ESTUDOS DE TRÁFEGO

Relatório Técnico 1.1 - Estudos de Engenharia - Volume 1

Estudos Técnicos Destinados à Implementação de Concessão de Rodovias Estaduais do Rio de Janeiro – PMI.

GRUPO 3 – NORTE – RJ 244

24/04/2019

CONTROLE DE REVISÃO

R00	30/10/2018	EMISSÃO INICIAL			
REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	CONF.	APROV.
REVISÕES					

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 4

2 LEVANTAMENTO DE DADOS 5

2.1 TRABALHOS DE CAMPO 6

2.1.1 Definição do Número de Postos de Pesquisa 6

2.1.2 Planejamento e Realização das Pesquisas 9

2.1.3 Cronograma de Atividades 10

2.1.4 Análise de Consistência e Validação dos Dados de Campo 11

2.1.5 Contagens Volumétricas e Classificatórias 11

2.1.6 Pesquisas Origem-Destino 14

2.1.7 Pesquisa de Preferência Declarada 18

3 MONTAGEM DA REDE GEORREFERENCIADA 21

3.1 REDE VIÁRIA – BASES DE LINKS E DE NÓS 22

3.2 ZONEAMENTO 24

4 VOLUMES DIÁRIOS MÉDIOS ANUAIS - ANO BASE 2018 25

4.1 FATORES DE SAZONALIDADE 26

4.2 ESTIMATIVA DOS VOLUMES DIÁRIOS MÉDIOS ANUAIS 27

4.3 EIXOS SUSPENSOS 28

5 MATRIZES ORIGEM-DESTINO - ANO BASE 2018 29

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAGENS DE AUTOMÓVEIS 30

5.1.1 Idade da Frota 30

5.1.2 Motivo da Viagem 31

5.1.3 Frequência das Viagens 32

5.1.4 Pagamento de Pedágio e Cobrança Automática 33

5.1.5 Renda 34

5.1.6 Origem e Destino das Viagens 35

5.1.7 Viagens Associadas ao Porto do Açu 36

5.1.8 Zona Urbana de Campos dos Goytacazes 36

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAGENS DE CAMINHÕES 37

5.2.1 Frequência das Viagens 38

5.2.2 Produtos Transportados 38

5.2.3 Pagamento de Pedágio e Uso de Cobrança Automática 39
5.2.4 Origem e Destino das Viagens 40
5.2.5 Viagens Associadas ao Porto Do Açu 43
5.2.6 Zona Urbana de Campos dos Goytacazes 43
5.3 EXPANSÃO DAS PESQUISAS OD 44
6 PROCESSAMENTO DA PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA (PD) 46
6.1 CONSISTÊNCIA DOS DADOS 46
6.2 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO COMPORTAMENTAL 47
6.3 MODELOS ESCOLHIDOS 48
6.3.1 Automóveis 48
6.3.2 Caminhões 49
6.3.3 Valores do Tempo 50
6.4 ANÁLISE DE FUGA 51
7 ALOCAÇÃO DE VIAGENS PARA O ANO BASE 55
7.1 METODOLOGIA DE ALOCAÇÃO 55
7.2 CALIBRAÇÃO DO MODELO DE OFERTA 57
7.3 AJUSTE DA MATRIZ SEMENTE 57
7.4 PERFIL DE TRÁFEGO NA RODOVIA 60
8 LOCALIZAÇÃO DA PRAÇA DE PEDÁGIO E CENÁRIOS AVALIADOS 61
9 METODOLOGIA DE PROJEÇÃO DO TRÁFEGO 62
10 MATRIZ DE TRÁFEGO REGIONAL 64
11 MATRIZ DE TRÁFEGO PARA O PORTO (CENÁRIO BASE) 65
12 MATRIZ DE TRÁFEGO PARA O PORTO (CENÁRIO CONSERVADOR) 67
12.1 DEFINIÇÃO DAS CARGAS ANALISADAS 69
12.2 MATRIZ DE MOVIMENTAÇÃO PORTUÁRIA 71
12.2.1 Grãos Agrícolas 72
12.2.2 Contêineres 97
12.2.3 Carvão 105
12.2.4 Bauxita 112
12.3 MATRIZ DO COMPLEXO INDUSTRIAL 115
12.3.1 Siderúrgica 115

12.3.2 Cimenteira 119
12.3.3 Refinaria 123
12.3.4 Logística Marítima 129
12.3.5 Materiais de construção 135
12.4 DEMAIS PRODUTOS 136
12.5 TRÁFEGO TOTAL PARA O PORTO 137
13 RESULTADOS DE PROJEÇÃO DO TRÁFEGO 140
13.1 ESTUDO DE CAPACIDADE DA RODOVIA 149
13.2 ESTIMATIVA DO NÚMERO ESTRUTURAL (NÚMERO N) 153
14 BIBLIOGRAFIA 154
15 ANEXO 159
15.1 ZONEAMENTO INTERNO À CAMPOS DOS GOYTACAZES / SÃO JOÃO DA BARRA 159
15.2 ROTAS AO PORTO PELA RJ-244 E RESPECTIVAS ROTAS DE FUGA PARA CADA ZONA DE TRÁFEGO INTERNA A CAMPOS DOS GOYTACAZES 160

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem por objetivo apresentar a metodologia, dados e premissas utilizados no estudo de demanda de tráfego, assim como os resultados da estimativa do volume de tráfego, por categoria veicular e por ano, na praça de pedágio e nos diversos segmentos homogêneos da Rodovia RJ-244 do Grupo 3 – Norte dos estudos técnicos destinados à implementação de concessão de rodovias estaduais no Rio de Janeiro.

A projeção do volume de tráfego é relevante para a modelagem do comportamento do usuário em relação à cobrança de tarifa de pedágio e à identificação das principais rotas e volumes de fuga; à previsão de receitas obtidas na cobrança tarifária; e à caracterização do nível de serviço e identificação da necessidade de investimentos para melhoria da capacidade viária. Os volumes de tráfego resultantes foram classificados por tipo de veículo (automóveis, ônibus, caminhões e motocicletas e suas respectivas subcategorias), para o período de 2020 a 2044, que é o período previsto para a concessão. A sequência das atividades do estudo é ilustrada na Figura 1.

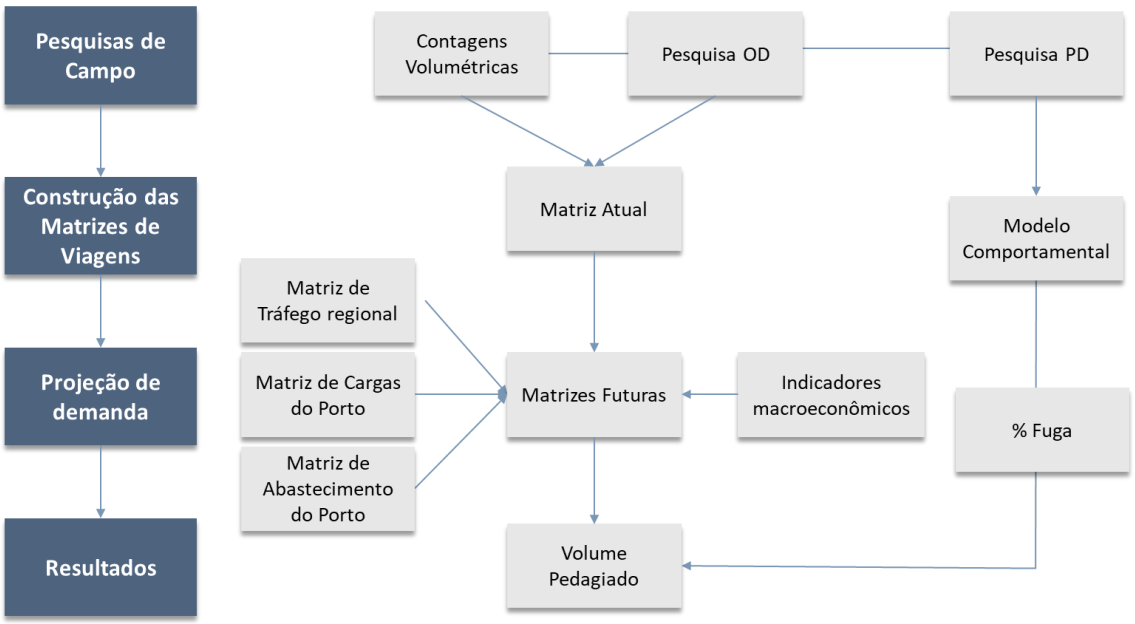


Figura 1 - Fluxograma de atividades do estudo de tráfego

Fonte: elaboração própria

As matrizes de viagens, para o ano base, foram obtidas através de pesquisas origem e destino com usuários das rodovias (Pesquisa OD). As matrizes de campo são ajustadas ao Volume Diário Médio Anual de cada trecho (VDMA), obtidos das séries históricas de tráfego e das Contagens Veiculares Classificadas (CVC). As matrizes dos anos futuros foram estimadas considerando o volume carga previsto para o Porto do Açu – que estará intrinsecamente correlacionado com o volume de tráfego da rodovia RJ-244 – e a evolução de indicadores macroeconômicos.

Os volumes de tráfego nos diferentes segmentos da rodovia em estudo foram determinados através da alocação de viagens em um modelo de simulação, composto por uma rede referenciada representativa do sistema em estudo e informações levantadas em campo ou a partir de fontes secundárias.

É considerado nesta alocação apenas o volume potencial, ou seja, aquele que faria uso da rodovia ao longo do período de concessão caso não existisse qualquer tipo de cobrança tarifária. Externamente à simulação foi estimado o volume pedagiado, considerando a cobrança de tarifa. A diferença entre esses volumes é o volume de fuga, referente aos veículos que não aceitam pagar pedágio e utilizam rotas alternativas. O pagamento ou não da tarifa é modelado através de um modelo binário de escolha do tipo Logit, calibrado através de pesquisas de preferência declarada (Pesquisa PD).

Na sequência foram analisados os volumes de tráfego em cada segmento homogêneo da rodovia, que permitiram o cálculo de parâmetros fundamentais na estimativa do Capital Expenditure (CAPEX), como o nível de serviço, que resultaram em um cronograma apresentando as necessidades de ampliação de capacidade viária e também o cálculo do número N.

Além de auxiliar a frente de engenharia, o estudo de tráfego é responsável por estimar a receita da concessionária durante todo o período de concessão. A receita é baseada no volume de tráfego, por categoria veicular para a praça de pedágio.

2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Neste item serão abordadas as atividades referentes ao levantamento dos dados utilizados na caracterização da situação atual de tráfego e no desenvolvimento e calibração do modelo de transportes utilizado no estudo.

2.1 TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo têm por objetivo o levantamento de informações para caracterização da situação atual do tráfego (tráfego do ano base do estudo), podendo ser dividido em três tipos:

- ✓ Contagens volumétricas classificadas (CVC);
- ✓ Pesquisa origem-destino (Pesquisas OD);
- ✓ Pesquisa de preferência declarada (Pesquisas PD).

2.1.1 Definição do Número de Postos de Pesquisa

O número de postos de pesquisa é definido com o intuito de garantir a obtenção de um conjunto de informações que permita a caracterização detalhada do perfil das viagens, tanto volumétrico quanto comportamental, ao longo do trecho estudado.

Devido à importância do Porto do Açu no volume de tráfego futuro na RJ-244, optou-se por traçar uma *Screenline* contemplando seções rodoviárias de acesso ao Porto. Com base nessas premissas, foram então considerados 7 pontos de pesquisa, conforme apresentado na Figura 2 e detalhado na Tabela 1.

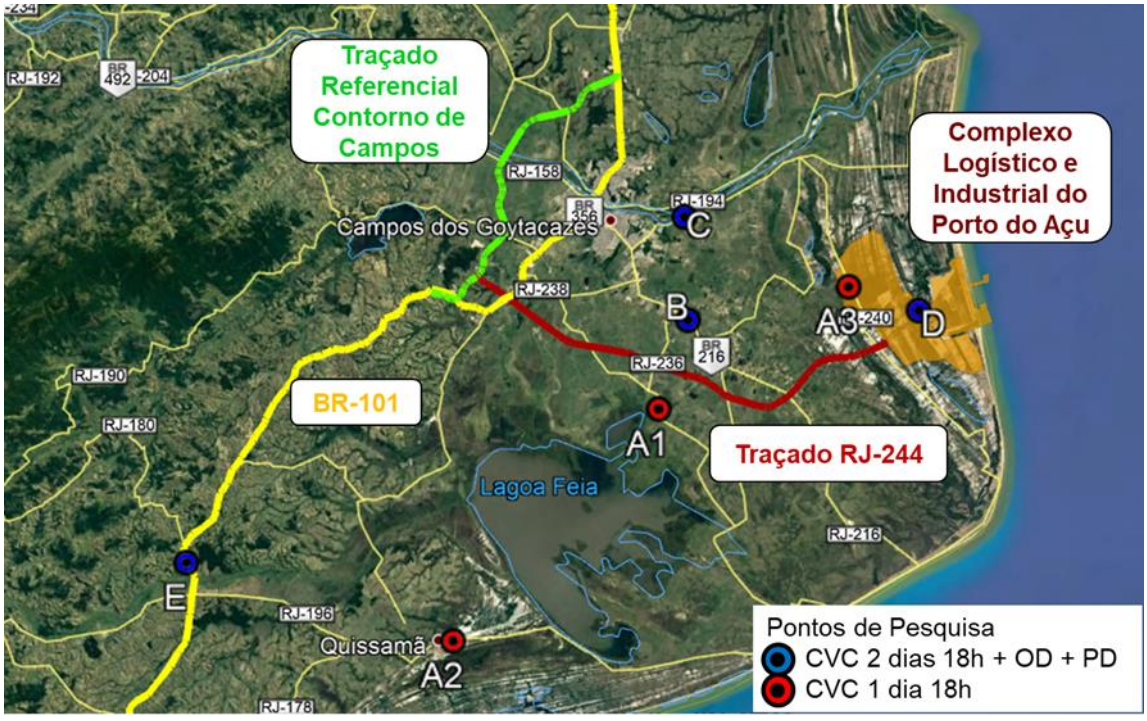


Figura 2 - Localização dos Postos de Pesquisa

Fonte: elaboração própria

Tabela 1 – Descrição dos Pontos de Pesquisa

Ponto de Pesquisa	Localização	Tipo de Pesquisa	Apoio da polícia
A1	RJ-208, entre os bairros de Tocos e São Martinho, em Campos dos Goytacazes	CVC	
A2	RJ-196, à Leste da mancha urbana do município de Quissamã	CVC	
A3	Entroncamento da RJ-240 e Estr. Sb 32. Todos os movimentos foram contados	CVC	
B	RJ-216, entre a Estrada Bulgalho (distrito de Goytacazes) e a RJ-196	CVC / OD / PD	PRE
C	BR-356, entre a interseção com a Avenida Alberto Lamego e o distrito de Martins Lage	CVC / OD / PD	PRF
D (Porto)	Entrada do Porto do Açu	CVC / OD / PD	
E (Pedágio)	Autopista Fluminense – Praça de Pedágio km 123, próximo ao acesso à Quissamã	OD / PD	

Fonte: elaboração própria

A princípio, todos os postos de pesquisa possuiriam contagens volumétricas e classificatórias (CVC), entretanto a contagem da praça de pedágio da Arteris pode ser substituída por sua série histórica fornecida pela concessionária. Como resultado, 1 ponto de contagem volumétrica e classificatória foi eliminado.

Também há 3 pontos de pesquisa onde foram realizadas apenas CVC. Optou-se por realizar apenas CVC nestes pontos pois tratam-se de rodovias com menor expressão regional, e cuja maior parcela das viagens seria captada em pontos de pesquisa OD próximos. Foram realizadas pesquisas OD em 4 pontos, e nestes mesmos pontos também se realizaram pesquisas de preferência declarada, para a determinação do valor do tempo dos usuários.

Além das premissas já citadas, a localização dos postos de pesquisa OD e PD considerou, para os pontos B e C, a necessidade de apoio da Policial Rodoviária Estadual e Federal, respectivamente, para a retenção dos veículos e para a garantia de segurança e integridade das equipes durante a realização dos trabalhos. O posicionamento exato dos postos de pesquisa, definido inicialmente com base em mapas, foi posteriormente ajustado com base em comentários das Polícias e em uma vistoria de campo.

Na vistoria buscou-se por locais que fornecessem condições adequadas de iluminação, segurança e apoio de toda espécie para os pesquisadores e policiais envolvidos, contribuindo assim para a qualidade da execução e dos dados obtidos nos trabalhos.

2.1.2 Planejamento e Realização das Pesquisas

Como o trabalho de pesquisa depende fundamentalmente da qualificação da mão de obra, é de fundamental importância ministrar treinamentos e adotar medidas de controle para que as pessoas envolvidas estejam tecnicamente preparadas para o serviço e conscientes da importância de se obter informações de campo com qualidade e confiabilidade.

Para a definição do cronograma das pesquisas foram consideradas diversas premissas e restrições, buscando melhorar a qualidade dos dados obtidos, dentre as quais destacam-se:

- ✓ Mínimo de 3 dias de pesquisa OD e PD por ponto, considerando no máximo um dia de final de semana;
- ✓ Evitar realizar pesquisas em pontos afetados por feriados, festividades e outros eventos locais ou nacionais[1], que possam influenciar o resultado da pesquisa.

As CVCs foram realizadas de forma manual e registradas em *tablet*. As Pesquisas OD e PD também foram realizadas com o auxílio de *tablets*, o que faz com que a aplicação da pesquisa seja mais rápida, e, além disso, não é necessário fazer a digitação dos dados, eliminando todos os erros relacionados a esta etapa da codificação dos dados.

Para garantir a uniformidade nos trabalhos, os pesquisadores recebem treinamento específico antes do início das atividades em campo. O treinamento é realizado na sede da própria empresa pelos coordenadores de serviço, para que seja possível dirimir todas as dúvidas dos pesquisadores quanto à aplicação das pesquisas em campo.

É feito também um treinamento específico para os supervisores das pesquisas, de forma que o supervisor possa realizar o controle e avaliação de cada pesquisador/entrevistador, em separado, com notas e avaliações pessoais, para constante qualificação e melhoria do serviço. Os supervisores também são responsáveis pela transferência dos dados dos *tablets* para o computador e pelo envio dos mesmos para a equipe de análise.

[1] Especificamente neste caso, o cronograma de realização da pesquisa também precisou evitar período próximo aos dias de realização do 1º e 2º turnos das eleições de 2018.

2.1.3 Cronograma de Atividades

As pesquisas de campo deste estudo foram divididas em duas etapas. A primeira rodada de pesquisas (somente contagens volumétricas classificadas) foram realizadas de 05 a 18 de junho. A continuidade das pesquisas estava originalmente programada para ser retomada imediatamente após a autorização do Conselho Gestor do Programa de Parcerias Público-Privadas (CGP) para iniciar os estudos técnicos, que ocorreu em 29 de agosto de 2018. Porém, em função das tratativas com a Polícia Rodoviária Estadual e Federal, houve a necessidade de adiar este início, sendo possível a realização das mesmas de 16 a 25 de outubro. Um novo levantamento de contagens volumétricas classificadas foi realizado nos mesmos pontos feitos em junho. O cronograma de cada ponto de pesquisa é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Cronograma Executado das Atividades de Campo

Ponto de Pesquisa	Tipo de Pesquisa	Junho														Outubro									
		05/06/2018 T	06/06/2018 Q	07/06/2018 Q	08/06/2018 S	09/06/2018 S	10/06/2018 D	11/06/2018 S	12/06/2018 T	13/06/2018 Q	14/06/2018 Q	15/06/2018 S	16/06/2018 S	17/06/2018 D	18/06/2018 S	16/10/2018 T	17/10/2018 Q	18/10/2018 Q	19/10/2018 S	20/10/2018 S	21/10/2018 D	22/10/2018 S	23/10/2018 T	24/10/2018 Q	25/10/2018 Q
A1	CVC																								
A2	CVC																								
A3	CVC																								
B	CVC																								
	OD/PD																								
C	CVC																								
	OD/PD																								
D	CVC																								
	OD/PD																								
E	OD/PD																								

Fonte: elaboração própria

As pesquisas de campo são essenciais para o resultado final do estudo por algumas razões:

- ✓ A disponibilidade de pagamento da tarifa da nova rodovia é estimada com base na pesquisa de preferência declarada (PD), afetando diretamente o volume de tráfego desviando para rotas de fuga;
- ✓ A matriz atual é estimada a partir da pesquisa de origem e destino (OD) realizadas no entorno de Campos dos Goytacazes, e calibrada em rede pelas contagens volumétricas e classificatórias (CVC);
- ✓ Alguns parâmetros utilizados para o cálculo da matriz futura utilizam dados das pesquisas de campo – como, por exemplo, a proporção de categorias de veículos de funcionários do Porto do Açu.

