$ 11,00
100% das balsas	R\$ 15,00

7.4.2.1. Cenário Com Ponte, Sem Pedágio (e sem pedágio no Sistema BA 052)

Conforme referido, a construção da nova ponte sobre o rio São Francisco trará importantes benefícios, em termos de acessibilidade, aos usuários do Sistema. Por um lado, melhorando as condições de circulação aos usuários que atualmente fazem o acesso pelas balsas de Xique-Xique e, por outro lado, criando uma alternativa, competitiva e de qualidade, para os usuários que atualmente circulam pela rede alternativa, nomeadamente o atravessamento do rio pela BR 242.

Em face das melhorias operacionais (por redução do tempo de viagem) estima-se um desvio de viagens para a nova ponte, com impacto direto na captação de tráfego do Sistema BA 052.

Adicionalmente, a melhoria da acessibilidade deverá também promover a criação de um conjunto de novas viagens (tráfego induzido), estimadas em função da redução do custo generalizado de viagem.

Em termos médios, estima-se que ao longo dos 30 anos de concessão, entre 2017 e 2047, o VDMA neste cenário com ponte sem pedágio seja de 4.332 veículos/dia nos dois sentidos, correspondendo a uma taxa de crescimento anual média de 3,3% e a um crescimento acumulado (face 2017) na ordem dos 167%. A porcentagem de caminhões deverá manter-se em linha com o registrado no Cenário Base ($\approx 16\%$).

Com uma demanda média em 2015 de 2.534 veículos/dia nos dois sentidos, no ano horizonte a demanda média no Sistema Rodoviário BA-052 neste cenário com ponte sem pedágio deverá alcançar os 6.517 veículos/dia nos dois sentidos.

Na Tabela 22 sistematizam-se os volumes de tráfego (VDMA na seção média da concessão - veículosxkm/km) e a taxa de crescimento média anual estimada para o Sistema BA 052 e para a ponte ao longo do período de análise (2017 a 2047), apresentando-se adicionalmente (e para referência) o VDMA na situação atual (2015).

Tabela 22 - Evolução do tráfego no Sistema BA 052 e na Ponte no período 2017 a 2047 - Cenário com nova ponte, sem pedágio

	VDMA (veículos/dia dois sentidos)						Taxa de Crescimento Médio Anual				
	Sistema BA 052				Ponte		Sistema BA 052				Ponte
	Total	Leves	Caminhões	% Caminh.	Total		Total	Leves	Caminhões	Total	
2015	2 534	2 041	494	19%	678	2017-2021	3,8%	4,2%	1,9%	6,2%	
2017	2 445	1 960	486	20%	659	2022-2032	3,7%	3,9%	2,4%	4,2%	
2022	2 971	2 423	548	18%	1.034	2032-2047	2,9%	3,0%	2,5%	2,9%	
2047	6 517	5 515	1 002	15%	2.417	2017-2047	3,3%	3,5%	2,4%	4,4%	
2017-2047	4 332	3 620	712	16%	1.555						

A combinação do efeito de redistribuição de tráfego entre corredores alternativos, com o efeito de tráfego induzido por melhoria da acessibilidade, deverá traduzir-se num incremento médio anual do tráfego captado pelo Sistema BA 052 de 2,4% (por comparação com o cenário sem nova ponte), em média para o período

2017-2047, destacando-se o maior impacto para a categoria de caminhões, onde o incremento da demanda se estima na ordem dos 5,4% (Tabela 23).

Tabela 23 - Impacto da nova ponte sem pedágio, no período 2017 a 2047

	Impacto (%)			
	Cen. Com Ponte Sem Pedágio vs. Sem Ponte			
	Sistema BA 052			Ponte
	Total	Leves	Caminhões	Total
2017	-	-	-	-
2022	1,7%	1,4%	3,0%	37%
2032	2,6%	2,0%	5,9%	53%
2047	2,8%	2,1%	6,9%	64%
2017-2047	2,4%	1,8%	5,4%	52%

Numa análise desagregada por trecho homogêneo, verifica-se que o impacto da construção da nova ponte é bastante distinto, estando particularmente focado nos trechos de acesso mais direto à nova ponte (entre o rio São Francisco e Xique-Xique), onde o tráfego quase duplica (+53%), registrando-se na ponte um incremento da demanda de 937 veículos/dia para 1.435 veículos/dia nos dois sentidos (por exemplo) no ano 2030 (Figura 42).

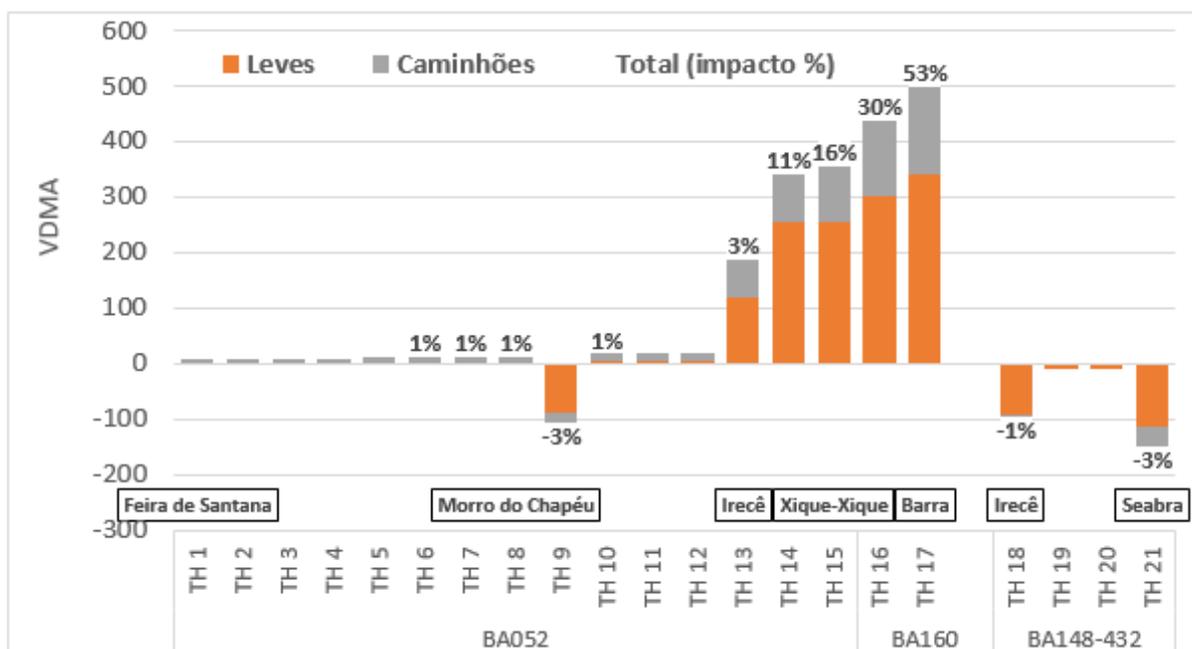


Figura 42 - Impacto da nova ponte sem pedágio, por trecho homogêneo - exemplo para 2030

média, de 4.309 veículos/dia nos dois sentidos, correspondendo a uma taxa de crescimento anual média de 3,3% e a um crescimento acumulado (face 2017) na ordem dos 165%. A porcentagem de caminhões deverá manter-se em linha com o registrado no Cenário Base ($\approx 16\%$).

Com uma demanda média em 2015 de 2.534 veículos/dia nos dois sentidos, no ano horizonte a demanda média no Sistema Rodoviário BA-052 neste cenário com ponte com pedágio deverá alcançar os 6.481 veículos/dia nos dois sentidos.