- ✓ A matriz de tráfego regional (explicada mais detalhadamente no capítulo 10) é estimada a partir da pesquisa de origem e destino (OD) realizada no entorno de Campos dos Goytacazes, e é essencial para estimar o fluxo de veículos que trafegarão pela rodovia, mas não pagarão o pedágio, tendo um modelo mais detalhado nos trechos homogêneos da RJ-244, com cálculo de nível de serviço mais assertivo.

2.1.4 Análise de Consistência e Validação dos Dados de Campo

Os dados coletados em campo foram enviados em formatos específicos para contagens, pesquisa origem-destino ou pesquisa de preferência declarada. Ao final de cada turno de trabalho, os dados foram recolhidos pelo supervisor da equipe.

Na detecção de alguma discrepância nos dados, imediatamente a equipe que realizou a coleta de dados era contatada para que se descobrissem quais os motivos para ocorrência destas (eventos atípicos, tal como acidentes ou interrupção da via). Após esta análise preliminar, os dados foram encaminhados para a equipe de escritório, onde são novamente analisados pelos técnicos responsáveis pela modelagem de tráfego. Caso ainda tenham sido identificados dados duvidosos ou problemáticos, os supervisores da pesquisa foram contatados para verificar se existia eventuais erros de digitação ou a ocorrência de eventos atípicos no dia da pesquisa.

O processo de análise de consistência e validação dos dados foi feito de forma iterativa até que não sejam identificados quaisquer tipos de inconsistências nos dados levantados.

2.1.5 Contagens Volumétricas e Classificatórias

As contagens volumétricas foram realizadas de forma manual em cada posto, registrados em *tablets*, nos pontos A1, A2, A3, B, C e D. Essas contagens servem para identificar as quantidades veiculares que trafegam nos arredores da RJ-244 a ser implementada, nos locais previamente escolhidos, identificados como os trechos mais representativos da região. As categorias consideradas para o levantamento foram:

- Motos
- Automóveis
    - Simples

- Com reboque de 1 eixo
- Com reboque de 2 eixos

- Ônibus
  - 2 eixos
  - 3 eixos
  - 4 eixos
- Caminhões
  - 2 eixos
  - 3 eixos
  - 4 eixos
  - 5 eixos
  - 6 eixos
  - 7 eixos
  - 8 eixos
  - 9 ou mais eixos
  - Eixos suspensos

Os dados de campo são apresentados em uma tabela, contendo o cabeçalho, com a identificação do posto, e em seguida o volume a cada 15 minutos, por sentido, para cada dia de pesquisa e categoria veicular. A planilha eletrônica com esses dados é exemplificada na Figura 3.

MOVIMENTO		MOTOS	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS			CAMINHÕES									Ponto	Sentido	Data
			SIMPLES	C/REBOQUE		2 E	3 E	4 E	2E	3E	4E	5E	6E	7E	8E	≥9 E	SUS-PENSOS			
				1 E	2 E															
00:00	00:15	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
00:15	00:30	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
00:30	00:45	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
00:45	01:00	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
01:00	01:15	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
01:15	01:30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
01:30	01:45	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
01:45	02:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
02:00	02:15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
02:15	02:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
02:30	02:45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
02:45	03:00	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
03:00	03:15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
03:15	03:30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
03:30	03:45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
03:45	04:00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018
04:00	04:15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	Praias / Porto	06/06/2018

Figura 3 - Detalhe da planilha Eletrônica de Contagem Volumétrica
Fonte: elaboração própria

Em seguida, as distribuições horárias obtidas ao longo de todos os dias de contagem foram analisadas com base em gráficos, como o apresentado na Figura 4. Estes gráficos facilitam a identificação de valores que, eventualmente, fogem de um padrão normalmente esperado.

Se alguma inconsistência (volumes muito altos, ou muito baixos em relação aos volumes imediatamente antes e após o horário analisado, desbalanceado entre os sentidos, volumes excessivos para alguma categoria específica) fosse identificada, os dados retornariam à empresa das contagens para validação ou eventual recontagem.

Através das contagens é possível estimar o comportamento do tráfego na rodovia ao longo do dia. Com esse comportamento do tráfego, é possível calcular o Nível de Serviço da rodovia, assim como dimensionar a estrutura das praças de pedágio.

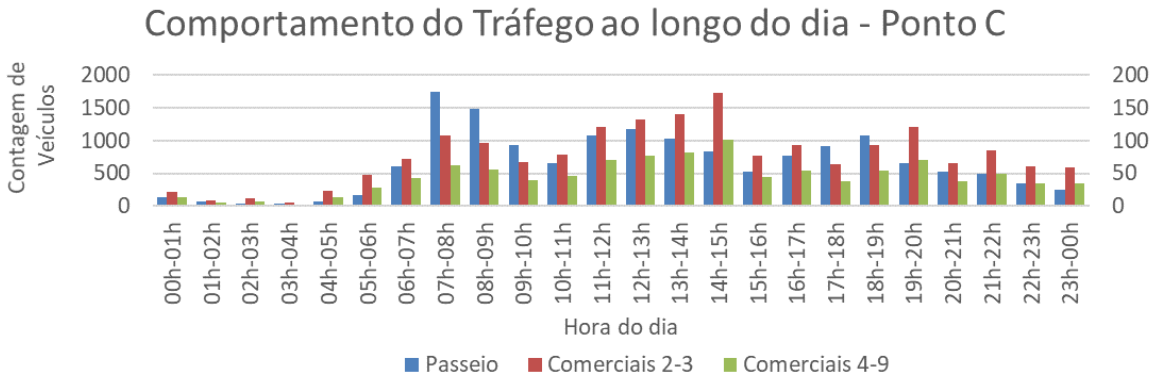


Figura 4 - Volume horário de tráfego no Ponto C
Fonte: elaboração própria

Os dados das CVC foram utilizados posteriormente para a determinação do VDMA das rodovias e consequentemente na expansão e ajuste da matriz origem-destino representativa do provável universo de viagens que utilizam as rodovias em estudo.

2.1.6 PESQUISAS ORIGEM-DESTINO

As Pesquisas OD têm por objetivo caracterizar o padrão das viagens tipicamente realizadas na área de estudo, o que é a base para a elaboração da matriz origem-destino de viagens adotada no estudo de tráfego. Através das pesquisas de origem e destinos são identificadas as características das viagens em termos qualitativos, e estas foram realizadas nos pontos B, C, D e E.

São realizadas através de entrevistas feitas com usuários da rodovia aleatoriamente escolhidos e parados no posto de pesquisa com o auxílio de policiais rodoviários. Após se identificar e explicar rapidamente o motivo da pesquisa, o pesquisador conduz a entrevista, perguntando ao usuário as características da viagem. Os dados levantados em campo são então transferidos dos *tablets* para computadores, e então enviados por e-mail para análise da consistência dos dados, seguindo procedimento similar ao adotado para as CVCs.

É importante ressaltar que o uso de *tablets* para a realização da Pesquisa OD permite a obtenção mais rápida de resultados, já que não é necessária a digitação dos dados na etapa de tabulação dos dados. Além disso a dificuldade para compreender a caligrafia dos pesquisadores é eliminada, e erros de digitação são minimizados através do uso de recursos de auto completar.

Outro recurso disponível no formulário eletrônico é a obrigatoriedade de preenchimento dos campos, assim, caso determinado campo não seja preenchido o formulário não é finalizado, o que evita com que o pesquisador esqueça de fazer alguma pergunta ou conclua um formulário que não seja considerado válido por falta de dados. O erro amostral para um nível de confiança de 95% foi inferior ou próximo a 5% em todos os pontos de pesquisa, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Quantitativo de entrevistas e erro amostral por ponto

Ponto	Automóveis			Caminhões		
	Entrevistas	Volume de Tráfego	Erro	Entrevistas	Volume de Tráfego	Erro
B	548	5611	4.0%	482	1137	3.4%
C	404	8430	4.8%	413	1647	4.2%
D	313	1128	4.7%	428	841	3.3%
E	365	8237	5.0%	282	3593	5.6%

Fonte: elaboração própria

Os formulários utilizados nas pesquisas são apresentados na Figura 5 e na Figura 6, a seguir.

ENTREVISTA DE ORIGEM-DESTINO EM SEÇÃO DE RODOVIA
(AUTOMÓVEIS)

Pesquisa nº _____ Posto _____ Data: ___/___/___

Hora: _____:_____ Sentido: de _____ para _____

Origem da Viagem

Município: _____ Estado: _____

Bairro/Distrito.: _____

Destino da Viagem

Município: _____ Estado: _____

Bairro/Distrito.: _____

1. Qual o tempo total de esperado para a viagem? Horas ☐☐ : ☐☐

2. Qual a Frequência dessa viagem? (no sentido da via): _____vezes por:

☐ 1. dia ☐ 2. semana ☐ 3. mês

☐ 4. ano ☐ 5. 1ª vez ☐ 6. eventualmente

3. Passa pelo trecho urbano de Campos? 1. Sim ☐ 2. Não ☐

Quanto tempo leva para atravessar? _____ minutos

4. Passa por trecho com pedágio entre a origem e o destino? 1. Sim ☐ 2. Não ☐

Quanto paga? _____

5. Tem como origem ou destino o Porto do Açu? 1. Sim ☐ 2. Não ☐

6. Por qual rodovia passou para acessar o porto? 1. BR-356 ☐ 2. RJ-216 ☐

7. Qual Local de:

Origem da Viagem ?	**Destino da Viagem ?**
☐ 1 Residência	☐ 1 Residência
☐ 2 Trabalho Diário	☐ 2 Trabalho Diário
☐ 3 Lazer/ Passeio / Visita	☐ 3 Lazer/ Passeio / Visita
☐ 4 Negócios	☐ 4 Negócios
☐ 5 Estudo	☐ 5 Estudo
☐ 6 Outros	☐ 6 Outros

8. Trabalha no/para o Porto do Açu? 1. Sim ☐ 2. Não ☐ **Qual empresa?** _____

9. Características do Veículo:

Marca ? _____ Modelo? _____

Ano de Fabricação? _____

10. Propriedade do Veículo:

☐ 1. próprio ☐ 2. empresa ☐ 3. alugado/emprestado ☐ 4. Outros

11. Se a viagem apresenta/apresentasse pedágios, quem paga/pagaria?

☐ 1. Motorista ☐ 2. empresa ☐ 3. Outros

12. Quem define a rota da viagem?

☐ 1. Motorista ☐ 2. empresa ☐ 3. Outros

13. Utiliza cobrança automática? **(ex. Sem Parar / Auto Expresso / outro)**

☐ 1. Sim ☐ 2. Não

14. Faixa de renda do motorista ?

☐ 1 Até R$ 1.000	☐ 4 De R$ 3.001 a R$ 5.000
☐ 2 De R$ 1.001 a R$ 2.000	☐ 5 De R$ 5.001 a R$ 10.000
☐ 3 De R$ 2.001 a R$ 3.000	☐ 6 Mais de R$ 10.001

Pesquisador: _____ Supervisor: _____

Figura 5 - Formulário de pesquisa origem e destino para automóveis

Fonte: elaboração própria

ENTREVISTA DE ORIGEM-DESTINO EM SEÇÃO DE RODOVIA
(CAMINHÕES)

Pesquisa nº _____ Posto _____ Data: ___/___/___

Hora: _____:_____ Sentido: de _____ para _____

Origem da Viagem
Município: _____ Estado: _____
Bairro/Distrito.: _____

Destino da Viagem
Município: _____ Estado: _____
Bairro/Distrito.: _____

1. Qual o tempo total de esperado para a viagem? Horas ☐☐ : ☐☐

2. Qual a Frequência dessa viagem? (no sentido da via): _____vezes por:

☐ 1. dia ☐ 2. semana ☐ 3. mês
☐ 4. ano ☐ 5. 1ª vez ☐ 6. eventualmente

3. Passa pelo trecho urbano de Campos? 1. Sim ☐ 2. Não ☐
Quanto tempo leva para atravessar? _____ minutos

4. Passa por trecho com pedágio entre a origem e o destino? 1. Sim ☐ 2. Não ☐
Quanto paga? _____

5. Tem como origem ou destino o Porto do Açu? 1. Sim ☐ 2. Não ☐

6. Por qual rodovia passou para acessar o porto? 1. BR-356 ☐ 2. RJ-216 ☐

7. Número total de eixos _____ **6. Número de eixos suspensos** _____

8. Tipo de Carroceria:

☐ 1. Grade Baixa/Carga Seca ☐ 2. Grade Alta/Graneleiro ☐ 3. Prancha/Plataforma/Cegonha
☐ 4. Porta Container ☐ 5. Baú/Baú Frigorífico/Sider ☐ 6. Caçamba/Caçamba Basculante
☐ 7. Florestal/Canavieiro/Boiadeiro ☐ 8. Tanque/Silo ☐ 9. Outros

9. O caminhão está?

☐ 1. carregado ☐ 2. vazio

10. Qual a carga transportada? (para vazios, Qual a carga usual?)

_____

11. Qual a empresa de origem ou destino no porto? _____

12. Qual o local de

Origem da Viagem ?	**Destino da Viagem ?**
☐ 1 Fábrica / Depósito	☐ 1 Fábrica / Depósito
☐ 2 Centro de Distribuição	☐ 2 Centro de Distribuição
☐ 3 Usina ou Silo	☐ 3 Usina ou Silo
☐ 4 Fazenda	☐ 4 Fazenda
☐ 5 Porto	☐ 5 Porto
☐ 6 Loja / Supermercado	☐ 6 Loja / Supermercado
☐ 7 Terminal de Cargas	☐ 7 Terminal de Cargas
☐ 8 Outros	☐ 8 Outros

13. Propriedade do Veículo:

☐ 1. próprio ☐ 2. transportadora ☐ 3. empresa / proprietário da carga

14. Se a viagem apresenta/apresentasse pedágios, quem paga/pagaria?

☐ 1. Motorista ☐ 2. transportadora ☐ 3. empresa / proprietário da carga

15. Quem define a rota da viagem?

☐ 1. Motorista ☐ 2. transportadora ☐ 3. empresa / proprietário da carga

16. Utiliza cobrança automática? (ex. Sem Parar / Auto Expresso / outro)

☐ 1. Sim ☐ 2. Não

Pesquisador: _____ Supervisor: _____

Figura 6 - Formulário de pesquisa origem e destino para caminhões

Fonte: elaboração própria

Os dados das Pesquisas OD foram utilizados posteriormente para a determinação da matriz origem-destino representativa do provável universo de viagens que utilizam as rodovias em estudo.

2.1.7 Pesquisa de Preferência Declarada

As pesquisas de preferência declarada são utilizadas como ferramenta para obter informações para a modelagem do padrão de comportamento de usuários do sistema de transporte em relação às alternativas ou modos disponibilizados. É possível modelar a propensão de usuários a pagar pedágio e continuar utilizando a rodovia, ou de usuários buscarem outras alternativas não pedagiadas.

Ao contrário de pesquisas de preferência revelada, nas quais os entrevistados respondem perguntas sobre as características da viagem que está realizando através de um modo de transporte existente, as pesquisas de preferência declarada têm por objetivo a previsão da escolha dos usuários do sistema de transporte em função de características definidas para um cenário diferente do cenário de referência.

Uma pesquisa de preferência declarada consiste, basicamente, em apresentar ao entrevistado um conjunto de cenários comparativos entre duas alternativas (Figura 7). No caso em estudo, uma das alternativas pode ser realizar a viagem entre duas localidades utilizando a rodovia RJ-244, com pavimento em bom estado de conservação e pagando pedágio, enquanto que a segunda alternativa representa a viagem entre essas mesmas localidades utilizando uma rota de fuga, de terra ou pavimentada, em condições ruins de conservação, com acréscimo de tempo em relação à alternativa pedagiada.

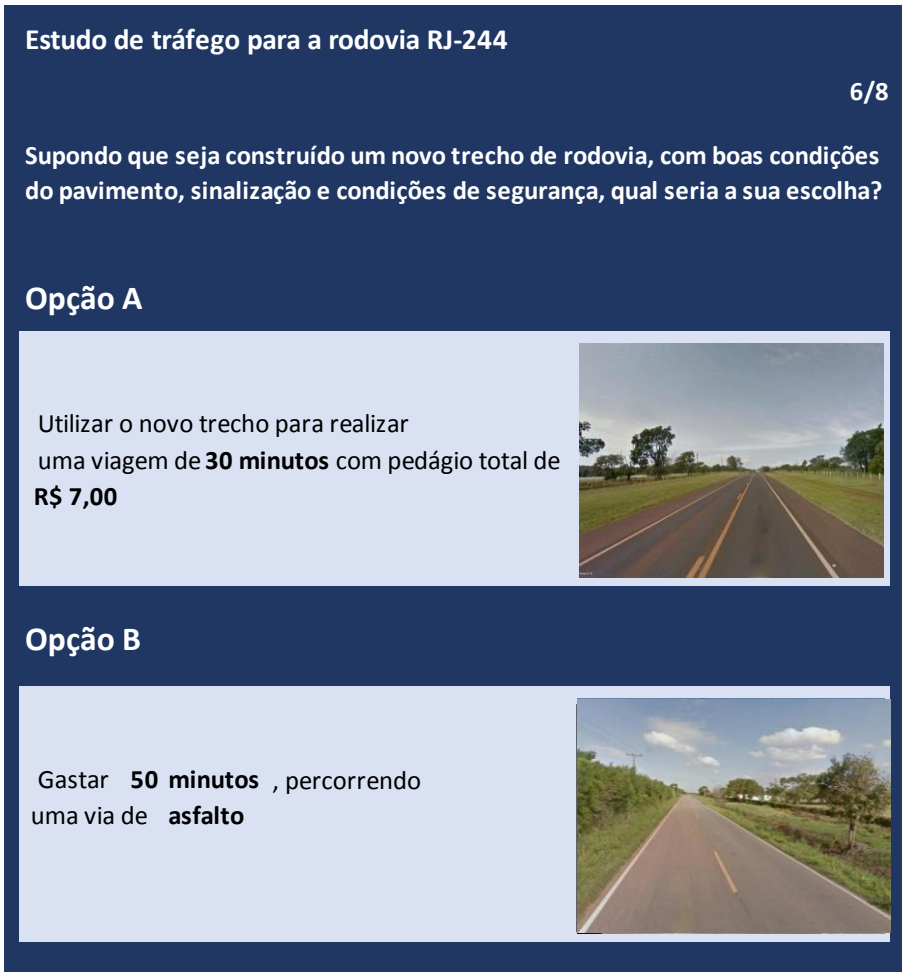


Figura 7 - Par de cenários apresentados ao entrevistado na pesquisa PD

Fonte: elaboração própria

Cada cenário contempla um conjunto de atributos considerados pelo usuário na escolha da alternativa. Normalmente, são considerados o valor monetário (ou tarifa) e o tempo de deslocamento, dentre outros.