Na Tabela 24, sistematizam-se os volumes de tráfego (VDMA na seção média - veículosxkm/km) e a taxa de crescimento média anual estimada para o Sistema BA 052 e na ponte ao longo do período de análise (2017 a 2047), apresentando-se adicionalmente (e para referência) o VDMA na situação atual (2015).

Tabela 24 - Evolução do no Sistema BA 052 e na ponte no período 2017 a 2047 - Cenário com nova ponte com pedágio, a 50% do valor das balsas

	VDMA (veículos/dia dois sentidos)						Taxa de Crescimento Médio Anual - total motorizados -	
	Sistema BA 052				Ponte		Sistema BA 052	Ponte
	Total	Leves	Caminh.	% Caminh.	Total			
2015	2 534	2 041	494	19%	678	2017-2021	3,8%	6,2%
2017	2 445	1 960	486	20%	659	2022-2032	3,7%	4,4%
2022	2 952	2 414	538	18%	910	2032-2047	2,9%	3,0%
2047	6 481	5 497	984	15%	2.171	2017-2047	3,3%	4,1%
2017-2047	4 309	3 608	701	16%	1.405			

A cobrança de pedágio na nova ponte, mantendo-se inalteradas as restantes características do sistema rodoviário na área de estudo (apenas com as referidas melhorias no Sistema Rodoviário BA-052), terá um impacto global naturalmente negativo, por comparação com o cenário sem pedágio na ponte, estimado na ordem dos -0,5% globalmente para o sistema como um todo, mas de dimensão mais expressiva nos trechos de acesso direto e na ponte propriamente dita, na ordem dos -10% (Tabela 25 e Figura 44).

Tabela 25 - Impacto do pedágio na nova ponte, a 50% do valor das balsas, no período 2017 a 2047

	Impacto (%)			
	Cen. Com Ponte Com Pedágio vs. Com Ponte Sem Pedágio			
	Sistema BA 052			Ponte
	Total	Leves	Caminhões	Total
2017	-	-	-	-
2022	-0,6%	-0,4%	-1,7%	-12%
2032	-0,6%	-0,4%	-1,7%	-11%
2047	-0,6%	-0,3%	-1,8%	-10%
2017-2047	-0,5%	-0,3%	-1,5%	-10%

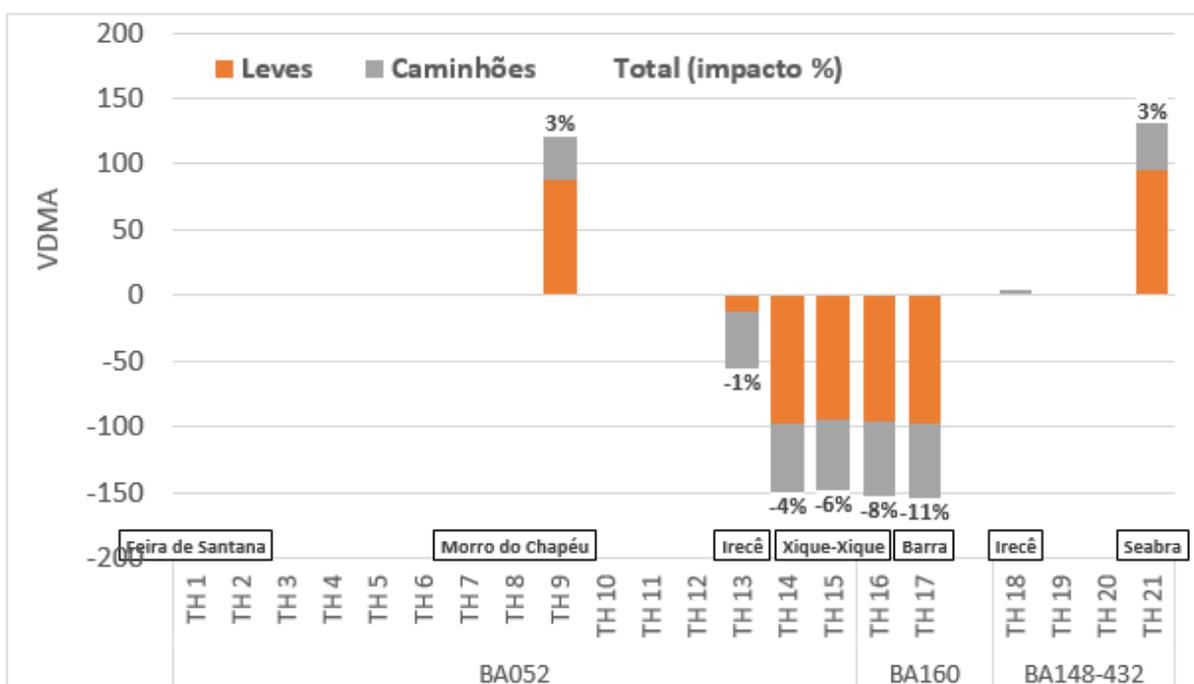
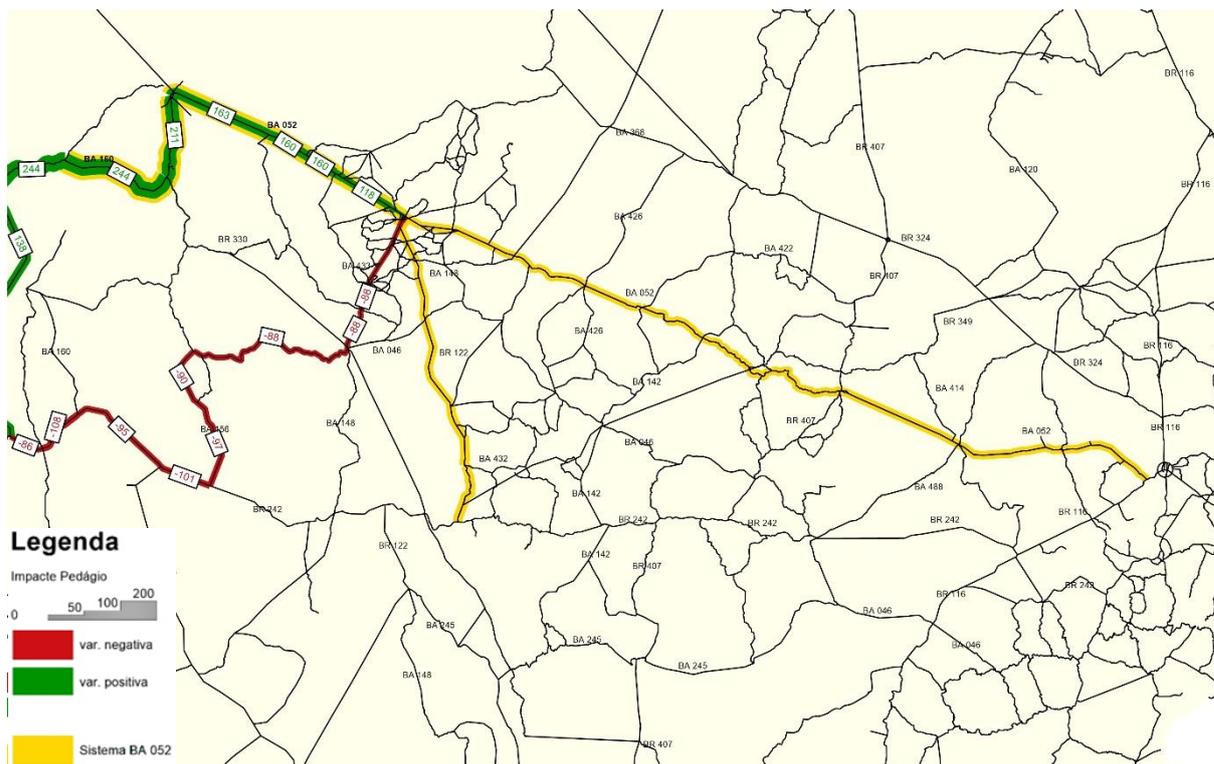


Figura 44 - Impacto do pedágio na nova ponte, por trecho homogêneo - exemplo para 2030 (com pedágio a 50% do valor das balsas)

Na Figura 45, apresentam-se, sob a forma de mapa, os impactos de demanda (positivos e negativos) na rede rodoviária da área em estudo, decorrentes da introdução de pedágio na ponte, com um valor de 50% das balsas (exemplo considerando o ano de alocação 2030). Face ao cenário sem pedágio na ponte, destaca-se a perda de parte das viagens anteriormente captadas ao corredor da BR 242.



Nota: Representação gráfica das variações de demanda obtidas por comparação entre os cenários de alocação “Com Ponte Com pedágio” vs. “Com Ponte Sem Pedágio”. A dimensão das barras é proporcional ao valor absoluto do impacto. A verde encontra-se representado os impactos positivos (ganhos de demanda) e a vermelho os impactos negativos (perda s de demanda).

Figura 45 - Impacto do pedágio na nova ponte, a 50% do valor das balsas - VDMA total de motorizados (2030)

7.4.2.3. Sensibilidade ao valor de pedágio na ponte

Como análise de sensibilidade ao valor de pedágio a cobrar na ponte, considerou-se dois cenários alternativos, de 75% e 100% do valor atualmente cobrado nas balsas (i.e., correspondente a R\$11,25 e R\$15,00 para veículos de passeio, respectivamente).

Da comparação de resultados, registra-se que, em termos de VDMA, a variação é muito ligeira, embora mais acentuada na ponte propriamente, como esperado (impacto entre -5% e -8%, nos cenários de 75% e 100%, respectivamente, face ao cenário de 50%). Por consequência, a receita arrecadada deverá aumentar numa proporção equivalente ao aumento percentual imposto ao nível da tarifa de pedágio, traduzindo-se num incremento de 45% e 91%, respectivamente para os cenários de 75% e 100% do valor cobrado nas balsas (Tabela 26).

Tabela 26 - Sensibilidade ao valor de pedágio na ponte, no período 2017 a 2047 - VDMA e receita

(valores para a média do período 2017-2047)	Cenários Com Pedágio na Ponte			Impacto (%) vs. Cenário de 50%	
	50%	75%	100%	75%	100%
VDMA no Sistema BA 052	4 309	4 291	4 287	-0,4%	-0,5%
VDMA na Ponte	1 405	1 330	1 293	-5,3%	-7,9%
Receita na Ponte (M R\$/ano)*	8,62	12,51	16,43	45,1%	90,7%

* Receita média anual entre 2021 a 2047, que corresponde ao período em que a ponte se encontra em operação

7.4.3. Cenário com Pedágio no Sistema BA 052 (com ponte com pedágio a 50%)

De acordo com o calendário de intervenções previsto, a introdução de pedágio no Sistema Rodoviário BA-052 deverá ocorrer a partir de 2018⁸.

Esta alteração da impedância para os usuários do Sistema terá, certamente, um impacto negativo na captação do tráfego, em particular nos pontos onde se prevê a instalação de praças de pedágio.

Tal como descrito na seção 4.5, o sistema de pedagiamento que possa vir a ser adotado no Sistema deverá contar, no máximo, com três praças, às quais estará associado para a definição da tarifa de pedágio (TCP) cerca de 30% da extensão global do Sistema Rodoviário BA-052.

Como pressuposto de análise, considera-se que a cobrança de pedágio deverá ocorrer num cenário em que a nova ponte sobre o rio São Francisco também vai ser construída e estará sujeita à cobrança de pedágio aos seus usuários com um valor equivalente a 50% das atuais balsas.

Tomando por referência o cenário com instalação de três praças de pedágio no Sistema (vide Figura 18) e uma tarifa de R\$0,07/km, estima-se que ao longo dos 30 anos de concessão o VDMA seja, em média, de 4.153 veículos/dia nos dois sentidos, correspondendo a uma taxa de crescimento anual média de 3,2% e a

⁸ Admitindo-se início de cobrança a partir de 1 de janeiro

um crescimento acumulado (face 2017) na ordem dos 155%. A porcentagem de caminhões deverá aumentar ligeiramente face ao registrado no Cenário Base (\approx 17%).

Com uma demanda média em 2015 de 2.534 veículos/dia nos dois sentidos, no ano horizonte a demanda média no Sistema Rodoviário BA-052 neste cenário com pedágio no Sistema BA 052 (e nova ponte) deverá alcançar os 6.233 veículos/dia nos dois sentidos.

Na Tabela 27 sistematizam-se os volumes de tráfego (VDMA na seção média - veículosxkm/km) e a taxa de crescimento média anual estimados para o Sistema BA 052 e na ponte ao longo do período de análise (2017 a 2047), apresentando-se adicionalmente (e para referência) o VDMA na situação atual (2015).

Tabela 27 - Evolução do tráfego no Sistema BA 052 e na ponte no período 2017 a 2047 - Cenário com pedágio no Sistema BA 052, com três praças

	VDMA (veículos/dia dois sentidos)						Taxa de Crescimento Médio Anual - total motorizados -	
	Sistema BA 052				Ponte		Sistema BA 052	Ponte
	Total	Leves	Caminh.	% Caminh.	Total			
2015	2 534	2 041	494	19%	678	2017-2021	2,8%	6,2%
2017	2 445	1 960	486	20%	659	2022-2032	3,7%	4,4%
2022	2 842	2 313	529	19%	910	2032-2047	2,9%	3,0%
2047	6 233	5 272	962	15%	2 170	2017-2047	3,2%	4,1%
2017-2047	4 153	3 465	688	17%	1 404			

A introdução de pedágio no Sistema Rodoviário BA-052 terá um impacto global naturalmente negativo (por comparação com o cenário sem pedágio), estimado na ordem dos -3,6% globalmente para o sistema como um todo, mas de dimensão mais expressiva nos trechos onde se prevê a instalação dos pedágios e adjacentes, entre os -17% e os -6% (Tabela 28 e Figura 46).

Por categoria de veículos, registram-se impactos de ordens de grandeza distintas, sendo mais acentuado para veículos leves (-4,0%) do que para caminhões (-1,8%), em resultado das rotas de fuga disponíveis para cada uma das tipologias de viagem envolvidas.