Os resultados da pesquisa de preferência declarada são utilizados na calibração de um modelo de escolha discreta do tipo Logit, no qual a probabilidade de escolha de um modo é baseada na maximização da utilidade do modo. A principal abordagem dos modelos desta natureza é que no processo decisório o indivíduo tentará maximizar a utilidade da sua escolha, um processo de "troca" entre custos associados aos benefícios das escolhas. Este processo de "trocas" é modelado dentro na estrutura analítica de funções de utilidade como os indivíduos sendo caracterizados por um comportamento racional de consumo. O resultado deste processo é traduzido em termos da probabilidade de eleger uma

alternativa a partir de regras de comportamento, sendo utilizado na estimativa dos percentuais de fuga e de permanência na praça de pedágio.

Em função do número de combinações ou cenários, é necessário criar blocos ou grupos para garantir um número máximo de perguntas por entrevistado, evitando assim fadiga e obtenção de respostas incoerentes. Uma das preocupações práticas na aplicação da pesquisa de preferência declarada é evitar que o número de cenários apresentados a um entrevistado seja muito grande. Em geral, é difícil que um entrevistado esteja disposto a realizar mais do que 8 ou 10 escolhas de cenário. Neste estudo, foram considerados 6 blocos de 8 cenários cada.

A realização das pesquisas de preferência declarada ocorre de forma conjunta com a realização das pesquisas origem-destino, de tal forma a ser possível a correlação entre variáveis obtidas na pesquisa origem-destino (tais como propriedade do veículo) com as escolhas das alternativas por parte do entrevistado.

Dessa maneira, as perguntas referentes à pesquisa de preferência declarada são feitas ao entrevistado assim que ele termina de responder as perguntas referentes à pesquisa origem-destino. Conforme já mencionado, o experimento consiste em apresentar ao entrevistado pares de alternativas (em um *tablet*), sendo que o usuário deve escolher a alternativa que julgar mais vantajosa em função do conjunto de valores de atributos apresentados. O experimento termina assim que o usuário realizar a escolhas de todos os cenários do bloco ou quando não quiser mais responder, por fadiga ou outro motivo.

As escolhas por cenário são anotadas em formulário eletrônico (Tabela 4) para posterior tabulação dos dados, análise e calibração do modelo de escolha. É importante anotar claramente a sequência numérica para cada entrevistado, um código identificador do bloco selecionado, cenário (P1 a P8) e a alternativa selecionada (A para via pedagiada, B para rota de fuga).

Tabela 4 - Exemplo de respostas obtidas em pesquisa de preferência declarada

Entrevistado	Bloco	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	2	A	A	B	B	A	B	B	A
2	3	B	B	B	A	A	B	B	B

Fonte: elaboração própria

3 MONTAGEM DA REDE GEORREFERENCIADA

A rede de simulação baseia-se em um banco de dados georreferenciado, criado com o uso do software de modelagem de transportes PTV Visum®. O banco de dados é subdividido em bases (layers), nas quais são inseridas informações ou atributos necessários para o processo de modelagem.

A malha rodoviária é representada através da base de links e da base de nós. Tais bases são resultantes de estudos anteriores realizados, sendo atualizadas constantemente com novas informações, incluindo as de levantamentos de campo.

Neste processo, são codificados ou atualizados atributos de cada link da rede, tais como o tipo de pavimento, tipo de pista e estado de conservação da via, que serão consideradas na escolha de rotas durante a alocação das viagens no modelo.

Além destas bases, uma terceira base contém as zonas de tráfego, que são as zonas de origem e destino das viagens alocadas ao modelo de simulação. As zonas representam regiões com características razoavelmente homogêneas e/ou atributos particulares, que podem ser utilizados como variáveis explicativas do crescimento do tráfego.

Para efeito da modelagem da rede, considera-se que todas as viagens existentes sejam geradas ou atraídas pelos centroides das zonas de origem e destino. Cada zona possui um centroide específico, normalmente posicionado na mancha urbana principal do município.

As zonas são conectadas fisicamente à rede viária através de uma quarta base, denominada base de conectores, que une os centroides a um nó do sistema viário. Um centroide pode possuir mais de um conector, e consequentemente pode estar conectado a vários nós da rede viária, permitindo a representação dos acessos existentes.

Toda e qualquer viagem observada tem origem e/ou destino em um centroide, sendo alocadas aos conectores e links da rede conforme os caminhos de menor impedância (custo generalizado) que ligam os pontos de origem e destino.

Para este estudo da RJ-244, foram digitalizadas informações para a modelagem e previsão do tráfego nos diversos segmentos da rodovia, tais como tempos de viagem em diferentes segmentos da rede, configuração da pista (simples, simples com faixa adicional, dupla convencional, dupla expressa com três ou mais faixas por sentido, vias urbanas e acessos), tipo de terreno (plano, ondulado ou montanhoso), tipo de pavimento (pavimentada, implantada ou leito

natural) e estado de conservação do pavimento (bom, regular ou ruim). Tais informações servirão como base para cálculo dos custos generalizados de viagens entre os diferentes pares origem-destino que fazem uso do trecho de via em estudo.

Os próximos itens apresentam detalhes sobre a montagem e desenvolvimento das bases de links e de zonas que serão utilizadas no modelo de simulação de tráfego.

3.1 REDE VIÁRIA – BASES DE LINKS E DE NÓS

As bases de links e de nós utilizadas no estudo contemplam todas as rodovias pertencentes às malhas viárias federal, estadual ou municipal do território nacional. No total, são 42.790 links e 17.108 nós representados na rede de simulação, conforme Figura 8.

Figura 8 - Rede georreferenciada – Links Brasil e Área de estudo

Fonte: elaboração própria

As rodovias são segmentadas em links, cada um deles contendo atributos específicos, organizados em formato tradicional de banco de dados. Os atributos de cada link podem ser visualizados no PTV Visum® através de um clique no link.

Cada link possui diversos atributos pré-definidos e permite a criação qualquer novo atributo, a depender das necessidades do estudo. Os principais atributos utilizados no modelo de simulação são os seguintes:

- No: código identificador do link da rede;
- *Length*: comprimento do link (km);
- V0Prt: Velocidade do link (km/h);

- SNV: código adotado no sistema nacional de viação (SNV) para identificação do segmento viário;
- UF: unidade da federação onde a rodovia está localizada;
- COD_TIPO: código que descreve o tipo de pavimento (Tabela 5),
- COD_REL: código que descreve o tipo de relevo (
- Tabela 6);
- COD_PAV: código que descreve a condição do revestimento do pavimento (
- Tabela 7);

Tabela 5 - Códigos de tipo de pavimento

Código	Tipo de pavimento
1	Asfaltado
2	Terra
3	Leito Natural

Fonte: elaboração própria

Tabela 6 - Códigos de tipo de relevo

Código	Relevo
1	Plano
2	Ondulado
3	Montanhoso/Sinuoso

Fonte: elaboração própria

Tabela 7 - Códigos de condição de revestimento do pavimento

Código	Estado de conservação
1	Bom
2	Regular
3	Ruim

Fonte: elaboração própria

A atualização dos atributos da rede georreferenciada é feita não somente para a rodovia de estudo, mas também para as possíveis rotas de fuga e rotas alternativas do entorno. Suas caracterizações permitem a comparação entre as distâncias e tempos adicionais despendidos nas rotas de fuga, em relação às distâncias e tempos gastos para percorrer o trecho correspondente da RJ-244.

O tempo de percurso adicional gasto por um automóvel para percorrer as rotas de fuga serve como base para a definição do tempo adicional gasto por veículos de outras categorias, tais como caminhões, desde que seja identificada a possibilidade de circulação destes veículos na rota alternativa.

3.2 ZONEAMENTO

Para a definição do zoneamento utilizado no estudo de demanda de tráfego foi necessário definir qual abrangência física seria considerada na simulação de tráfego. Quanto mais distante da área de estudo, mais agregadas serão as zonas de tráfego uma vez que as viagens de longa distância tendem a se concentrar em eixos rodoviários específicos, independente da zona de origem ou destino da viagem.

O zoneamento foi inicialmente definido na atividade de planejamento das atividades de campo e, posteriormente, adequado aos resultados obtidos nas Pesquisas OD, de forma a representar as viagens existentes da forma mais real possível. Foi elaborado um zoneamento específico para o estudo, com zoneamento por estado (mais distante da área de estudo), mesorregiões, microrregiões, municípios e bairros (mais próximo à área de estudo). No total, são 191 zonas de tráfego, sendo 29 zonas representando a área urbana de Campos / SJB, conforme Figura 9. A numeração de cada zona de tráfego interna à Campos / SJB está mais detalhada em ANEXO, item 15.1.

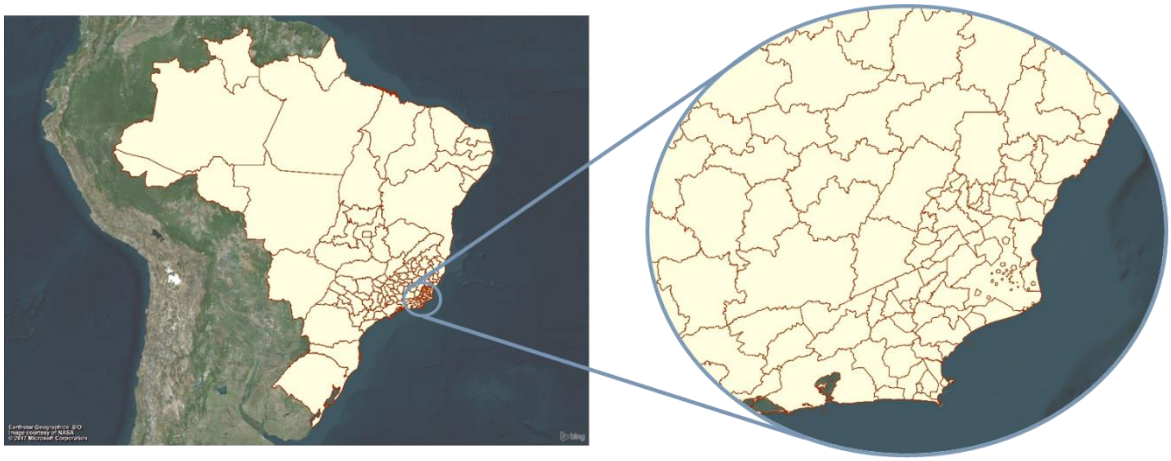


Figura 9 - Rede georreferenciada – Zonas Brasil e Área de estudo

Fonte: elaboração própria

4 VOLUMES DIÁRIOS MÉDIOS ANUAIS - ANO BASE 2018

O volume diário médio anual (VDMA) representa a soma dos volumes diários em um ponto ou segmento de rodovia, dividida pelo número de dias do ano. O VDMA é determinado a partir das contagens volumétricas em campo, que são convertidas em volumes anuais através da utilização de fatores de sazonalidade mensal, obtidos a partir de séries históricas de volumes diários observados em outros locais.

O VDMA para cada categoria veicular é calculado a partir de contagens diárias obtidas em campo:

$$VDMA = \frac{VDMS}{f_m}$$

em que

VDMA: volume diário médio anual (veículos/dia);

VDMS: volume diário médio referente à semana em que a contagem de campo foi realizada (veículos/dia); e

f_m: fator de sazonalidade mensal.

A metodologia para correção do volume diário médio semanal pelo fator de sazonalidade mensal é justificada pelo entendimento de que entre semanas dentro de um mesmo mês a variação sazonal não seja significativa. Desta forma, permite-se que os Volumes Diários Médios Semanais obtidos através das contagens volumétricas sejam tomados como os Volumes Diários Médios Mensais para o respectivo mês de realização das contagens.

Isto posto, o volume contabilizado em campo é corrigido pelo fator de sazonalidade mensal como um esforço de eliminar-se a influência da época em que as contagens tenham sido realizadas nas estimativas de volumes anuais, conforme ilustrado de forma esquemática na Figura 10. O fator f_m representa a variação do volume diário médio mensal VDMM em relação ao volume diário médio anual VDMA, obtidos de séries históricas disponíveis para locais próximos ou com comportamento sazonal similar ao do tráfego nos postos de contagem:

$$f_m = \frac{VDMM}{VDMA}$$

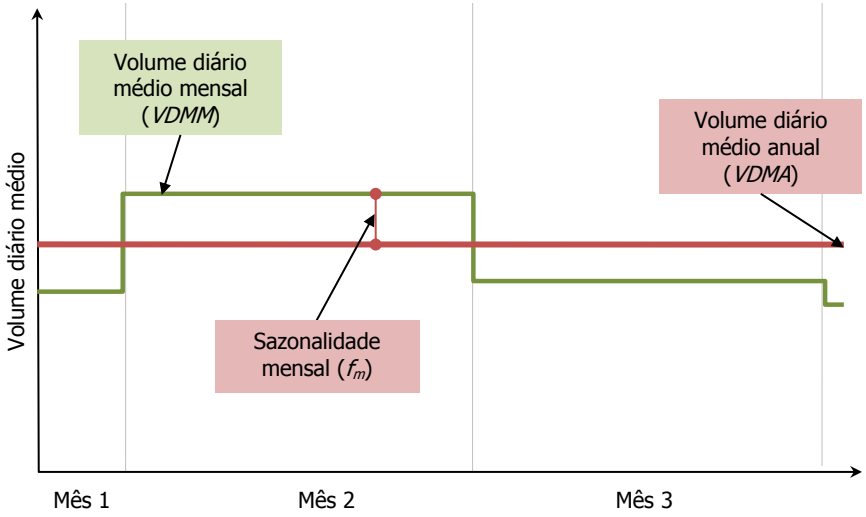


Figura 10 - Representação esquemática dos fatores f_m

Fonte: elaboração própria

4.1 FATORES DE SAZONALIDADE

Para o cálculo do volume diário médio anual é necessário que o volume médio da semana, obtido nas contagens de campo, seja corrigido em função da sazonalidade referente aos períodos em que as contagens foram realizadas.

Buscando obter uma melhor representação do efeito da sazonalidade na via, foram analisados os dados históricos de volumes pedagiados da praça de pedágio do Km 123 – Serrinha, Campos dos Goytacazes, da Autopista Fluminense fornecidos pela concessionária Arteris. Com estes dados foi possível obter os fatores de sazonalidade da rodovia RJ-244, que auxiliaram no cálculo do VDMA, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Fatores de sazonalidade – Praça de pedágio Serrinha – Autopista Fluminense

Mês	Passeio	Comerciais 2-3 eixos	Comerciais 4-9 eixos
Janeiro	1.172	0.982	0.902
Fevereiro	0.985	0.960	0.916
Março	0.952	1.007	0.992
Abril	0.979	0.928	0.898
Maio	0.916	0.983	0.971
Junho	0.945	0.981	0.962
Julho	1.036	0.996	0.958
Agosto	0.918	1.028	1.057
Setembro	0.989	1.036	1.029
Outubro	0.986	1.012	1.042
Novembro	0.965	1.034	1.090

Dezembro	1.152	1.048	1.175

Fonte: elaboração própria

Considerando as contagens volumétricas classificadas mais recentes, de outubro de 2018, os fatores utilizados para o cálculo do VDMA foram os apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Fatores de sazonalidade utilizados

Veículos	Fator de sazonalidade mensal
Passeio	0.986
Comerciais 2-3	1.012
Comerciais 4-9	1.042

Fonte: elaboração própria

4.2 ESTIMATIVA DOS VOLUMES DIÁRIOS MÉDIOS ANUAIS

Os valores de volumes diários médios anuais calculados para todos os pontos de contagem são apresentados na Tabela 10. Nesta figura, os valores de VDMA são unidirecionais, desagregados em veículos de passeio, comerciais 2 e 3 eixos e comerciais 4 a 9 eixos.

Tabela 10 – Volume Diário Médio Anual nos postos de Contagem Volumétrica Classificada

Posto	Sentido	Passeio	Comerciais 2-3 eixos	Comerciais 4-9 eixos
A1	Campos	472	77	20
A1	Porto	547	82	31
A2	Quissamã	309	46	23
A2	Porto	272	37	10
B	Campos	2785	447	83
B	Porto	2826	502	105
C	Campos	4088	538	296
C	Porto	4342	519	294
D	Campos	483	154	247
D	Porto	645	177	263
A3	A (de BR-356 para Pipeiras)	9	4	0

A3	B (de Porto para Pipeiras)	11	5	3
A3	C (de Praias para Pipeiras)	5	1	0
A3	D (de Pipeiras para Praias)	8	7	0
A3	E (de BR-356 para Praias)	124	33	0
A3	F (de Porto para Praias)	18	6	0
A3	G (de Praias para Porto)	50	6	6
A3	H (de Pipeiras para Porto)	10	2	6
A3	I (de BR-356 para Porto)	238	93	181
A3	J (de Porto para BR-356)	282	134	154
A3	K (de Praias para BR-356)	122	25	3
A3	L (de Pipeiras para BR-356)	8	1	0

Fonte: elaboração própria

Por se tratar de uma rodovia *greenfield*, o VDMA trecho a trecho da RJ-244 só é determinado quando é desenvolvido o modelo de simulação de tráfego através de software de simulação e este é calibrado com as matrizes de viagem do ano base. A demanda da RJ-244 se dá pela atratividade de veículos que a abertura desta gera nas viagens contidas na rede, e será apresentado no capítulo 7.

4.3 EIXOS SUSPENSOS

A partir dos dados das contagens volumétricas classificadas do posto de pesquisa D, no acesso ao Porto do Açu, estimou-se o percentual de eixos suspensos na futura RJ-244. Tal informação é de valia, visto que eixos suspensos não pagam tarifas de pedágio e, portanto, não representam receita para a concessionária.

A Figura 11 apresenta o percentual de eixos suspensos. Percebe-se que caminhões comerciais de 8 eixos tem o maior percentual de eixos suspensos, e há um aumento parcialmente gradativo no número de eixos suspensos com o aumento de eixos totais dos caminhões. Na estimativa do tráfego passante na RJ-244, tanto para o ano base como para o futuro, os eixos suspensos são descontados na estimativa de receita.

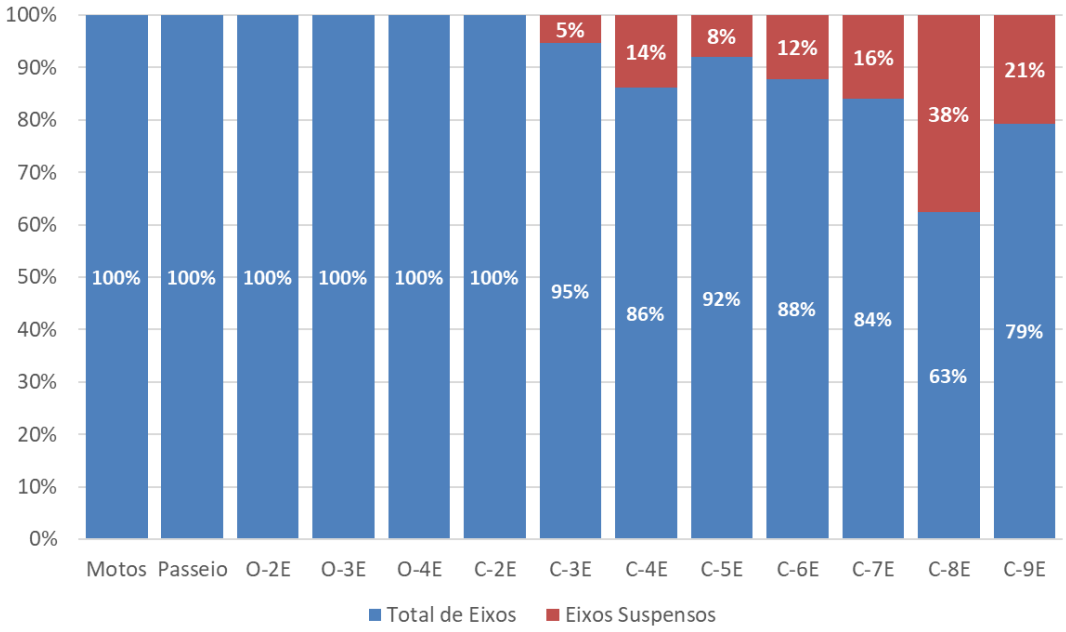


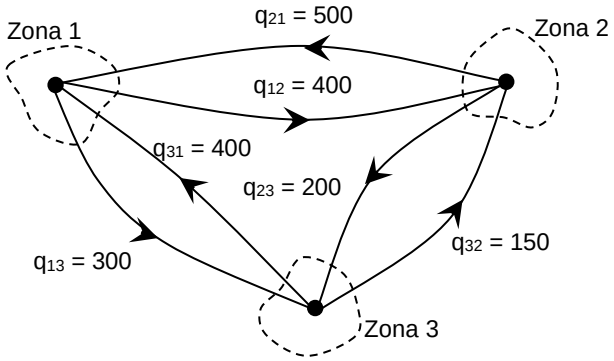
Figura 11 – Percentual de eixos suspensos na entrada do Porto do Açu

Fonte: elaboração própria

5 MATRIZES ORIGEM-DESTINO - ANO BASE 2018

Uma das etapas em um estudo de tráfego é a determinação da quantidade de deslocamentos realizados entre as diversas zonas de origem e destino. Tradicionalmente, o número de viagens entre diferentes locais é expresso em matrizes bidimensionais, denominadas matrizes origem-destino (O-D), na qual cada elemento da matriz representa o número de viagens entre um par origem-destino específico.

(a)



(b)

O\D	1	2	3	Σ viagens produzidas
1	0	400	300	700
2	500	0	200	700
3	400	150	0	550
Σ viagens atraídas	900	550	500	1950

total de viagens geradas

Figura 12 - Representação gráfica e matricial das viagens em uma rede de simulação

Fonte: elaboração própria

As matrizes origem-destino são definidas a partir das entrevistas conduzidas em campo com usuários de automóveis e caminhões. Dado o caráter amostral das entrevistas, a estrutura ou composição das viagens obtida em campo deve ser utilizada como base para obtenção da matriz que represente o número total de viagens que fazem uso da rodovia em um dia típico. Isto requer um processo de expansão, descrito no item 5.3.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAGENS DE AUTOMÓVEIS

O padrão de viagens de automóveis pode ser caracterizado em função de diversos aspectos além do padrão espacial (origem e destino), como motivo da viagem, frequência, entre outros. Alguns desses aspectos foram analisados para o estudo a fim de melhor caracterizar o tráfego na rodovia e estão apresentados a seguir.

5.1.1 Idade da Frota

As pesquisas OD usualmente identificam o ano de fabricação dos automóveis com o intuito de permitir uma estimativa da idade média dos veículos que trafegam no trecho rodoviário estudado.

No caso da frota circulante nas rodovias no entorno do Porto do Açu, nota-se que 70% dos veículos tem até 9 anos de fabricação, como mostra a Figura 13.

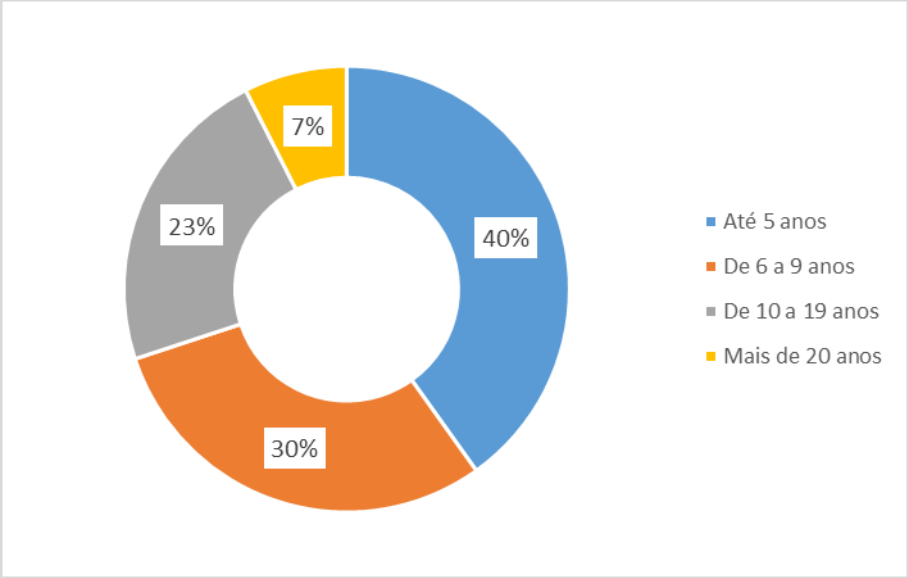


Figura 13 – Idade média da frota de automóveis

Fonte: Elaboração própria

5.1.2 Motivo da Viagem

Como mostra a Figura 14, o principal motivo da origem das viagens realizadas no trecho estudado é “Residência”, sendo citado por quase metade dos motoristas de automóveis, seguido por “Trabalho Diário”.

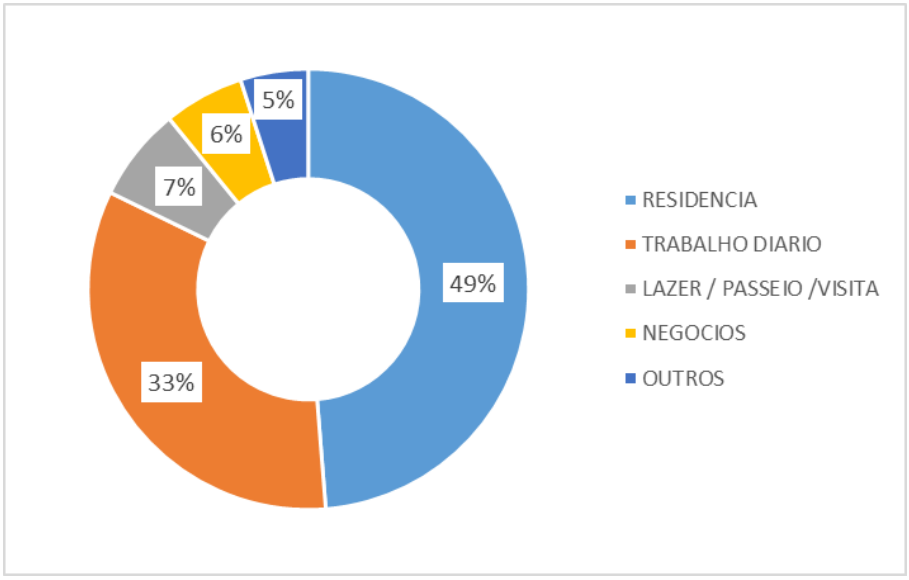


Figura 14 – Motivo para realização da viagem de origem

Fonte: Elaboração própria

Já no sentido oposto (motivo viagem destino), o panorama se inverte, com as viagens por motivo “Trabalho Diário” representando a maioria dos registros, seguido por motivo “Residência” como mostra a Figura 15.

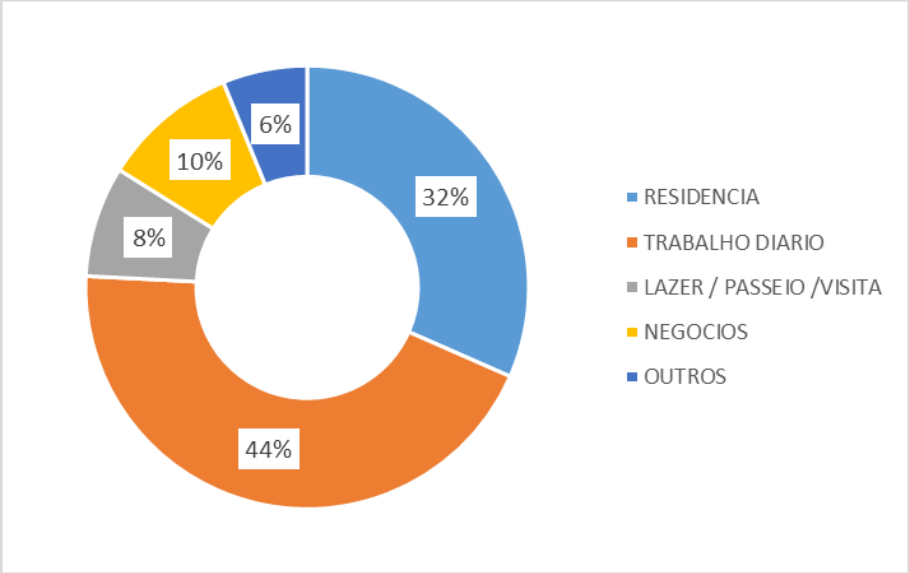


Figura 15 – Motivo para realização da viagem de destino

Fonte: Elaboração própria

5.1.3 Frequência das Viagens

As frequências de viagens foram agrupadas em quatro categorias, indicadas na Tabela 11 a seguir:

Tabela 11 – Categorias de frequência de viagens

Categoria	Faixa de frequência
Alta Frequência	No mínimo uma vez por semana
Média Frequência	No mínimo uma vez por mês
Baixa Frequência	No mínimo uma vez por ano
Eventual	Menos de uma vez por ano

Fonte: Elaboração própria

A Figura 16 apresenta a distribuição das frequências de viagens realizadas por automóveis. Observa-se que a maior parte das viagens (mais de 60%) é de alta frequência. Tal dado está em linha ao apresentado no item 5.1.2, uma vez que

viagens de motivo “Trabalho Diário” e “Residência”, em geral, possuem frequências mais elevadas.

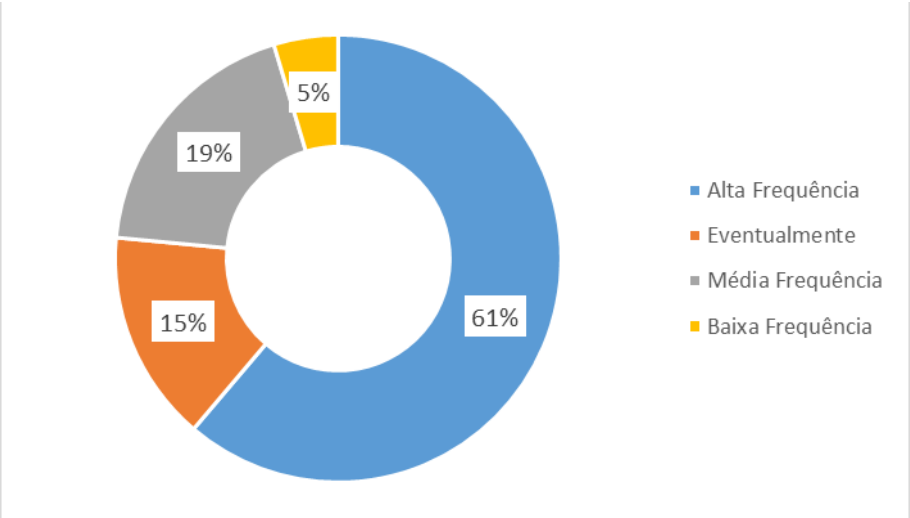


Figura 16 – Frequência das viagens de automóvel

Fonte: Elaboração própria

5.1.4 Pagamento de Pedágio e Cobrança Automática

De acordo com as informações obtidas nas entrevistas realizadas no trecho estudado, o motorista seria o principal responsável pelo pagamento do pedágio, como mostra a Figura 17.

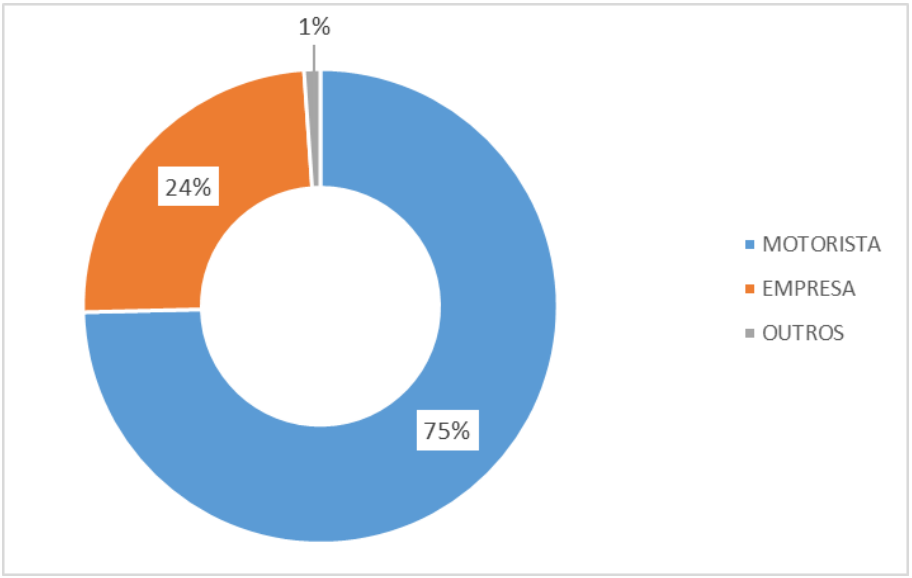


Figura 17 – Pagamento de pedágio – Automóveis

Fonte: Elaboração própria

Em relação ao uso de sistemas de cobrança automática de pedágio, somente 16% dos entrevistados diz possuir tais dispositivos, como apresentado na Figura 18.

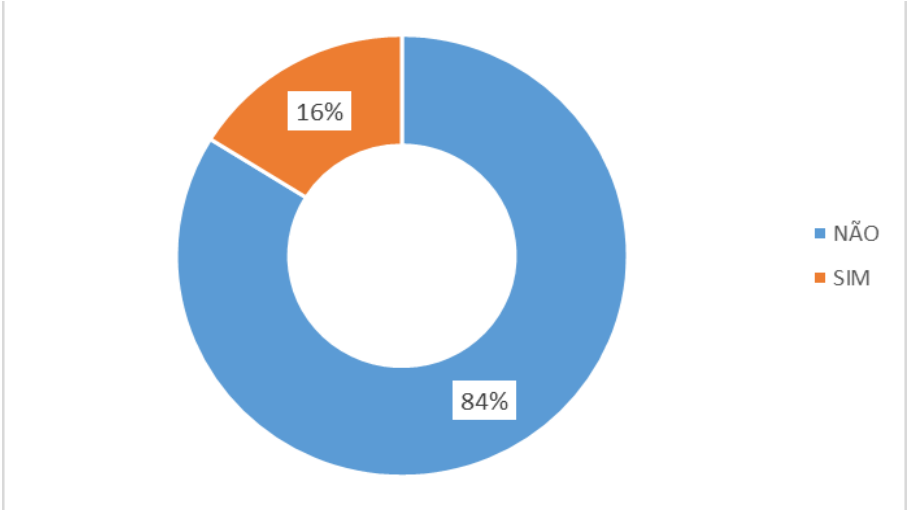


Figura 18 – Cobrança automática – Automóveis

Fonte: Elaboração própria

5.1.5 Renda

A distribuição de faixas de renda declarada dos condutores de automóveis entrevistados na pesquisa OD é apresentada na Figura 19 abaixo, sendo que 15% da amostra não informou seus dados

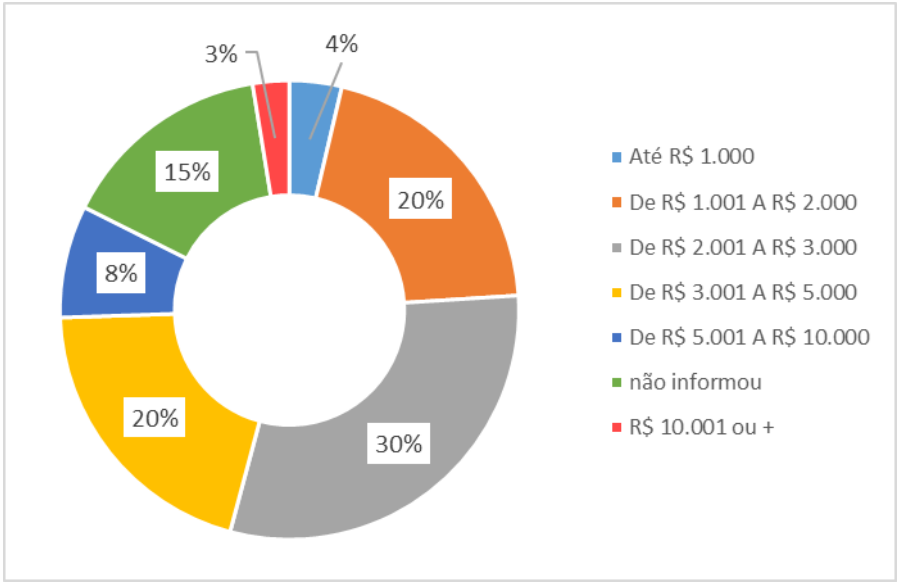


Figura 19 – Faixa de renda

Fonte: Elaboração própria

5.1.6 Origem e Destino das Viagens

Avaliando as regiões de origem e destino das viagens, a cidade de Campos dos Goytacazes foi o local mais citado, tanto como ponto de partida quanto ponto de destino, como mostram a Figura 20 e a Figura 21.

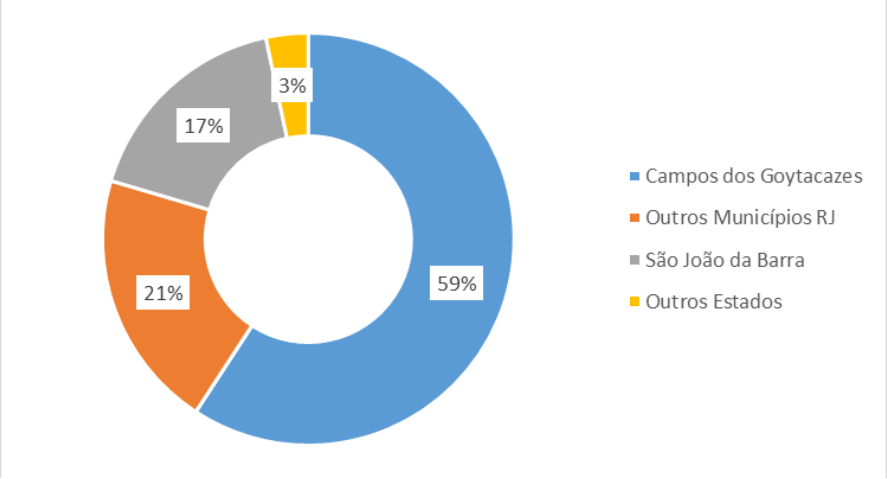


Figura 20 – Regiões de origem das viagens
Fonte: Elaboração própria

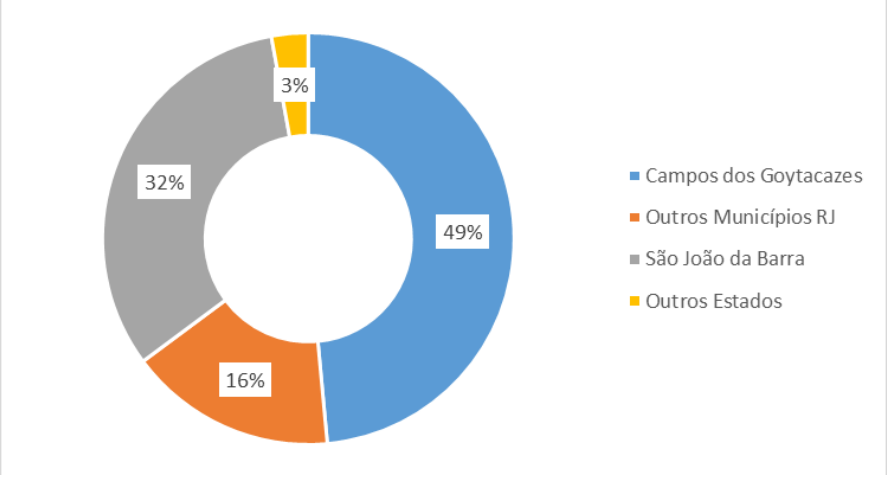


Figura 21 – Região de destino das viagens
Fonte: Elaboração própria

5.1.7 Viagens Associadas ao Porto do Açu

Com relação ao Porto do Açu, menos de um quarto das viagens estão relacionadas ao porto, como mostra a Figura 22.