Tabela 28 - Impacto do pedágio no Sistema BA 052, com três praças, no período 2017 a 2047 - VDMA

	Impacto (%) VDMA			
	Cen. Com Pedágio no Sistema vs. Cen. Sem Pedágio			
	Sistema BA 052			Ponte
	Total	Leves	Caminhões	Total
2017	-	-	-	-
2022	-3,7%	-4,2%	-1,7%	-0,1%
2032	-3,6%	-4,0%	-1,8%	-0,04%
2047	-3,8%	-4,1%	-2,3%	-0,05%
2017-2047	-3,6%	-4,0%	-1,8%	-0,05%

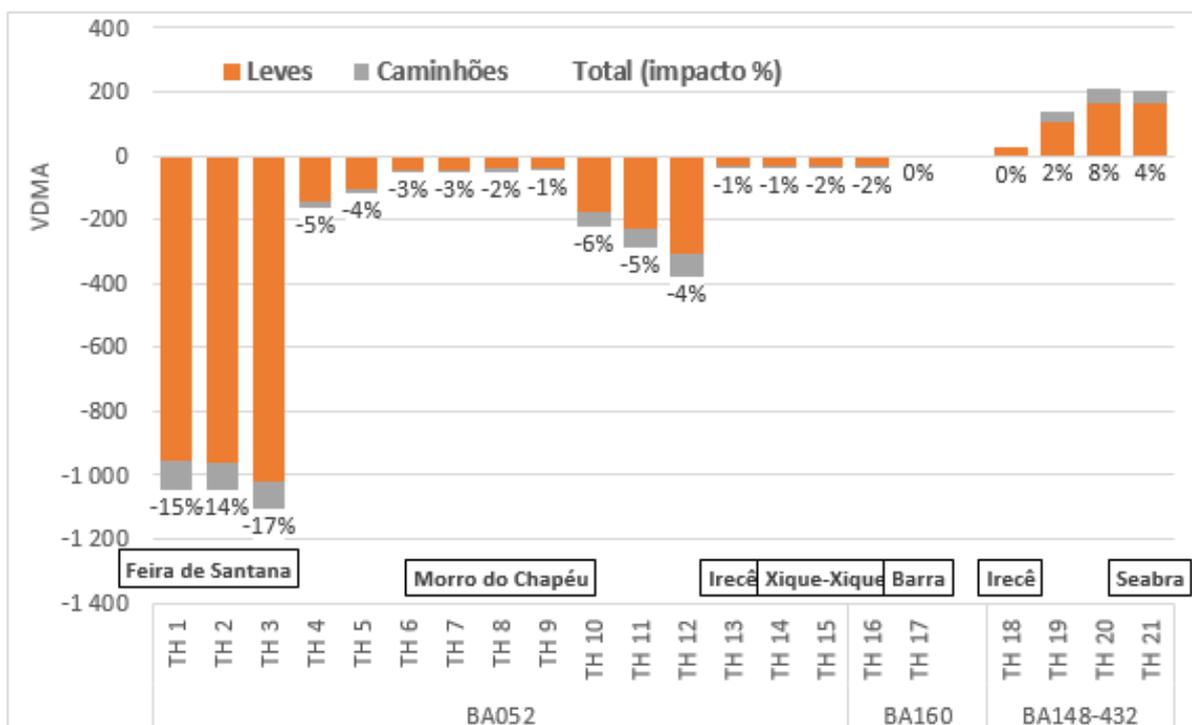
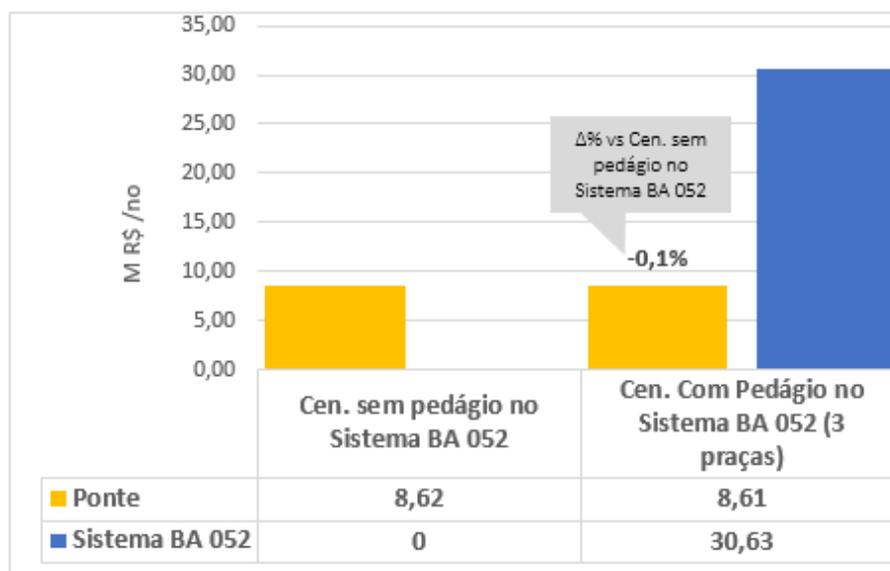


Figura 46 - Impacto do pedágio no Sistema BA 052, por trecho homogêneo - exemplo para 2030 (com três praças de pedágio)

Ao nível da receita potencial arrecadada, estima-se que o sistema de pedágio em análise para o Sistema Rodoviário BA-052 represente uma receita global média na ordem 30,63 M R\$/ano (Figura 47).

Por seu lado, em consequência do (quase nulo) impacto em VDMA, a receita arrecadada na ponte deverá manter-se nos 8,6 M R\$/ano, com um impacto médio anual por introdução de pedágio no Sistema BA 052 na ordem dos -0,1%.



Nota - Receita média anual para o período 2018 a 2047 no Sistema BA 052 e 2021 a 2047 na Ponte (períodos com pedágio em vigor)

Figura 47 - Impacto do pedágio no Sistema BA 052, com três praças, no período 2017 a 2047 - Receita (M R\$/ano)

Na Figura 48 apresenta-se, sob a forma de mapa, os impactos de demanda (positivos e negativos) na rede rodoviária da área em estudo, decorrentes da introdução de pedágio no Sistema Rodoviário BA-052, com três praças (exemplo considerando o ano de alocação 2030).

Face ao cenário sem pedágio, destaca-se, por um lado, o impacto negativo nos trechos da BA 052 entre Feira de Santa e Ipirá (onde se prevê a instalação de duas praças de pedágio) com desvio de tráfego (fuga) para as rodovias BR 116 e BR 242 e, por outro lado, o impacto positivo também na BA 052 nas no acesso a Irecê, em consequência da fuga à praça de pedágio junto a Irecê, com desvio de tráfego da BA 142 para a BA 432.

Para a escolha de caminhos, por alteração da impedância, o valor de pedágio cobrado aos usuários do Sistema assume maior importância, neste caso em função do número de praças de pedágio instaladas ao longo do corredor da BA 052.

Na seção anterior analisou-se o cenário que maximiza a receita de pedágio pelo maior número de praças de pedágio instaladas. Todavia, e em especial atendendo ao (baixo a moderado) volume de demanda que se verifica ao longo do Sistema e os custos que estão associados a esta cobrança, importa avaliar o impacto de cenários alternativos onde se propõe reduzir o número de praças de pedágio instaladas, mantendo-se inalterados os restantes pressupostos de rede assumidos anteriormente, ou seja, com construção da nova ponte com uma tarifa de pedágio num valor aproximado a 50% do valor atualmente cobrado nas balsas e tarifa de pedágio de R\$0,07/km.