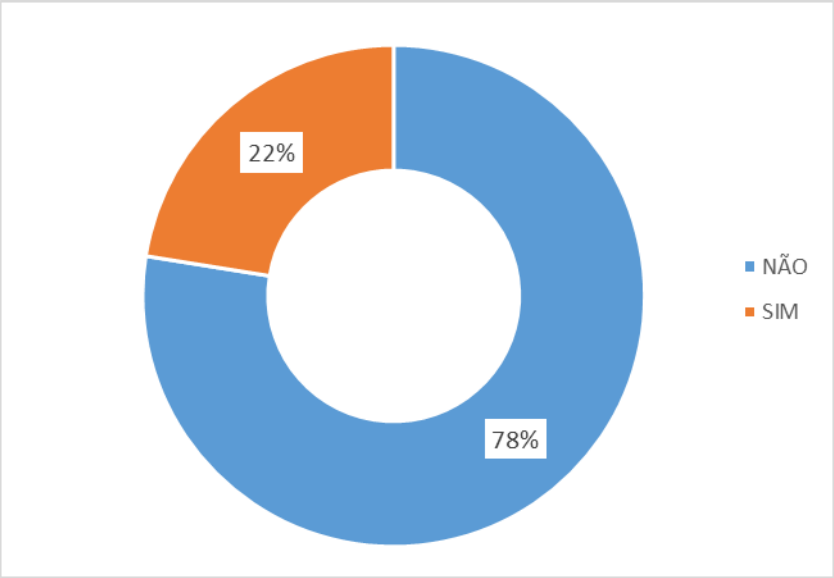


Figura 22 – Percentual de viagens relacionadas ao Porto do Açu

Fonte: Elaboração própria

5.1.8 Zona Urbana de Campos dos Goytacazes

Além de analisar o local de início e final das viagens, foi avaliado também a porcentagem de veículos que passam pela zona urbana de Campos dos Goytacazes. Como mostra a Figura 23 uma expressiva maioria (mais de 90%) trafega dentro do município, o que condiz com a análise dos locais de origem e destino.

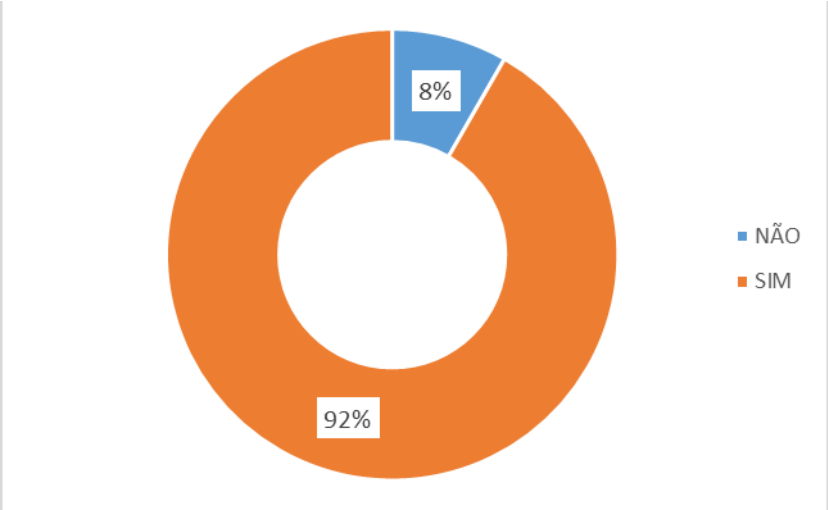


Figura 23 – Percentual de viagens que passam pela zona urbana de Campos dos Goytacazes

Fonte: Elaboração própria

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAGENS DE CAMINHÕES

As viagens de caminhões também podem ser analisadas por diversos aspectos fora sua origem e destino.

A Figura 24 abaixo indica que, aproximadamente, 61% da frota de veículos comerciais é composta por caminhões de mais de 2 e 3 eixos, sendo que os demais eixos tem menor representatividade quando analisados individualmente.

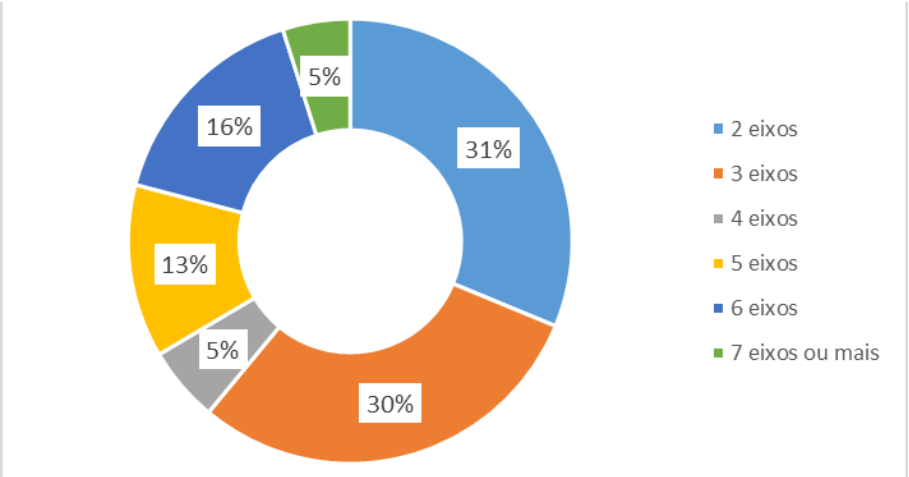


Figura 24 – Composição da frota de veículos comerciais

Fonte: Elaboração própria

Tendo em vista as diferentes características de veículos comerciais com número de eixos diferentes, optou-se por fazer as análises segregando a frota em caminhões de 2 e 3 eixos e caminhões de 4 eixos ou mais.

Nos próximos itens serão apresentadas algumas características das viagens de veículos comerciais obtidas através da pesquisa origem-destino com a segregação supracitada.

5.2.1 Frequência das Viagens

Para classificar a frequência das viagens foi utilizada a mesma classificação mostrada na Tabela 11 do item 5.1.3. O resultado, apresentado na Figura 25, indica que os veículos realizam as viagens com alta frequência, independentemente do número de eixos.

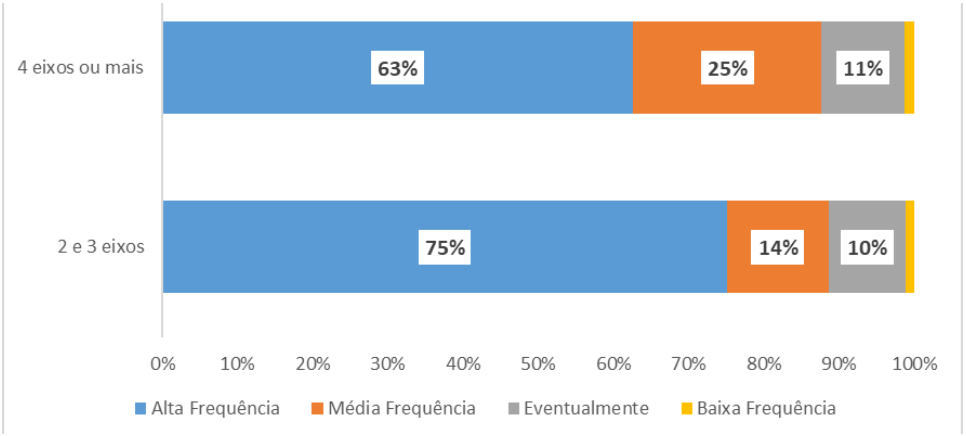


Figura 25 – Frequência das viagens de veículos comerciais

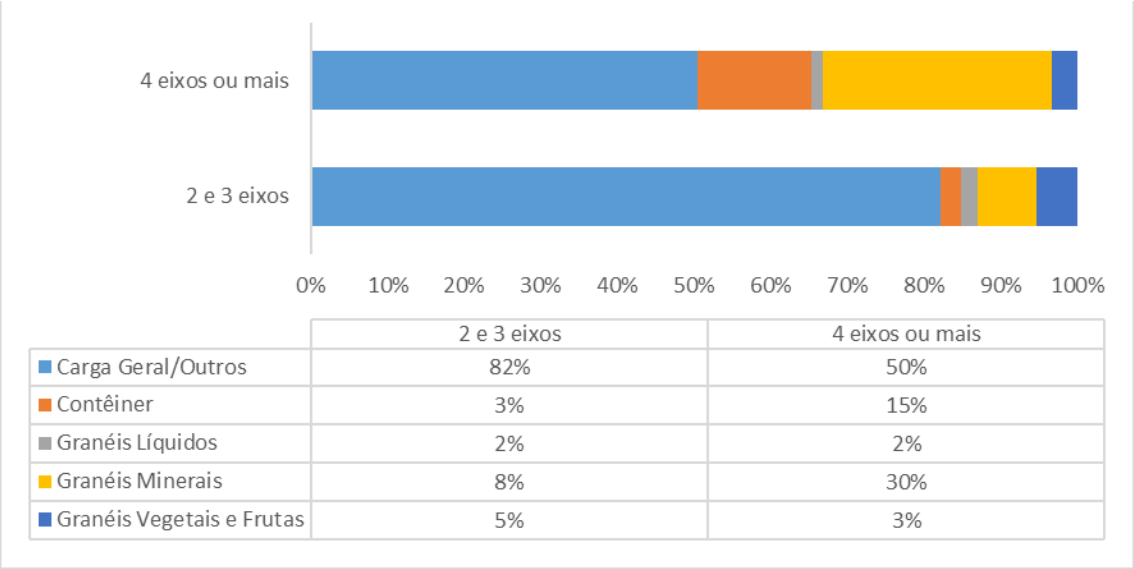
Fonte: Elaboração própria

5.2.2 Produtos Transportados

Os produtos transportados por caminhões foram agrupados em cinco grandes categorias, capazes de representar os tipos de cargas normalmente observadas em estudos de concessões rodoviárias:

- Granéis vegetais e frutas;
- Granéis minerais;
- Granéis líquidos;
- Carga Geral/Outros
- Contêiner

A Figura 26 apresenta os tipos de carga transportada na região estudada. Os produtos de carga geral representam a maior parte da carga movimentada, sobretudo para a veículos de 2 e 3 eixos, onde a categoria responde por mais de 80% do total. Porém é importante notar que para veículos de 4 eixos ou mais, a parcela de granéis minerais também é representativa, provavelmente por transportarem cargas que são movimentadas no terminal portuário.



	2 e 3 eixos	4 eixos ou mais
Carga Geral/Outros	82%	50%
Contêiner	3%	15%
Granéis Líquidos	2%	2%
Granéis Minerais	8%	30%
Granéis Vegetais e Frutas	5%	3%

Figura 26 – Tipos de carga transportadas

Fonte: Elaboração própria

5.2.3 Pagamento de Pedágio e Uso de Cobrança Automática

Em relação ao pagamento de pedágio, observa-se que o próprio motorista é quem realiza o pagamento em 30% das entrevistas feitas com veículos de 2 a 3 eixos. Este número cai para 7% no caso das entrevistas feitas com motoristas de veículos de 4 eixos ou mais, categoria na qual o pagamento do pedágio é realizado pela transportada em 53% dos casos, como mostra a Figura 27.

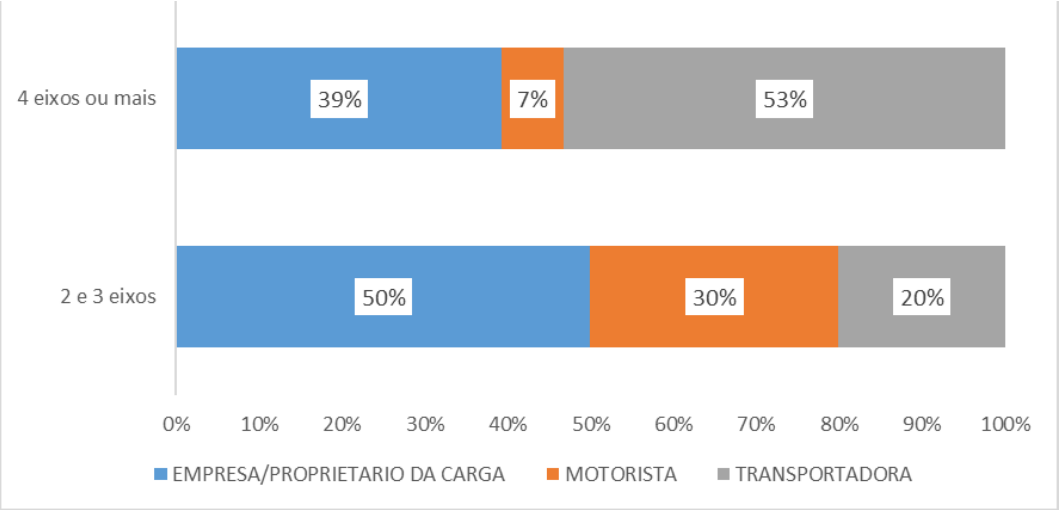


Figura 27 – Pagamento de pedágio – Caminhões

Fonte: Elaboração própria

Com relação aos sistemas de cobrança automática mostrado na Figura 28, nota-se maior utilização de tais dispositivos em veículos de 4 eixos ou mais, com 64% utilizando serviços automáticos de cobrança, contra apenas 21% dos veículos de 2 e 3 eixos.

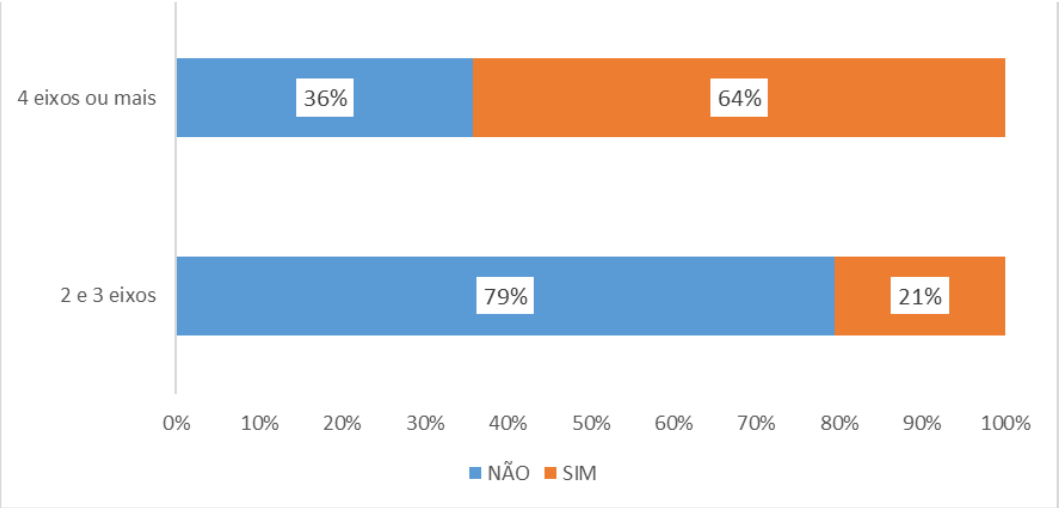


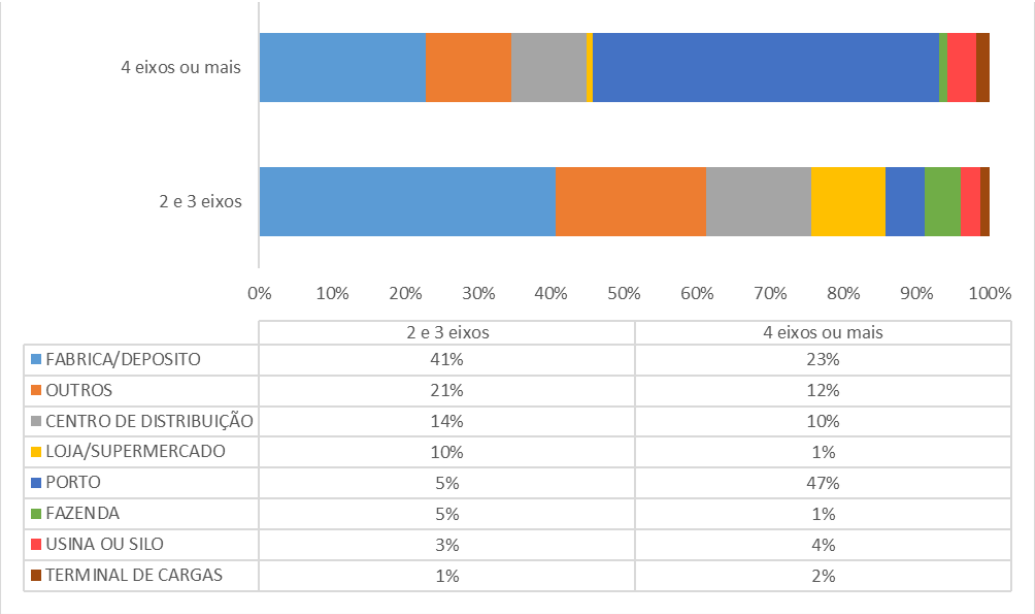
Figura 28 – Cobrança automática – Caminhões

Fonte: Elaboração própria

5.2.4 Origem e Destino das Viagens

A análise da origem e destino das viagens dos motoristas de caminhão entrevistados foi separada em dois tipos: por região ou por tipo de local.

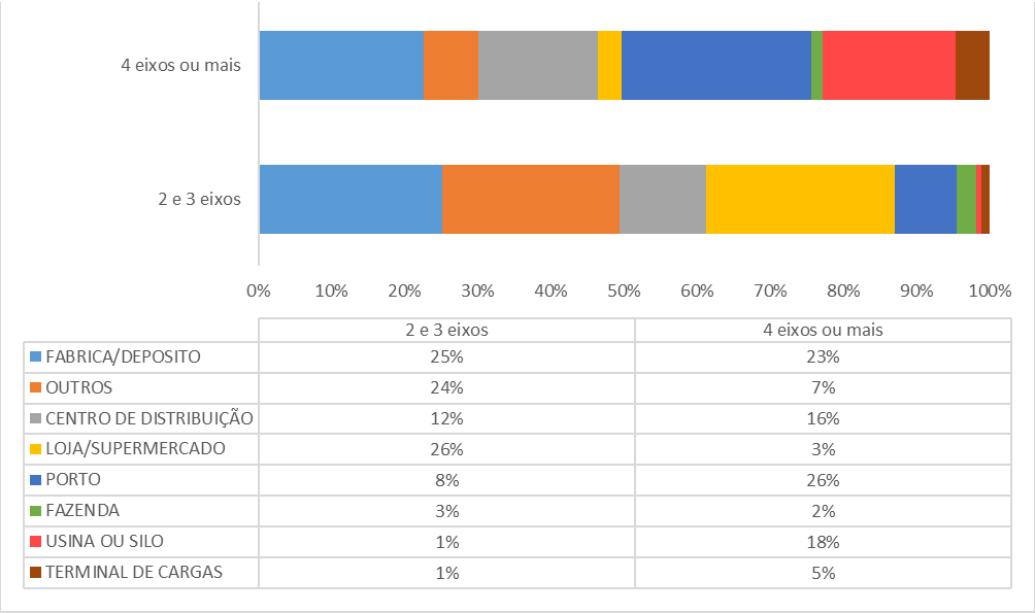
A Figura 29 e a Figura 30 apresentam a origem e destino das viagens por tipo de local.