Face ao cenário de referência atrás analisado, com três praças, simulou-se no modelo de alocação o impacto de se considerar duas, ou apenas uma, praça de pedágio, com as seguintes localizações (Figura 49):

CENÁRIO DE REFERÊNCIA - três praças de pedágio

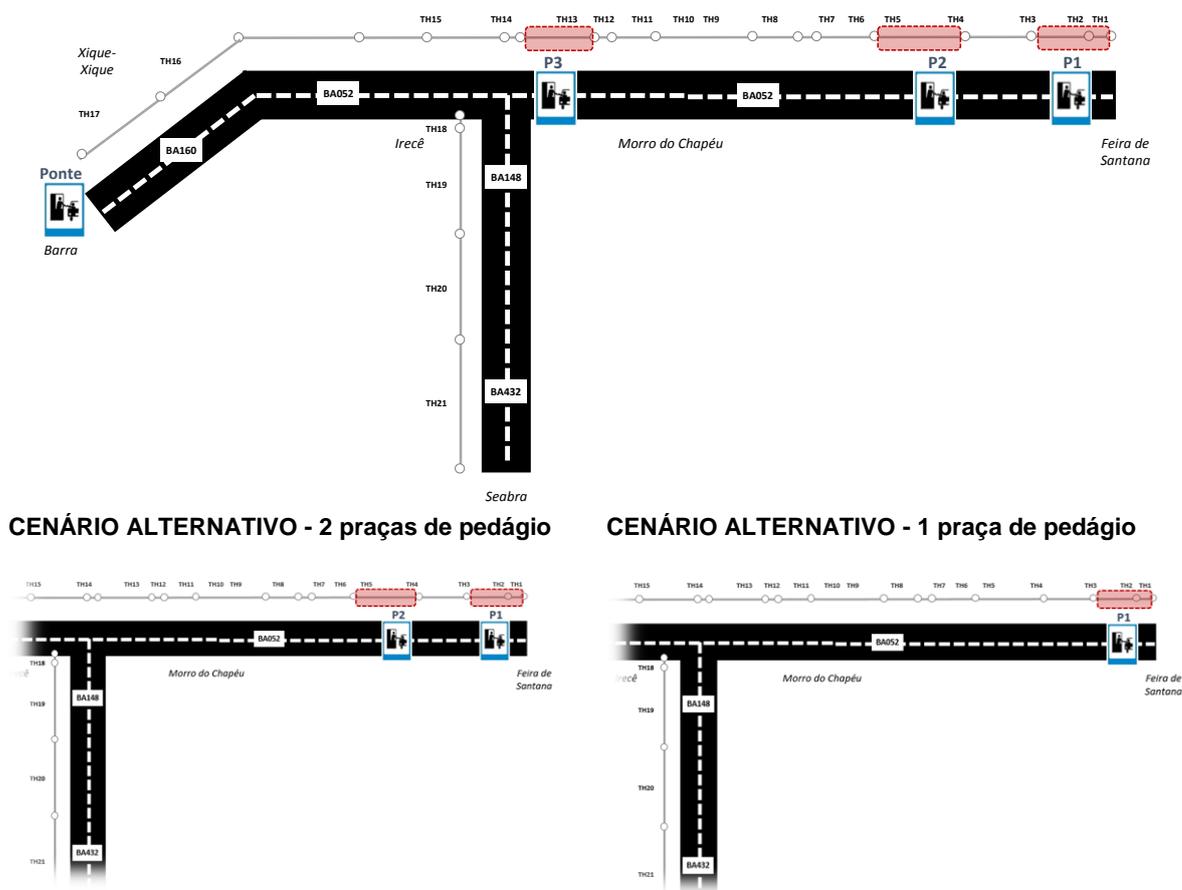


Figura 49 - Cenários de sensibilidade ao número de praças de pedágio no Sistema BA 052

Da comparação de resultados obtidos para cada um destes três cenários (Tabela 29 e Figura 50), e tomando por referência de comparação o cenário com três praças de pedágio, verifica-se que, ao nível do VDMA, as variações são praticamente nulas, quer no Sistema Rodoviário BA-052 como um todo, quer no caso da ponte em particular.

Todavia, esta avaliação global “esconde” o impacto que se reflete nos trechos diretamente afetados pela eliminação de praças de pedágio, onde se registram variações da demanda na ordem dos 2% a 6% (vide, a título de exemplo, a Figura 51, com os resultados da comparação entre o cenário de 1 praça vs. o de três praças).

Em qualquer dos cenários, os níveis de eficiência do sistema de pedágio mantêm-se acima do valor de referência, ou seja, superiores a 80%.

Ao nível da receita arrecadada, as variações registradas estão em linha com o esperado, oscilando no caso do Sistema BA 052 entre um máximo de 30,63 M R\$/ano no cenário com três praças e um mínimo de 9,88 M R\$/ano no cenário com uma praça. No caso da ponte sobre o rio São Francisco, em resultado da inelasticidade da demanda à alteração do sistema de pedágio na BA 052, também a receita se mantém inalterada em ambos os cenários simulados, com valores na ordem dos 8,62 M R\$/ano.

Tabela 29 - Impacto da redução do número de praças de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA

		Cen. 3 praças de pedágio	Cen. 2 praças de pedágio	Cen. 1 praça de pedágio
Sistema BA 052	VDMA veículos/dia 2 sent.	4 153	4 162	4 187
	Receita M R\$/ano	30,63	18,75	9,88
	Eficiência	86%	84%	85%
Ponte	VDMA veículos/dia 2 sent.	1 404	1 404	1 405
	Receita M R\$/ano	8,61	8,61	8,62
	Eficiência	84%	84%	84%

Nota - Receita média anual para o período 2018 a 2047 no Sistema BA 052 e 2021 a 2047 na Ponte (períodos com pedágio em vigor)

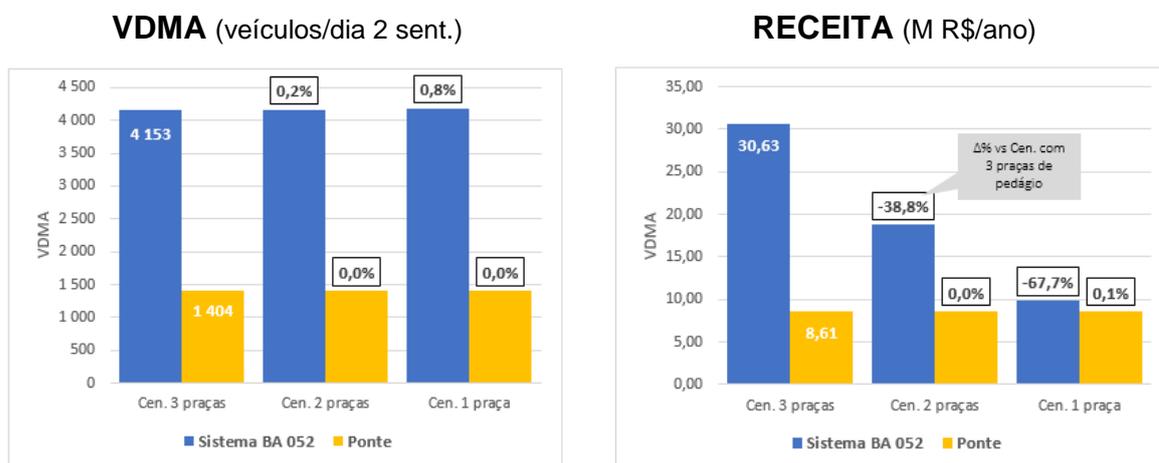


Figura 50 - Impacto da redução do número de praças de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA e Receita (M R\$/ano)