	2 e 3 eixos	4 eixos ou mais
FABRICA/DEPOSITO	41%	23%
OUTROS	21%	12%
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	14%	10%
LOJA/SUPERMERCADO	10%	1%
PORTO	5%	47%
FAZENDA	5%	1%
USINA OU SILO	3%	4%
TERMINAL DE CARGAS	1%	2%

Figura 29 – Tipo de local origem das viagens de veículos comerciais

Fonte: Elaboração própria



	2 e 3 eixos	4 eixos ou mais
FABRICA/DEPOSITO	25%	23%
OUTROS	24%	7%
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	12%	16%
LOJA/SUPERMERCADO	26%	3%
PORTO	8%	26%
FAZENDA	3%	2%
USINA OU SILO	1%	18%
TERMINAL DE CARGAS	1%	5%

Figura 30– Tipo de local destino das viagens de veículos comerciais

Fonte: Elaboração própria

Em termos de regiões de origem e destino, os resultados são apresentados na Figura 31 e na Figura 32. Nota-se que os veículos de 2 e 3 eixos realizam viagens associadas ao município de Goytacazes, enquanto que para veículos de 4 eixos ou mais, predominam viagens associadas ao município de São João da Barra e municípios de outros estados que não o Rio de Janeiro.

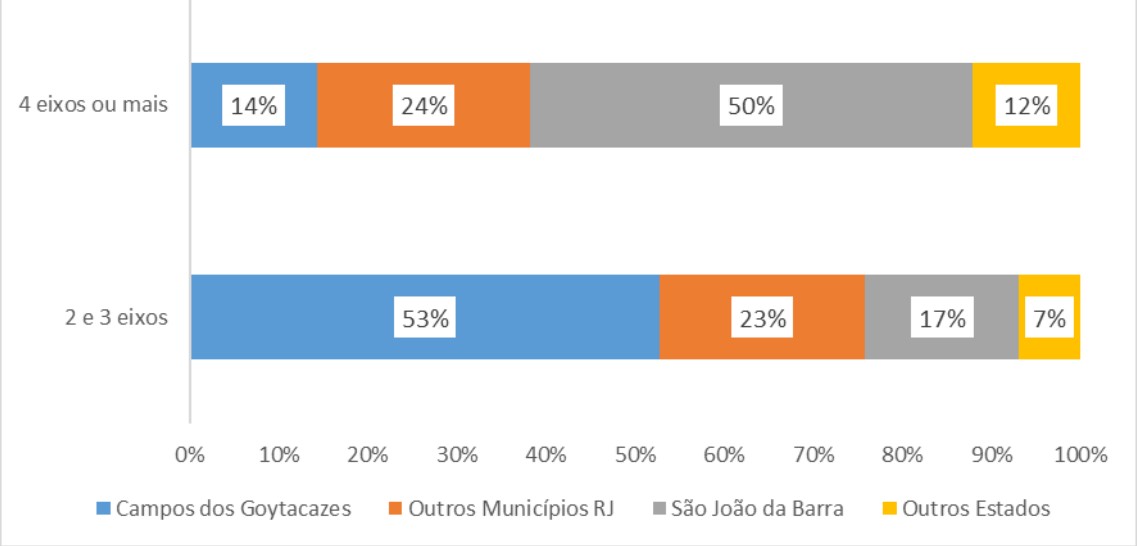


Figura 31– Região de origem das viagens de veículos comerciais

Fonte: Elaboração própria

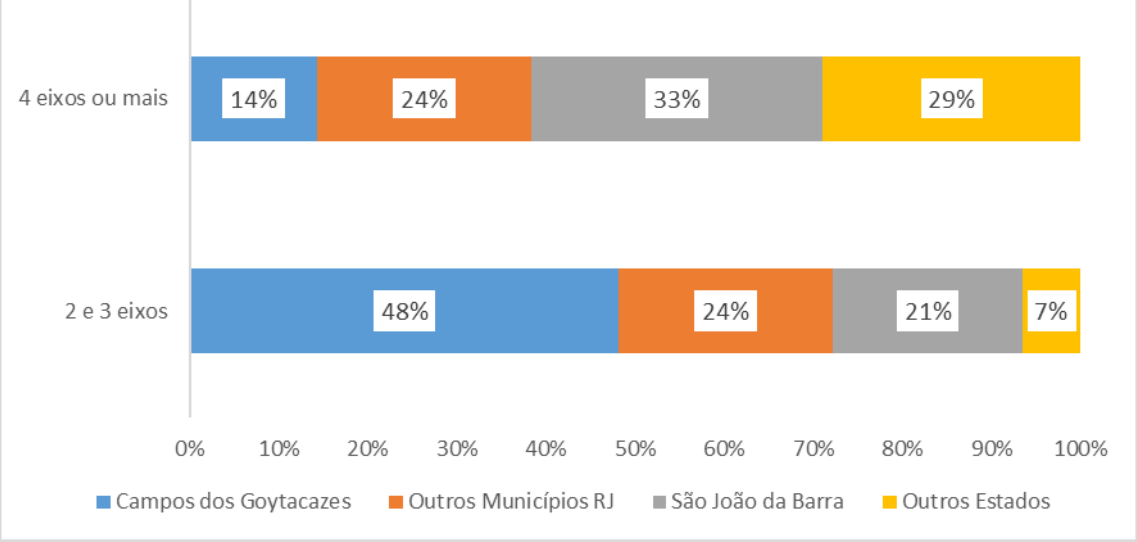


Figura 32– Região de destino das viagens de veículos comerciais

Fonte: Elaboração própria

5.2.5 Viagens Associadas ao Porto Do Açu

A Figura 33 mostra que poucas viagens realizadas por veículos de 2 e 3 eixos (menos de 20%) estão atreladas ao Porto do Açu. Já para veículos de 4 eixos ou mais ocorre justamente o contrário, com quase 80% das viagens sendo relacionadas ao porto.

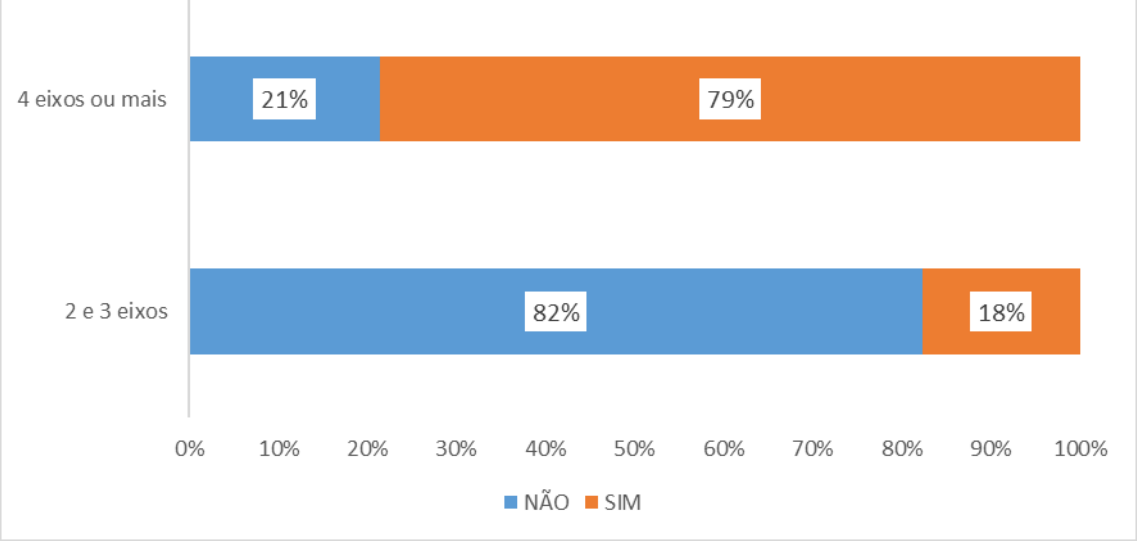


Figura 33 – Percentual de viagens relacionadas ao Porto do Açu

Fonte: Elaboração própria

5.2.6 Zona Urbana de Campos dos Goytacazes

O percentual de veículos que passam pela zona urbana de Campos dos Goytacazes para realizar suas viagens é expressivo tanto para a categoria de 2 e 3 eixos (85%) quanto para 4 eixos ou mais (72%).

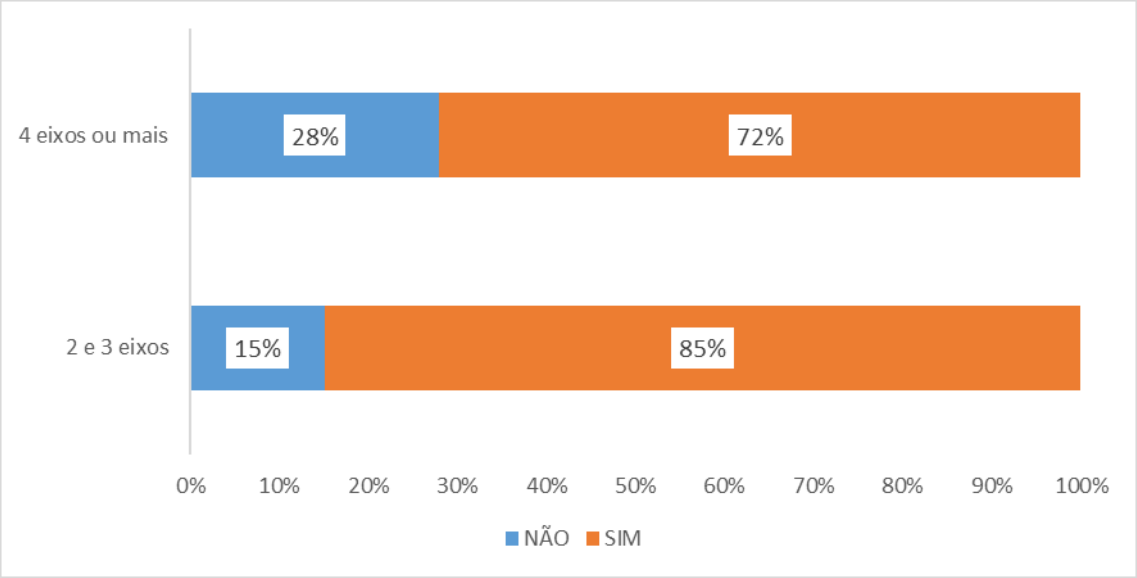


Figura 34 – Percentual de viagens que passam pela zona urbana de Campos dos Goytacazes

Fonte: Elaboração própria

5.3 EXPANSÃO DAS PESQUISAS OD

Como o número de entrevistas representa uma amostra do universo de viagens observadas, é necessário expandir a quantidade de entrevistas de cada posto de pesquisa p proporcionalmente à relação entre o VDMA e o total de entrevistas obtido no posto de pesquisa:

$$fexp(p) = \frac{VDMA(p)}{\sum s_{i-j}(p)}$$

Onde:

fexp(*p*) : fator de expansão para viagens do posto *p*;

VDMA(*p*): volume diário médio anual do posto *p*;

$s_{i-j}(p)$: número de entrevistas obtidas no posto *p* referentes à viagens entre o par origem-destino *i-j*.

A Figura 35 ilustra um exemplo de dois postos de contagem, onde o VDMA é 600 veículos/dia no posto (*1*) e 800 veículos no posto (*2*). Se 100 entrevistas são realizadas no posto (*1*), o fator de expansão de viagens neste posto é 600/100 = 6,0 veíc/dia/entrevista. Da mesma maneira, o fator de expansão no posto (*2*) é igual a 8,0 veíc/dia/entrevista.

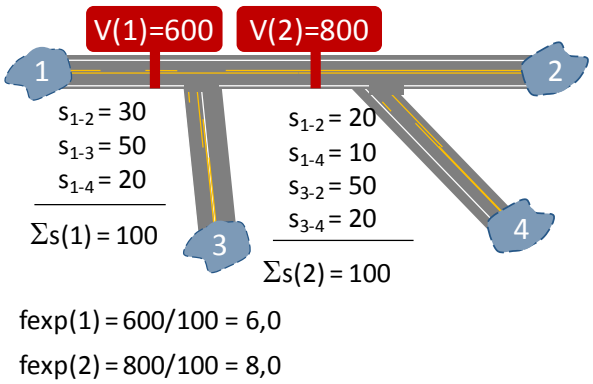


Figura 35 - Determinação dos fatores de expansão de viagens por posto de pesquisa

Fonte: elaboração própria

O número de viagens $q_{i\text{-}j}(p)$ entre cada um dos pares origem-destino *i-j* é obtido pela multiplicação do fator de expansão *fexp*(*p*) pelo número de entrevistas entre *i* e *j* pertencente à amostra do posto *p*. Desta forma é obtida, num primeiro momento, uma submatriz para cada ponto de pesquisa, produto direto da multiplicação das amostras obtidas na pesquisa pelo respectivo fator de expansão da categoria veicular no ponto.

Isto posto, na sequência são apresentados o número de entrevistas realizadas em cada posto, o VDMA obtido através das contagens e, finalmente, os fatores de expansão calculados.

Tabela 12 – Fatores de expansão calculados

Ponto	Sentido	Fator de Expansão		
		Passeio	Comerciais 2-3	Comerciais 4-9
B	**Campos**	9.45	1.21	2.17
B	**Porto**	10.94	1.82	2.36
C	**Campos**	20.36	2.84	2.96
C	**Porto**	20.99	2.31	3.59
D	**Campos**	1.53	2.16	1.04
D	**Porto**	2.04	1.65	1.88
E	**Norte**	23.69	9.85	26.39
E	**Sul**	20.60	7.46	37.07

Fonte: elaboração própria

6 PROCESSAMENTO DA PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA (PD)

6.1 CONSISTÊNCIA DOS DADOS

Para analisar a consistência das respostas dos usuários aos cenários do experimento da pesquisa de preferência declarada, devem ser aplicadas regras com base no valor subjetivo do tempo de viagem e regras que representam um comportamento esperado do usuário. Se a resposta do usuário ao cenário apresentado é diferente do comportamento esperado, o registro deve ser tratado de forma adequada para evitar viés nos parâmetros calibrados.

As causas das respostas inconsistentes são variadas. Na literatura, são citadas a complexidade do cenário, falta de disponibilidade dos usuários, grau de instrução dos usuários, limitação cognitiva dos usuários entrevistados, fadiga dos cenários (duração do experimento) e falta de habilidade do entrevistador.

Ressalta-se que as respostas inconsistentes são inerentes a experimentos de pesquisas de preferências declaradas, e técnicas para reduzir a quantidade deste tipo de resposta são aplicadas no desenho do experimento e na etapa de tratamento dos dados para a modelagem.

O critério para identificação de inconsistências baseia-se no axioma da transitividade, quando há variação inesperada nos padrões das escolhas e escolha incoerente das alternativas. Isto é verificado quando usuários optam, por exemplo, por uma alternativa de custo elevado e depois optam por outra alternativa de menor custo, mesmo que os valores de outros atributos nos cenários sejam mantidos constante. Outro caso de inconsistência seria escolher, para um mesmo valor de custo, uma alternativa com maior acréscimo de tempo de viagem pela rota de fuga e depois pagar pedágio no caso em que o acréscimo de tempo de viagem pela fuga for menor. Para ambos os casos, foram considerados a eliminação dos registros inconsistentes.

Outro caso é dos entrevistados que optaram sempre pela alternativa A ou pela alternativa B, sendo insensíveis, aparentemente, aos níveis dos atributos de cada cenário, como seria esperado. Tal característica pode indicar tanto a falta de interesse do entrevistado em responder as questões ou então que os valores de tempo dos cenários apresentados são muito superiores ou muito inferiores ao valor subjetivo de tempo do entrevistado. No caso, optou-se por testar cenários com e sem essas respostas (eliminando apenas aqueles que responderam sempre “A” ou eliminando apenas aqueles que responderam sempre “B” ou

eliminando ambos) e avaliar qual situação retorna os melhores resultados estatísticos.

6.2 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO COMPORTAMENTAL

Como mencionado no item 2.1.7, a modelagem da estrutura da decisão dos usuários foi feita tendo por base um modelo Logit multinomial, cuja forma funcional é:

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_{i=1}^{n} e^{U_i}}$$

em que

Pi: probabilidade de escolha do modo ou alternativa i;

n: número de alternativas disponíveis;

e: base dos logaritmos neperianos (e = 2,718...)

Ui: utilidade da alternativa i, expressa como uma função linear de m atributos xj e respectivos parâmetros ou pesos (□j):

$$U_i = \sum_{j=1}^{m} \beta_j x_j$$

Para análise de desempenho do modelo uma estatística denominada de índice de razão da verossimilhança é frequentemente utilizada em modelos de escolha discreta para medida de desempenho. Esta estatística mede o desempenho do modelo em duas situações: uma com os valores estimados, a outra com os valores dos parâmetros zerados (equivalente a não ter um modelo).

O cálculo desta comparação é realizado através da função de verossimilhança, com avaliação da função com os valores estimados para os parâmetros e com os valores dos parâmetros iguais a zero.

O valor do índice de razão da verossimilhança (ρ) varia de zero, menor valor quando os parâmetros estimados não são melhores que os valores zerados, até um, quando os parâmetros perfeitamente simulam as escolhas da amostra de indivíduos.

Segundo (Train, 2003) a interpretação de ρ não é tão semelhante quanto a interpretação estatística do R2 em modelos de regressão, apesar de ambos terem variação entre zero e um. O R2 indica a porcentagem dos valores da variável dependente que são explicados pelo modelo de regressão. O índice de verossimilhança não apresenta qualquer relação intuitiva entre valores entre zero e um.

Entretanto comparando dois modelos estimados com a mesma base de dados e com o mesmo conjunto de alternativas, em geral, é válido afirmar que o modelo com maior ρ se adequa melhor aos dados e ao conjunto de alternativas.

6.3 MODELOS ESCOLHIDOS

O software *Biogeme* foi utilizado para a calibração de diferentes modelos, considerando conjuntos distintos de atributos e diferentes categorizações de indivíduos de tal forma a se obter grupos de indivíduos que se comportassem de forma relativamente homogênea.

A seguir são apresentados os resultados relativos aos modelos que oferecem um maior nível de ajuste aos dados e, consequentemente, conseguem explicar de forma mais significativa o processo de escolha entre alternativas.

Os modelos calibrados consideram os seguintes parâmetros e variáveis:

- CteP: constante do modelo;
- Btar: parâmetro relativo à tarifa de pedágio;
- Btim: parâmetro relativo ao tempo percurso;
- BtiF: parâmetro relativo ao tipo de pavimento na rota de fuga;
- BquF: parâmetro relativo ao estado de conservação da rota de fuga;
- Bpro: parâmetro relativo à propriedade do veículo;
- tar: tarifa de pedágio do automóvel ou por eixo de veículos comerciais (R$);
- timP, timF: tempo de percurso pela rota pedagiada ou pela rota de fuga (minutos);
- tipF: tipo de pavimento da rota de fuga (pavimentada ou terra);
- quaF: estado de conservação da rota de fuga (bom ou ruim);
- prop: propriedade do veículo (próprio ou de outros).

Os valores estimados para os parâmetros e estatísticas t associadas à significância das estimativas são apresentados nos próximos subitens por tipo de veículo.

6.3.1 Automóveis

- Utilidade da via pedagiada: $U_P = Cte_P + B_{tar} \times tar$
- Utilidade da rota de fuga: $U_F = B_{tim} \times tim_F + B_{tiF} \times tip_F$

Tabela 13– Estatísticas do modelo – Automóveis

Estatísticas	Valor
# parâmetros	5
# observações	3942
# indivíduos	3942
Null log-likelihood	-2732
Cte log-likelihood	-1696
Init log-likelihood	-2732
Final log-likelihood	-1644
Likelihood ratio test	2176
Rho-square	0,398
Adjusted rho-square	0,396

Fonte: Elaboração própria

Tabela 14 – Parâmetros estimados – Automóveis

Parâmetro	Valor	std. Error	t-test	p-value	rob std. Error	rob t-test	rob p-value
Cte	1,58	0,18	8,98	0,00	0,18	8,87	0,00
Btar	-0,26	0,02	-15,63	0,00	0,02	-15,62	0,00
BtiF	0,40	0,04	9,27	0,00	0,04	9,25	0,00
Btim	-0,03	0,00	-9,19	0,00	0,00	-9,36	0,00

Fonte: Elaboração própria

6.3.2 Caminhões

- Utilidade da via pedagiada: $U_P = Cte_P + B_{tar} \times tar + B_{tim} \times tim_P + B_{pro} \times prop$
- Utilidade da rota de fuga: $U_F = B_{tim} \times tim_F$

Tabela 15 – Estatísticas do modelo – Caminhões

Estatísticas	Valor
# parâmetros	4
# observações	2.096
# indivíduos	2.096
Null log-likelihood	-1.453

Estatísticas	Valor
Cte log-likelihood	-884
Init log-likelihood	-1.453
Final log-likelihood	-871
Likelihood ratio test	1.164
Rho-square	0,401
Adjusted rho-square	0,398

Fonte: Elaboração própria

Tabela 16 – Parâmetros estimados – Caminhões

Parâmetro	Valor	std. Error	t-test	p-value	rob std. Error	rob t-test	rob p-value
Cte	1,64	0,17	9,50	0,00	0,17	9,83	0,00
Btar	-0,01	0,01	-1,93	0,05	0,01	-2,01	0,04
Bpro	1,89	0,59	3,21	0,00	0,59	3,21	0,00
Btim	-0,01	0,01	-1,62	0,11	0,01	-1,63	0,10

Fonte: Elaboração própria

6.3.3 Valores do Tempo

Para calcular o valor subjetivo do tempo de viagem do usuário (VT), aplica-se a equação:

$$\mathrm{VT} = \frac{\partial \mathrm{V}/\partial \mathrm{T}}{\partial \mathrm{V}/\partial \mathrm{C}}$$

que consiste na relação entre o acréscimo de demanda $(\partial \mathrm{V})$ decorrente da variação do tempo $(\partial \mathrm{T})$ e a relação entre o acréscimo de demanda $(\partial \mathrm{V})$ decorrente da variação do custo $(\partial \mathrm{V})$. O valor do tempo é dado pela relação entre os parâmetros do tempo e da tarifa:

$$\mathrm{VT} = \frac{B_{tim}}{B_{tar}} \times 60 \text{ (em R\$/h)}$$

A valor de tempo reflete a quantidade de reais que o usuário está disposto a pagar para economizar uma hora adicional em sua viagem por uma rota de fuga. A Tabela 17 exibe os valores do tempo calculados para cada modelo.

Tabela 17 – Valores de tempo estimados

Modelo	Valor do tempo (R$/h)
Automóveis	6,23
Caminhões	37,47

Fonte: Elaboração própria

6.4 ANÁLISE DE FUGA

É de suma importância realizar uma análise de fuga para o cálculo da receita gerada pelo tráfego projetado uma vez que, com a construção da praça de pedágio na nova rodovia Rj-244, parte do tráfego pode migrar para outras rodovias percorrendo uma rota alternativa à concessão.

Para tanto, realizou-se uma análise comparativa entre a rota principal e a rota de fuga, através de suas utilidades ou custos generalizados. No cálculo da utilidade são ponderados fatores como a distância percorrida, o tempo de viagem, o tipo de pavimento das rotas (terra ou asfalto) e as condições da via (ruim, regular ou bom). Além disso, a tarifa também é adicionada ao fator de utilidade da rota principal. O modelo calibrado transforma os fatores citados em custos generalizados e compara os valores obtidos para a rota principal e a rota de fuga, calculando a porcentagem das viagens que usariam a rota de fuga.

Tal análise é feita separadamente para veículos de passeio e veículos comerciais uma vez que diferentes usuários percebem determinados fatores de forma distinta. O valor do tempo de veículos comerciais transportando cargas e de veículos de passeio são diferentes, por exemplo. Os valores utilizados para o cálculo dos custos de combustível, por categoria de veículos, estão apresentados na Tabela 18, a seguir.

Tabela 18 – Fatores para o cálculo do consumo de combustível

Categoria	Consumo (km/l)	Tipo	Preço (R$/l)
Auto	10.0	Gasolina	R$ 4.70
Comercial 2 eixos	7.0	Diesel	R$ 3.50
Comercial 3 eixos	6.0	Diesel	R$ 3.50
Comercial 4, 5 e 6 eixos	4.0	Diesel	R$ 3.50
Comercial 7 ou mais eixos	2.0	Diesel	R$ 3.50

Fonte: Elaboração própria

Assim, para cada zona de tráfego próxima/interna a Campos dos Goytacazes foi analisada as características de sua respectiva rota de fuga, assim como as regiões de

acesso à área de estudo. Para cada cenário estudado foram consideradas as distintas características das rotas de fuga, pois a modificação da oferta viária afeta na escolha da melhor rota alternativa à RJ-244. As imagens das rotas de fuga para cada uma dessas zonas de tráfego são apresentadas em ANEXO, item 15.2.

Tabela 19 – Exemplo de caracterização das rotas alternativas para o cenário de fechamento das interseções da RJ-216, RJ-196, RJ-236 e RJ-208

Zona de Tráfego	Distância rodovia (km)	Distância fuga (km)	Tempo rodovia (min)	Tempo fuga (min)	Pavimento rodovia	Pavimento fuga	Condição rodovia	Condição fuga
3	30	35	29	47	asfalto	asfalto	bom	regular
4	78	88	55	85	asfalto	asfalto	bom	regular
5	61	45	49	61	asfalto	asfalto	bom	regular
6	58	45	43	58	asfalto	asfalto	bom	regular
7	69	51	49	68	asfalto	asfalto	bom	regular
8	64	43	59	59	asfalto	asfalto	bom	regular
9	36	36	41	41	asfalto	asfalto	bom	regular
12	52	62	38	68	asfalto	asfalto	bom	regular
13	47	57	36	67	asfalto	asfalto	bom	regular
14	68	78	58	88	asfalto	asfalto	bom	regular
15	47	50	34	62	asfalto	asfalto	bom	regular
16	31	43	24	53	asfalto	asfalto	bom	regular
19	67	50	56	68	asfalto	asfalto	bom	regular
21	22	27	18	36	asfalto	asfalto	bom	regular
23	61	51	44	71	asfalto	asfalto	bom	regular
50	38	38	47	47	asfalto	asfalto	bom	regular
51	32	26	32	47	asfalto	asfalto	bom	regular
52	56	41	44	55	asfalto	asfalto	bom	regular
53	40	39	35	49	asfalto	asfalto	bom	regular
54	37	37	31	50	asfalto	asfalto	bom	regular
Norte	85	64	65	79	asfalto	asfalto	bom	regular
Noroeste	78	61	60	80	asfalto	asfalto	bom	regular
Sudoeste	71	61	56	84	asfalto	asfalto	bom	regular
Sul	57	66	42	73	asfalto	asfalto	bom	regular

Fonte: Elaboração própria

Com as características das rotas utilizando RJ-244, rotas utilizando vias alternativas e parâmetros de sensibilidade dos motoristas dos diferentes tipos de veículos estimados pela pesquisa de preferência declarada, é possível estimar os percentuais de fuga de

cada zona de tráfego, a partir da comparação entre os resultados dos custos generalizados das alternativas de rotas consideradas, conforme apresentado no exemplo da Tabela 20.

Tabela 20 – Exemplo de fugas para cada zona de tráfego analisada (tarifa de R$9,90)

Zona de Tráfego	Auto	C2R	C3R	C4R	C5R	C6R	C7+R
3	80%	45%	35%	27%	26%	26%	25%
4	63%	26%	19%	13%	12%	12%	12%
5	92%	59%	47%	37%	36%	35%	35%
6	89%	53%	42%	33%	31%	30%	31%
7	88%	48%	36%	27%	26%	25%	25%
8	97%	76%	66%	58%	57%	55%	56%
9	93%	72%	63%	56%	55%	54%	54%
12	56%	25%	19%	13%	13%	12%	12%
13	53%	23%	17%	12%	12%	12%	11%
14	55%	23%	17%	12%	12%	12%	11%
15	64%	29%	21%	15%	15%	14%	14%
16	55%	25%	19%	14%	14%	13%	13%
19	92%	59%	47%	37%	35%	34%	35%
21	77%	44%	35%	27%	26%	26%	25%
23	76%	33%	24%	17%	16%	15%	15%
50	93%	71%	62%	56%	55%	54%	53%
51	86%	52%	41%	32%	31%	30%	30%
52	92%	60%	49%	39%	38%	37%	37%
53	85%	51%	41%	33%	32%	31%	31%
54	79%	43%	34%	26%	25%	24%	24%
Norte	92%	56%	44%	34%	32%	31%	32%
Noroeste	87%	45%	34%	25%	24%	23%	23%
Sudoeste	74%	31%	22%	15%	15%	14%	14%
Sul	54%	23%	17%	12%	11%	11%	11%

Fonte: Elaboração própria

7 ALOCAÇÃO DE VIAGENS PARA O ANO BASE

A alocação é a etapa do estudo de tráfego em que as matrizes de viagem são alocadas à rede georreferenciada, sendo obtidos como resultados deste processo os carregamentos ou volumes de tráfego nos diferentes segmentos ou links da rede de simulação para o ano base do estudo (2018).

No ano base, as alocações são realizadas sem a implantação da RJ-244, uma vez que visam representar a situação tal como se apresentava durante a execução dos levantamentos de campo. Esta atividade tem dois objetivos, listados abaixo:

- ✓ **Calibração do modelo de oferta**: o modelo deve ser capaz de reproduzir de forma adequada o comportamento dos usuários e suas escolhas de rota. Para tanto, verifica-se se as viagens identificadas nos postos de pesquisas OD efetivamente passam pelos mesmos em suas rotas, de acordo com os caminhos definidos pelo modelo de alocação;
- ✓ **Ajuste da matriz semente**: os volumes alocados devem replicar o mais fielmente possível os VDMAs obtidos (ou "observados") através das contagens volumétricas classificatórias. A comparação entre volumes alocados e observados nos links correspondentes ao posicionamento dos postos de contagem permite validar se o modelo de tráfego encontra-se bem calibrado ou não para representar a situação vigente da rodovia.

7.1 METODOLOGIA DE ALOCAÇÃO

A alocação é realizada através do PTV Visum®, utilizando rotinas computacionais internas ao software, que selecionam os caminhos de menor custo de viagem (*caminho mínimo*) entre os centroides de cada um dos pares origem-destino, sendo o custo do caminho dado pela soma dos custos específicos de cada link que compõe a rota.

O período de alocação corresponde ao dia médio e algoritmo escolhido para alocação é o *Equilibrium Assignment,* que consiste em um processo iterativo onde cada usuário busca minimizar o custo generalizado de sua rota, com volumes viárias diários.

O custo generalizado de cada link ou caminho é, por sua vez, resultante da composição de diferentes atributos inseridos na rede georreferenciada, tais

como o tempo de percurso e o valor da tarifa nos trechos com pedágio. No entanto, como a escolha de caminhos mínimos é feita a partir da minimização de um único atributo, é necessário converter os atributos representativos da impedância para uma unidade comum, usualmente expressando-os em unidades monetárias ou em unidades de tempo. No caso deste estudo, os atributos dos links foram convertidos em unidades de tempo generalizado ou minutos generalizados, segundo a fórmula abaixo:

$$Imp_k = t_{cur,k} + \frac{toll}{VT_k}$$

onde:

$\mathrm{Imp_k}$: impedância (custo generalizado) referente à classe de usuários k [minutos generalizados];

$\mathrm{t_{cur,k}}$: tempo de percurso referente à classe de usuários k [minutos];

$\mathrm{VT_k}$: valor do tempo estimado para a classe de usuários k [R$ / minutos];

toll: tarifas básicas de pedágio incidentes no percurso (R$);

Conforme descrito no item 3.1, a rede viária contém atributos que permitem a caracterização dos trechos viários quanto a seu tipo do pavimento, condição do revestimento, relevo predominante e ocupação lindeira (trecho urbano ou rural), o que permite avaliar o desempenho dos veículos em cada link da rede, traduzido basicamente pela determinação da velocidade de fluxo livre do respectivo link.

Ademais, ainda são relevantes na escolha de rota os valores do tempo de cada categoria e as tarifas de pedágio incidentes em cada percurso alternativo. Os valores do tempo foram obtidos através do modelo de escolha de rota, conforme apresentado no item 6.3.

Aos valores do tempo por classe, cabe dizer que a renda dos usuários de automóvel não resultou como uma variável explicativa significativa no modelo de escolha de rota após as análises estatísticas. Isto pode ser atribuído ao fato de que, quando perguntados sobre sua renda, os entrevistados com renda acima da média tendem a reportar valores subestimados, ao passo que usuários de baixa renda tendem a declarar valores superiores aos reais. Isto gera ruídos na base de dados que potencialmente perturbam o poder explicativo da variável renda sobre a escolhas de rota dos usuários.

7.2 CALIBRAÇÃO DO MODELO DE OFERTA

A calibração do modelo de oferta trata-se de um esforço para garantir que o modelo de transportes produza resultados factíveis e consistentes. Para tanto, utiliza-se como referência os dados levantados em relação ao presente (ano base), contrastando-se os resultados gerados pelo modelo de alocação com o que foi efetivamente observado através dos levantamentos de campo.

Especificamente, a metodologia de validação do modelo de oferta consiste em alocar à rede as matrizes de viagens geradas através das entrevistas realizadas em um único ponto e então verificar se a rota das viagens gerada pelo modelo efetivamente passa pelo respectivo ponto de pesquisa. Em caso positivo, considera-se que o modelo de oferta está adequadamente especificado e detalhado. Entretanto, este raramente é o resultado observado numa primeira prova.

A abordagem para calibrar-se o modelo de oferta consiste, então, em identificar as rotas que não são interceptadas pelo ponto onde as entrevistas foram realizadas e verificar se o sistema rodoviário da região está detalhado corretamente - isto é, um adequado cadastramento do tipo de pavimento, seu estado de conservação, características geométricas, trechos urbanos e demais características que interferem no desempenho dos usuários ao longo dos trechos -, complementando-o conforme necessário.

7.3 AJUSTE DA MATRIZ SEMENTE

Como mais uma etapa visando aprimorar a consistência dos resultados do modelo, faz-se necessário o ajuste da matriz semente de viagens do ano base, uma vez que ela inclui ruídos inerentes ao processo de sua montagem, como duplas-contagens de viagens longas nos pontos de pesquisa.

O ajuste é realizado através do procedimento *TFlowFuzzy* do software PTV Visum® - uma rotina automática que corrige as matrizes segundo valores-meta imputados pelo consultor, que normalmente tratam-se de dados de campo, como contagens veiculares.

Neste projeto, utilizou-se como valores de referência os VDMAs estimados conforme a metodologia descrita no capítulo 4. As matrizes de cada categoria veicular foram ajustadas separadamente de acordo com os respectivos VDMAs.

Para verificação da qualidade do ajuste do modelo aos valores observados, foram considerados indicadores consagrados, como o coeficiente de

determinação (R^2). Boas práticas sugerem que um ajuste de boa qualidade de um modelo aos dados observados apresenta valores de R^2 acima de 0,8.

Além da avaliação do coeficiente de determinação, valeu-se de uma estatística desagregada denominada GEH, calculada a partir da seguinte equação:

$$GEH = \sqrt[2]{\frac{2 * (O - M)^2}{(O + M)}}$$

Como critério de aceitação da aderência entre valores observados e modelados, estabeleceu-se que em 85% dos postos a estatística resultasse abaixo de 5, pelo menos. Nos demais postos, a estatística deveria manter-se minimamente abaixo de 10.

Na sequência, são apresentados os ajustes entre os volumes modelados e observados para as diferentes categorias veiculares (Figura 36, Figura 37 e Figura 38).

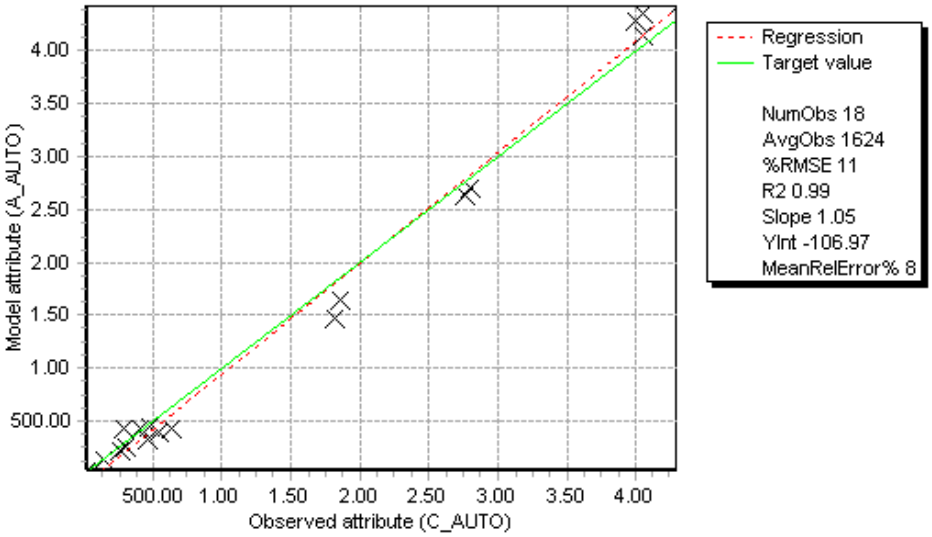


Figura 36 - Correlação entre VDMAs modelados e observados – Automóveis

Fonte: elaboração própria

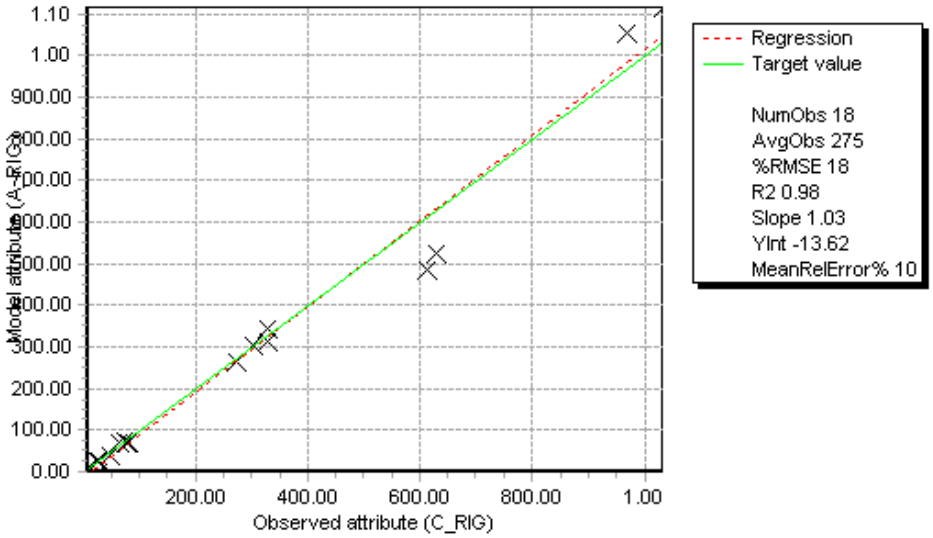


Figura 37 - Correlação entre VDMAs modelados e observados – Caminhões de 2 e 3 eixos

Fonte: elaboração própria

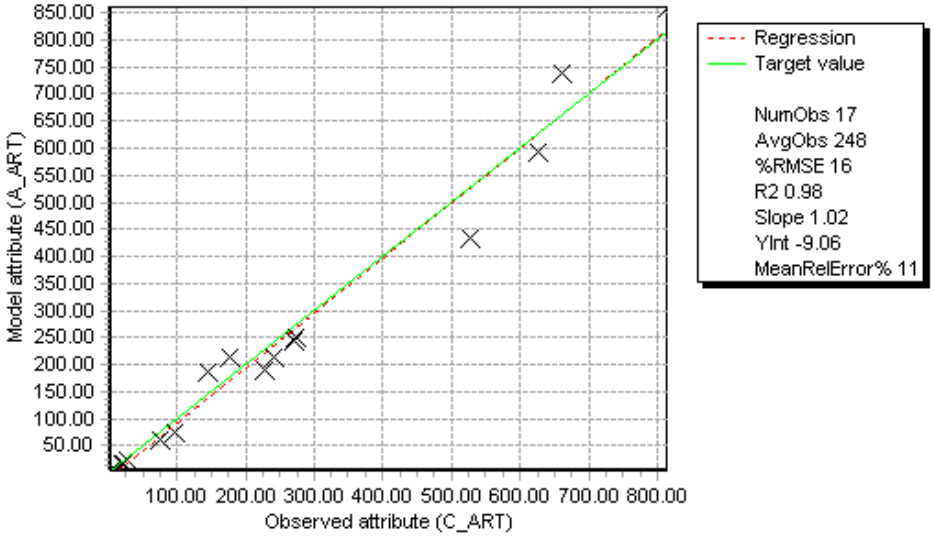


Figura 38 - Correlação entre VDMAs modelados e observados – Caminhões de 4 a 9 eixos

Fonte: elaboração própria

Os gráficos indicam bom ajuste entre os resultados do modelo e os dados observados, com todos os coeficientes de determinação acima de 0,9. A Tabela 21 apresenta os resultados da estatística GEH.