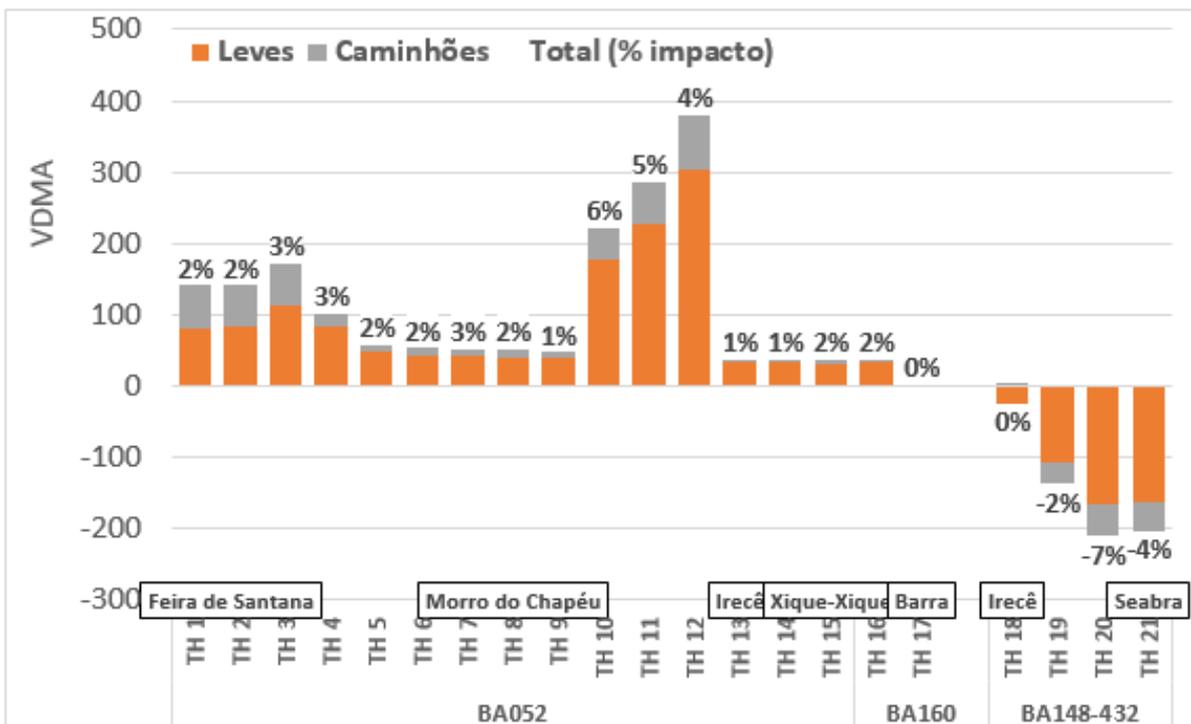


Figura 51 - Impacto da redução de três para uma praça de pedágio no Sistema BA 052, por trecho homogêneo - exemplo para 2030

7.4.3.2. Sensibilidade à tarifa de pedágio

Foram também realizados testes de sensibilidade ao modelo de alocação que permitiram avaliar a variação (elasticidade) da demanda de tráfego em função da cobrança de diferentes tarifas de pedágio no Sistema Rodoviário BA-052, tendo como objetivo a maximização da receita.

Em concreto, tendo por base o cenário de cobrança de uma tarifa de R\$0,07/km com instalação de três praças de pedágio, simularam-se dois cenários alternativos de tarifa, de R\$0,05/km e R\$0,09/km.

Os resultados obtidos encontram-se em linha com a tendência esperada, ou seja, de maior captação de tráfego quanto menor a tarifa e o oposto considerando a análise à receita coletada.

Da comparação de resultados obtidos para cada um destes três cenários (Tabela 30 e Figura 52), e tomando por referência de comparação o cenário com tarifa a R\$ 0,07/km com três praças de pedágio, verifica-se que, ao nível do VDMA, as

variações são ligeiras (entre -1,8% e +0,7%) no Sistema Rodoviário BA-052 como um todo, e quase nulas na ponte, pelo seu afastamento à zona de intervenção.

Em qualquer dos cenários, os níveis de eficiência do sistema de pedágio mantêm-se acima do valor de referência, com tendência para melhorar com o aumento de tarifa (e vice-versa).

Todavia, esta avaliação global “esconde” o impacto que se reflete nos trechos diretamente afetados, ou seja, com praça de pedágio, onde se registram variações da demanda mais expressivas (vide, a título de exemplo, a Figura 53, com os resultados da comparação entre o cenário de tarifa a 0,07 R\$/km vs. o de 0,09 R\$/km).

Ao nível da receita arrecadada no Sistema Rodoviário BA-052, as variações registradas são da ordem dos $\pm 20\%$, oscilando entre um máximo de 36,26 M R\$/ano no cenário de tarifa mais alta e um mínimo de 22,25 R\$/ano no cenário de tarifa mais baixa.

No caso da ponte sobre o rio São Francisco, a quase ausência de variação na demanda reflete-se, invariavelmente, na receita, mantendo-se com valores na ordem dos 8,60 M R\$/ano.

Tabela 30 - Impacto da variação da tarifa de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA

		Cen. R\$ 0,07/km	Cen. R\$ 0,09/km	Cen. R\$ 0,05/km
Sistema BA 052	VDMA veículos/dia 2 sent.	4 153	4 079	4 183
	Receita M R\$/ano	30,63	36,26	22,25
	Eficiência	86%	88%	80%
Ponte	VDMA veículos/dia 2 sent.	1 404	1 400	1 404
	Receita M R\$/ano	8,61	8,59	8,61
	Eficiência	84%	84%	84%

Nota - Receita média anual para o período 2018 a 2047 no Sistema BA 052 e 2021 a 2047 na Ponte (períodos com pedágio em vigor)

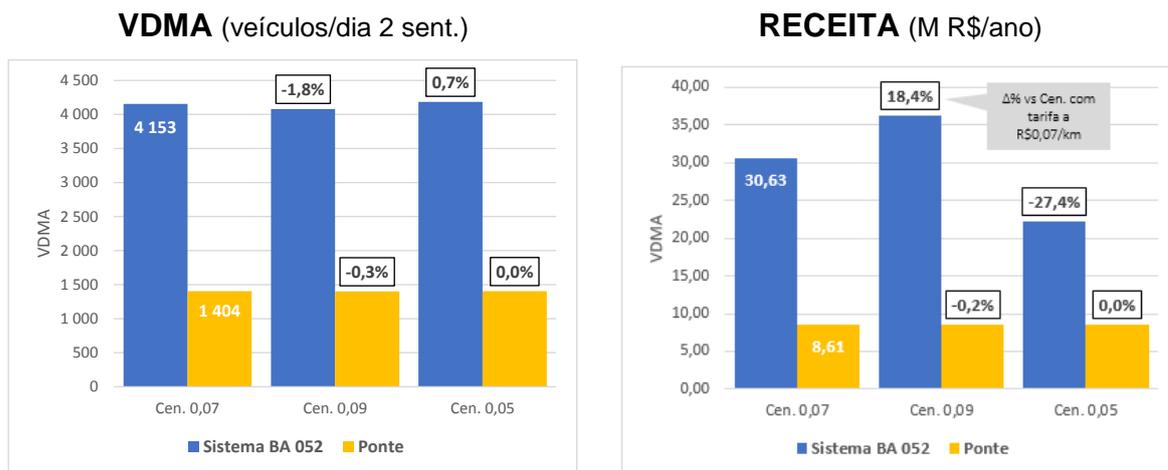


Figura 52 - Impacto da variação da tarifa de pedágio no Sistema BA 052, no período 2017 a 2047 - VDMA e Receita (M R\$/ano)

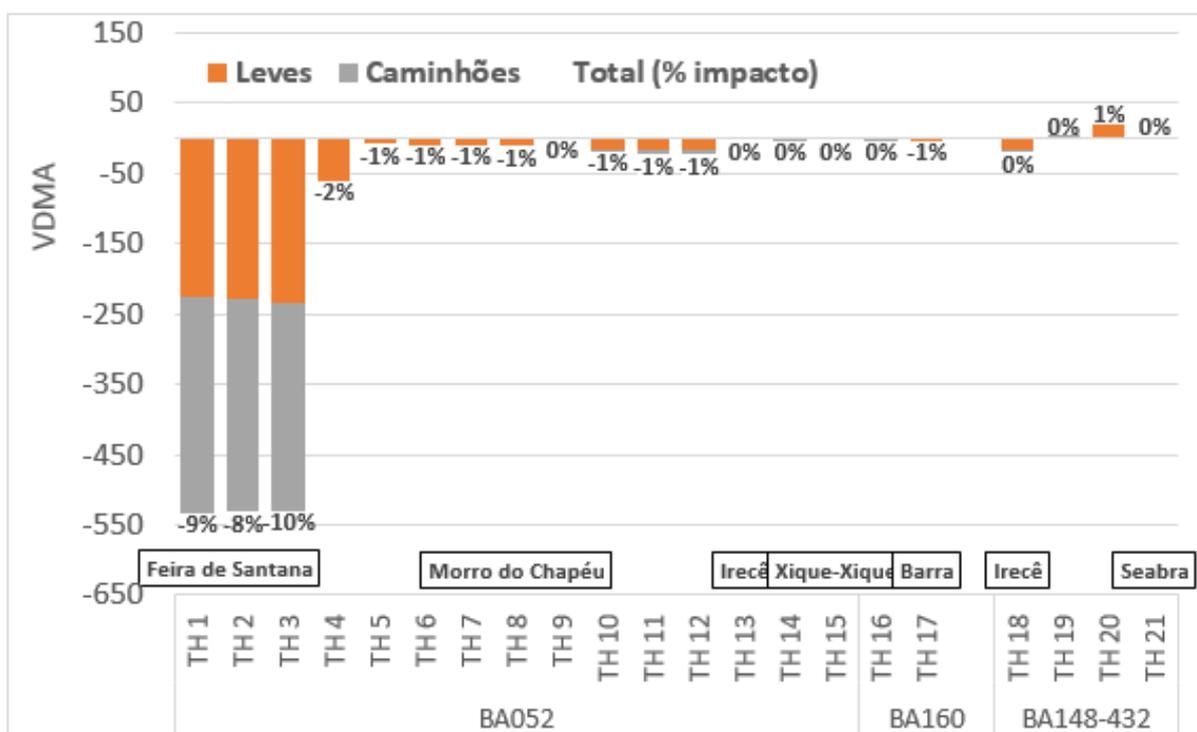


Figura 53 - Impacto do aumento da tarifa cobrada no Sistema BA 052, de 0,07 R\$/km para 0,09 R\$/km, por trecho homogêneo - exemplo para 2030

8. Análise de Capacidade - Verificação do Nível de Serviço

No sentido de se fazer uma análise às condições de circulação no Sistema rodoviário em análise, procedeu-se ao cálculo dos níveis de serviço em todos os trechos homogêneos das rodovias em análise, com base no método preconizado no HCM (*Highway Capacity Manual*, 2010).

O nível de serviço permite descrever, de modo quantitativo e qualitativo, as condições de funcionamento de uma determinada infraestrutura rodoviária, bem como a sua percepção pelos usuários. São definidos seis níveis diferentes, de “A” a “F”, em que “A” corresponde ao nível de qualidade mais elevada.

O plano de alargamentos da rodovia deverá ser definido de acordo com os resultados desta análise, de acordo com os níveis de demanda previstos, ao longo do horizonte de análise e para cada um dos diferentes trechos da concessão.

Como principais *inputs* para esta análise de capacidade destacam-se:

- Do lado da demanda, o volume total e a porcentagem de caminhões, o peso da hora de pico, o fator de pico horário e a distribuição do volume por sentido, por trecho e ano de análise;
- Do lado das características operacionais da rodovia, o número de faixas, a velocidade em regime livre, a largura da faixa e dos acostamentos, a densidade de acessos, o tipo de relevo (plano ou ondulado) e a extensão da rodovia com proibição de ultrapassagem.

O cálculo do nível de serviço foi desenvolvido considerando a desagregação por trechos homogêneos definida para o Sistema BA 052 (vide seção 7.1.1).

8.1. Características Geométricas

Para o cálculo do nível de serviço considerou-se os dados recolhidos durante a inspeção de campo realizada pela equipe de engenharia para definição do cadastro da rodovia.

A primeira informação a ter em conta respeita ao tipo de via, função direta do número de faixas por sentido que cada trecho homogêneo apresenta. Esta característica determina a metodologia de análise de nível de serviço a considerar: rodovia de pista simples ou pista dupla.

O levantamento de cadastro efetuado mostra que a rodovia apresenta, em toda a sua extensão, um perfil simples, com uma pista por sentido. As restantes características geométricas adotadas para este cálculo do nível de serviço encontram-se sistematizadas na Tabela 31.

Tabela 31 - Características geométricas – resumo

Trecho	BA	Extensão (km)	Tipo de Terreno	Perfil	% de extensão com ultrapassagem proibida	Classe Via	Largura pista (m)	Largura berma (m)	Velocidade em regime livre (km/h)	n.º de interseções/km
TH 1	052	12,4	Plano	2x1	30%	II	3,7	5,0	80	0,162
TH 2	052	28,1	Plano	2x1	30%	II	3,7	4,8	80	0,071
TH 3	052	44,7	Plano	2x1	30%	II	3,7	4,3	80	0,045
TH 4	052	53,2	Plano	2x1	30%	II	3,5	4,9	80	0,038
TH 5	052	35,5	Plano	2x1	30%	II	3,5	4,7	80	0,056
TH 6	052	11,1	Ondulado	2x1	30%	II	3,5	4,1	80	0,180
TH 7	052	26,6	Ondulado	2x1	30%	II	3,5	4,0	80	0,075
TH 8	052	56,9	Plano	2x1	30%	II	3,5	4,9	80	0,035
TH 9	052	26,3	Plano	2x1	30%	II	3,4	4,7	80	0,076
TH 10	052	7,7	Plano	2x1	30%	II	3,6	4,2	80	0,258
TH 11	052	47,1	Plano	2x1	30%	II	3,5	4,2	80	0,042
TH 12	052	1,4	Plano	2x1	30%	II	3,0	4,3	80	1,404
TH 13	052	34,8	Plano	2x1	30%	II	3,3	4,9	80	0,058
TH 14	052	31,5	Plano	2x1	30%	II	3,5	4,4	80	0,063
TH 15	052	43,6	Plano	2x1	30%	II	3,4	4,3	80	0,046
TH 16	160	37,5	Plano	2x1	30%	II	3,6	2,0	80	0,053
TH 17	160	48,0	Plano	2x1	30%	II	3,6	2,0	80	0,042
TH 18	148-432	4,9	Plano	2x1	30%	II	3,6	4,0	80	0,409
TH 19	148-432	42,2	Plano	2x1	30%	II	3,6	2,0	80	0,047
TH 20	148-432	39,6	Plano	2x1	30%	II	3,6	2,0	80	0,050
TH 21	148-432	53,4	Plano	2x1	30%	II	3,6	2,0	80	0,037

8.2. VDMA e Volume Horário

Os valores de VDMA foram obtidos a partir das alocações do modelo de tráfego, considerando a distinção entre as categorias de veículos leves e caminhões.

Para a aferição do coeficiente de VHP (Volume Horário de Projeto)/VDMA, bem como do fator de distribuição direcional (utilizado para a estimativa do volume

horário no sentido mais carregado), considerou-se a informação recolhida nas pesquisas de campo nos trechos correspondentes. Nos trechos em que não foram realizadas pesquisas de campo, adotou-se o valor médio dos trechos adjacentes.

O FHP (Fator Horário de Pico), correspondente ao volume da hora de pico do período de tempo considerado, dividido pelo quádruplo do volume do período de quinze minutos da hora de pico com maior fluxo de tráfego, foi igualmente aferido com base nas pesquisas de campo, tendo-se registrado um intervalo de variação de valores entre 0,83 e 0,98, consoante o trecho em análise.

A Tabela 32 resume os valores adotados para cada um dos trechos homogêneos.

Tabela 32 – Volume horário e distribuição direcional

Trecho	BA	VHP / VDMA	Distribuição por sentido	FHP
TH 1	052	7,6%	50 / 50	0,98
TH 2	052	7,6%	50 / 50	0,98
TH 3	052	7,7%	50 / 50	0,98
TH 4	052	8,5%	50 / 50	0,96
TH 5	052	7,7%	50 / 50	0,92
TH 6	052	8,0%	60 / 40	0,91
TH 7	052	7,3%	50 / 50	0,95
TH 8	052	7,3%	60 / 40	0,95
TH 9	052	7,2%	60 / 40	0,94
TH 10	052	6,9%	50 / 50	0,96
TH 11	052	7,5%	50 / 50	0,98
TH 12	052	7,6%	50 / 50	0,90
TH 13	052	7,7%	50 / 50	0,83
TH 14	052	7,6%	60 / 40	0,90
TH 15	052	7,4%	60 / 40	0,97
TH 16	160	7,3%	50 / 50	0,92
TH 17	160	7,0%	50 / 50	0,86
TH 18	148-432	7,2%	50 / 50	0,97
TH 19	148-432	8,1%	50 / 50	0,96
TH 20	148-432	7,9%	60 / 40	0,94
TH 21	148-432	7,8%	70 / 30	0,93

Em seguida são apresentados os critérios para definição da capacidade e nível de serviço de rodovias de pista simples.

De acordo com o HCM2010 existem três abordagens para a análise de nível de serviço em pista simples, que dependem da classe a que a via pertence, sendo:

- Classe I - Estradas em que os condutores esperam circular a velocidades relativamente elevadas. Inclui vias principais interurbanas e artérias principais que ligam a grandes polos geradores de tráfego. São rodovias que frequentemente servem viagens de longa distância casa-trabalho ou que servem de ligação a estas infraestruturas.
- Classe II - Vias em que os condutores não esperam (necessariamente) circular a velocidades elevadas. Caracterizam-se por serem rodovias de acesso às vias da classe I, vias panorâmicas ou recreativas, ou que passam por terrenos de declive acentuado. Servem principalmente viagens de curta distância, de lazer ou coincidem com o trajeto inicial ou final de viagens de longo curso.
- Classe III - Vias que servem áreas moderadamente desenvolvidas. Podem ser partes de vias de classe I ou II que atravessam pequenas cidades ou áreas recreativas. Nestes trechos, o tráfego local mistura-se frequentemente com o tráfego de atravessamento, e a densidade de acessos laterais sem semáforos é superior à que se encontra tipicamente numa área mais rural. Nesta classe incluem-se também trechos mais extensos que atravessam áreas recreativas, mas com densidades de ocupação elevadas, acompanhados geralmente de reduções do limite de velocidade que refletem essa ocupação.

De acordo com as suas características (geométricas e operacionais), considerou-se que os subtrechos em análise pertencem à Classe II.

São três os parâmetros propostos pelo HCM para a determinação do nível de serviço em rodovias de uma via por sentido:

- Velocidade média de percurso - reflete o desempenho da função mobilidade, sendo o seu valor igual ao comprimento do trecho em estudo dividido pelo tempo médio de travessia de todos os veículos;

- Porcentagem de tempo de atraso - este parâmetro pretende considerar as funções de mobilidade e acessibilidade, sendo definido como o tempo médio perdido por todos os veículos, em virtude de se deslocarem em pelotão e poder não ser possível a ultrapassagem⁹;
- A proporção de capacidade utilizada é definida tendo em conta a relação entre o fluxo existente e a capacidade da infraestrutura.

Os parâmetros necessários para o seu cálculo, bem como os pressupostos considerados em termos de características de cada trecho homogêneo e da sua demanda foram já apresentados na Tabela 31.

8.3. Resultados Obtidos

A avaliação do nível de serviço foi desenvolvida considerando um conjunto selecionado de cenários que, no seu conjunto, permitem avaliar as condições de desempenho do Sistema BA 052 em diferentes opções de desenvolvimento rodoviário futuro, nomeadamente:

- Cenário base, sem ponte e sem pedágio no Sistema BA 052;
- Cenário com Ponte sem pedágio e sem pedágio no Sistema BA 052;
- Cenário com Ponte com pedágio a 50% do valor das balsas e sem pedágio no Sistema BA 052;
- Cenário com Ponte com pedágio a 50% do valor das balsas e com pedágio no Sistema BA 052, com três praças e tarifa de R\$ 0,07/km.

Considerando os resultados obtidos estima-se que, globalmente e de acordo com os níveis de demanda de tráfego previstos, os trechos do Sistema BA 052 funcionem com um nível de serviço variável entre “A” e “C”, com exceção para o trecho homogêneo 18, localizado na BA 148 junto a Irecê, onde se registra um nível de serviço “D” a médio prazo. Este é um trecho de características marcadamente urbanas, com forte peso do tráfego local, pelo que o resultado

⁹ dada a dificuldade de medir este parâmetro no campo, pode ser usada como alternativa a este fator a percentagem de veículos que se desloca com um intervalo inferior a 3 segundos, em relação ao veículo da frente;

obtido associado aos parâmetros operacionais adotados para a sua caracterização (mais exigentes do que o necessário para vias de perfil urbano) não deverá constituir uma situação problemática.

Assim se conclui que, apesar do aumento de demanda de tráfego previsto ao longo do horizonte de análise e nos diferentes cenários considerados, a oferta instalada é suficiente, mantendo-se as boas condições de circulação em todo o período.

No **Anexo 4** podem ser consultados os resultados obtidos em cada um dos cenários analisados. A título ilustrativo, resume-se nas figuras seguintes os resultados obtidos, por trecho homogêneo, para o cenário Base e para o cenário com pedágio no Sistema BA 052 com três praças e tarifa de R\$ 0,07/km.

Tabela 33 – Nível de serviço por trecho homogêneo – Cenário sem Ponte e sem pedágio no Sistema BA 052

	BA	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	2043	2044	2045	2046	2047		
TH 1	052	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 2	052	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 3	052	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 4	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 5	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	
TH 6	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 7	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
TH 8	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	
TH 9	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 10	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 11	052	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	
TH 12	052	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 13	052	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 14	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 15	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B
TH 16	160	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TH 17	160	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TH 18	148-432	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E
TH 19	148-432	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
TH 20	148-432	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
TH 21	148-432	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Tabela 34 – Nível de serviço por subtrecho homogêneo - Cenário com Ponte com pedágio a 50% das balsas e com pedágio no Sistema BA 052 com três praças e tarifa de R\$0,07/km

	BA	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	2043	2044	2045	2046	2047		
TH 1	052	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C		
TH 2	052	B	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 3	052	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	
TH 4	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 5	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	
TH 6	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 7	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
TH 8	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	
TH 9	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 10	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	
TH 11	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	
TH 12	052	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 13	052	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
TH 14	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
TH 15	052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	
TH 16	160	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TH 17	160	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TH 18	148-432	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E
TH 19	148-432	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
TH 20	148-432	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
TH 21	148-432	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

ANEXO 1 – VALORES OBSERVADOS DAS VARIÁVEIS E ELASTICIDADES

ANEXO 2 – PREVISÃO DO PIB

ANEXO 3 – PROJEÇÃO DE DEMANDA

ANEXO 4 – NÍVEL DE SERVIÇO