Tabela 21 – Estatística GEH

Ponto	Sentido	GEH Passeio	< 5	< 10	GEH 2 e 3 Eixos	< 5	< 10	GEH 4 a 9 Eixos	< 5	< 10

A1	Campos	1.9	OK	OK	1.9	OK	OK	0.6	OK	OK
A1	Porto	2.7	OK	OK	2.4	OK	OK	1.1	OK	OK
A2	Quissamã	3.2	OK	OK	3.2	OK	OK	1.1	OK	OK
A2	Porto	2.3	OK	OK	1.8	OK	OK	0.6	OK	OK
B	Campos	2.7	OK	OK	4.0	OK	OK	2.5	OK	OK
B	Porto	2.1	OK	OK	0.4	OK	OK	2.9	OK	OK
C	Campos	1.0	OK	OK	4.2	OK	OK	2.7	OK	OK
C	Porto	1.2	OK	OK	0.6	OK	OK	3.0	OK	OK
D	Campos	1.5	OK	OK	1.7	OK	OK	3.8	OK	OK
D	Porto	9.6	X	OK	0.3	OK	OK	3.1	OK	OK
E	Norte	4.7	OK	OK	2.5	OK	OK	2.9	OK	OK
E	Sul	4.4	OK	OK	2.7	OK	OK	1.5	OK	OK
A3	ABC	0.6	OK	OK	0.6	OK	OK	0.5	OK	OK
A3	DEF	2.2	OK	OK	9.5	X	OK	-	OK	OK
A3	GHI	6.5	X	OK	3.1	OK	OK	1.5	OK	OK
A3	JKL	0.9	OK	OK	8.3	X	OK	2.2	OK	OK
Total			**88%**	**100%**		**88%**	**100%**		**100%**	**100%**

Fonte: elaboração própria

7.4 PERFIL DE TRÁFEGO NA RODOVIA

Como resultado da alocação, foram obtidos volumes de tráfego de veículos de passeio, comerciais de 2 e 3 eixos e comerciais 4 a 9 eixos ao longo da área de estudo, para o ano base, ainda sem a implantação da RJ-244.

A Figura 39 apresenta o carregamento resultante da alocação no modelo. Nota-se grande fluxo de veículos de passeio (azul claro) e comerciais (2 e 3 eixos azul marinho e 4 a 9 eixos azul escuro) na BR-101 por seu caráter de fluxo de tráfego de longas distâncias. Também há fluxo importante de veículos de passeio nos dois sentidos da BR-356 com origem e/ou destino em São João da Barra e veículos comerciais (2 a 9 eixos) com origem e/ou destino no Porto do Açu.

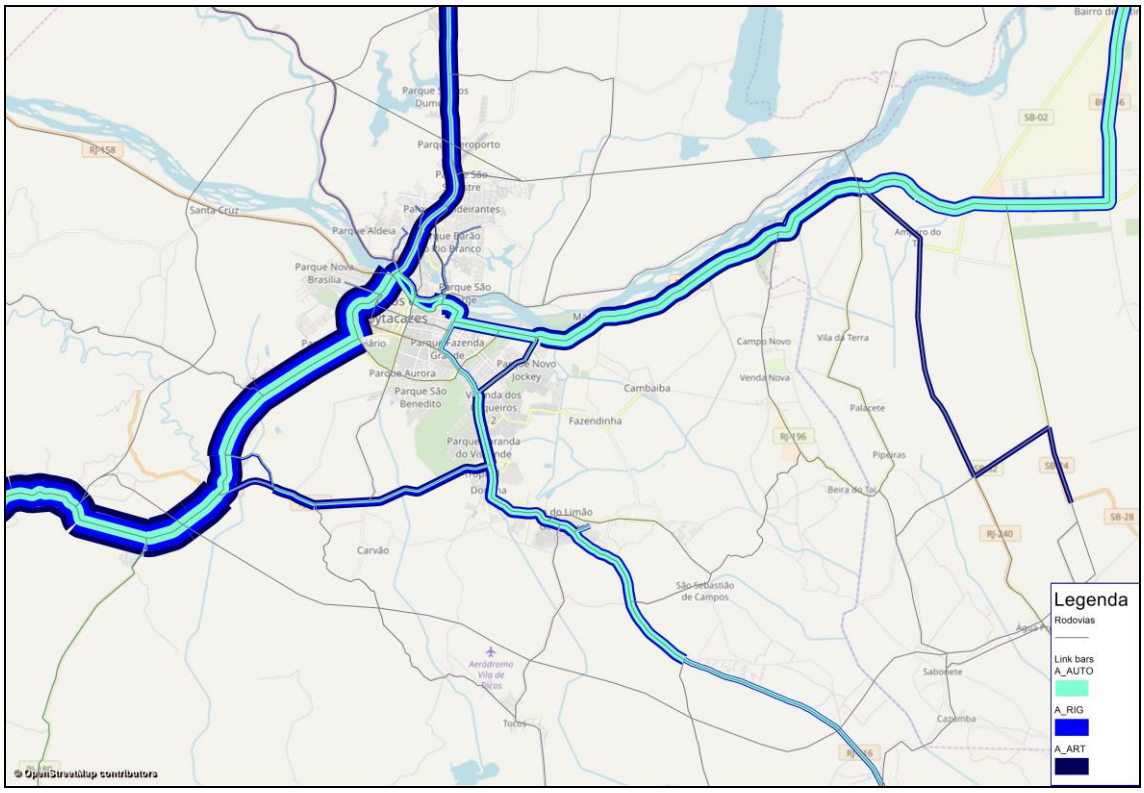


Figura 39 - Carregamento resultante da alocação da matriz à rede viária

Fonte: elaboração própria

8 LOCALIZAÇÃO DA PRAÇA DE PEDÁGIO E CENÁRIOS AVALIADOS

A configuração do sistema de pedagiamento está intimamente associada ao desempenho da concessão, impactando não só na capacidade de captação de receita por parte da concessionária como na equidade entre as tarifas quilométricas efetivamente praticadas para os diferentes usuários assim como interferindo na escolha de rota por parte dos mesmos. Desta forma, requer-se o desenvolvimento de uma análise a fim de possibilitar a compreensão das principais consequências associadas às diferentes alternativas de pedagiamento.

Essa análise está apresentada no RT 1.3 – Análise de localização da praça de pedágio, em que se define o posicionamento da praça de pedágio entre a RJ-196 e a RJ-216. Também se apresenta a definição das interseções da RJ-244, com fechamentos nos cruzamentos com a RJ-208, RJ-196 e RJ-236, e RJ-216 com acesso parcial à concessão – alça permitindo a entrada de veículos da RJ-216 para a RJ-244 no sentido BR-101 e outra permitindo a saída de veículos da

RJ-244 para a RJ-216 no sentido Porto do Açú. Com isso, os usuários que realizarem ambos os movimentos obrigatoriamente passarão pela praça de pedágio. As outras interseções se mantém abertas para todos os movimentos. A Figura 40 apresenta a configuração definida.

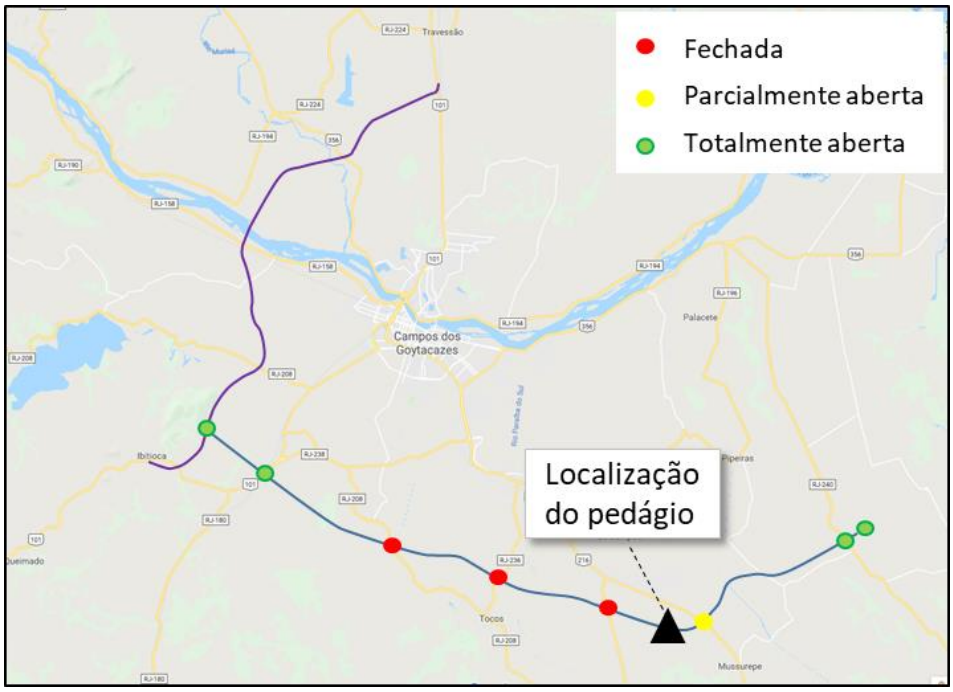


Figura 40 – Configuração de interseções e localização da praça de pedágio

Fonte: elaboração própria

9 METODOLOGIA DE PROJEÇÃO DO TRÁFEGO

Considerando a importância do Porto do Açu na geração de tráfego na RJ-244, a metodologia de obtenção das matrizes futuras de viagem consiste em dividir a demanda em dois componentes: uma matriz de tráfego regional, com viagens sem relação com o Porto; e uma matriz de tráfego de veículos gerados pela movimentação do Porto. Essas matrizes são tratadas de maneira independente, mas o volume resultante nos trechos homogêneos da RJ-244 será a composição de efeitos das duas matrizes.

Com relação à matriz de tráfego relacionada ao Porto, podemos dividi-la em três componentes, em função de seu motivo de geração: tráfego gerado pelos funcionários e abastecimento do Porto; tráfego gerado pela movimentação portuária; e tráfego gerado pelo distrito industrial previsto no Porto, com cargas cativas com origem ou destino nessas indústrias. Os capítulos 10 e 11 abordarão com mais detalhamento a construção dessas matrizes.

A Figura 41 apresenta os componentes do volume de tráfego total na projeção de demanda.

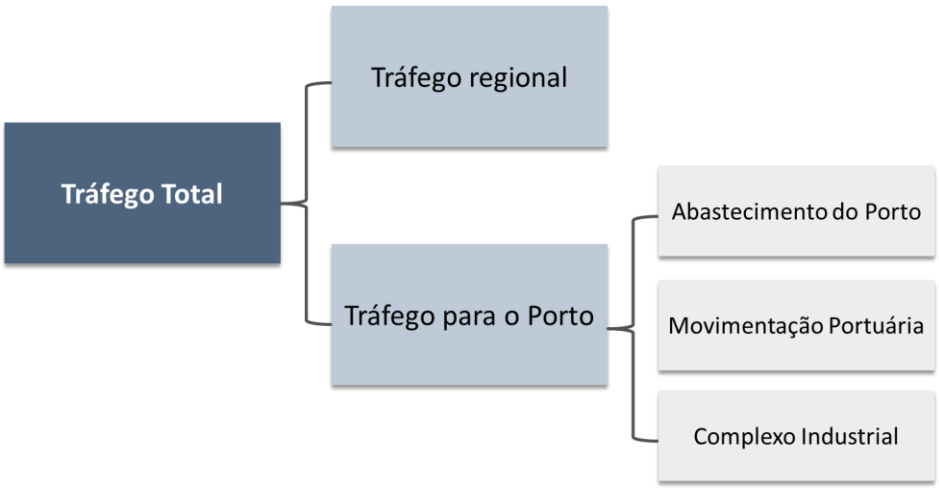


Figura 41 – Metodologia de projeção de demanda

Fonte: elaboração própria

Com a configuração do volume de tráfego projetado conforme explanado acima, são simulados dois cenários de projeção de demanda. O primeiro (cenário Base) considera integralmente as cargas e volumes previstos no plano diretor existente e plano de negócios desenvolvido pelo Porto do Açu para um curto (2018-2022), médio (2023-2027) e longo (2028-2032) prazos. O segundo (cenário Conservador) analisa criticamente os principais volumes e tipos de cargas previstos para o Porto do Açu e os readéqua onde se julgar necessário segundo análise específica de cada carga[2].

Também foram levantados projetos de infraestrutura viária previstos para a região, e estes foram incorporados à oferta viária na rede de simulação nos diversos cenários de análise, uma vez que apresentam capacidade de influir no potencial de captação de demanda da rodovia RJ-244 na implantação de cada infraestrutura viária prevista.

[2] Como pode ser visto na análise dos resultados adiante, não necessariamente o cenário conservador significa volume menor de cargas, uma vez que a avaliação de cada grupo pode apresentar resultado superior ou inferior ao volume do Cenário Base.

10 MATRIZ DE TRÁFEGO REGIONAL

A matriz de tráfego regional refere-se à demanda de veículos que fará uso da RJ-244, mas não tem suas atividades relacionadas ao Porto do Açu. Estima-se essa matriz pelo processamento das pesquisas OD realizadas no âmbito deste estudo, expandidas e calibradas em rede, considerando as viagens que não possuem origem ou destino no Porto.

Usualmente as matrizes obtidas para o ano base são projetadas para anos futuros em função do crescimento esperado para variáveis socioeconômicas que normalmente estão correlacionadas ao crescimento do tráfego. Neste estudo, a variável escolhida para essa projeção foi o Produto Interno Bruto (PIB).

A taxa de crescimento do PIB-Brasil para a projeção da matriz de tráfego regional foi obtida através do Sistema de Expectativas de Mercado do Banco Central do Brasil[3]. A Figura 42 apresenta a expectativa de crescimento do PIB a embasar as projeções da matriz de tráfego regional para o período de concessão.

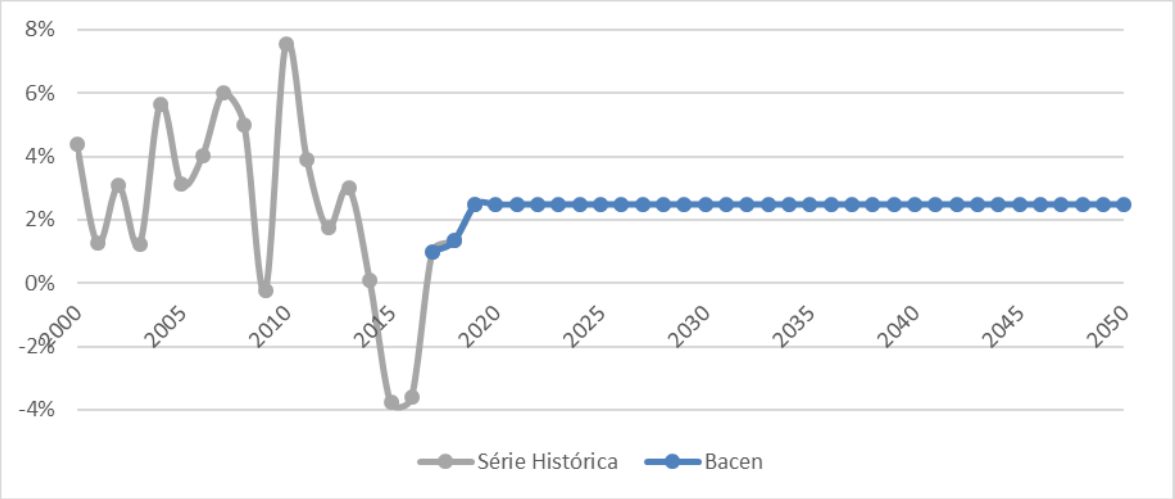


Figura 42 - Projeção do PIB-Brasil - Total para o período da concessão
Fonte: elaboração própria

A elasticidade Tráfego-PIB (ε) traduz a magnitude da resposta dos volumes de tráfego decorrentes de variações experienciadas no PIB, esta tida como variável explicativa para crescimentos naquela. Matematicamente:

$$\varepsilon = \frac{taxa\ de\ variação\ do\ tráfego}{taxa\ de\ variação\ do\ PIB}$$

[3] https://www3.bcb.gov.br/expectativas/publico/consulta/serieestatisticas, último acesso em 19/10/2018

Entretanto, tem-se que o poder explicativo do PIB é afetado frente a eventos episódicos cujos reflexos afetem a variável dependente de forma distinta à que afetavam nos períodos utilizados nas análises econométricas. Em outras palavras, valores de elasticidade, mesmo que com alta significância estatística, podem ter sua aplicabilidade restrita.

Partindo da experiência de que em períodos de crise econômica a aderência tráfego-PIB é perturbada, e de que, por outro lado, a determinação dos volumes de tráfego nos anos iniciais de concessão tem impacto bastante significativo na análise de viabilidade econômica da mesma. Primeiro porque arrecadação nos primeiros anos ter maior influência sobre o Valor Presente Líquido (VPL) das receitas e, por consequência, sobre o equilíbrio financeiro do projeto. Além disso, estes volumes de tráfego servem como base para a projeção dos volumes nos anos futuros. Faz-se necessário, portanto, adotar premissas de modo a mitigar os riscos associados às projeções.

Desta forma, fixadas as taxas de crescimento do PIB nacional para o período de concessão, adotou-se como premissa a consideração de elasticidade unitária para todo o período de concessão, isto é, a aplicação sobre o tráfego das diferentes categorias veiculares taxas de crescimento equivalentes às projetadas para o PIB nacional. Como usualmente os valores de elasticidade são superiores a 1 nos primeiros anos e são atenuados ao longo do horizonte da concessão, a utilização da taxa de crescimento equivalente à projetada para o PIB nacional é uma premissa conservadora do ponto de vista de volume de tráfego na rodovia.

11 MATRIZ DE TRÁFEGO PARA O PORTO (CENÁRIO BASE)

Conforme apresentado no item 9, a demanda de tráfego estimada para o cenário base considera integralmente as cargas e volumes previstos no Plano Diretor existente e plano de negócios desenvolvido pelo Porto do Açu. O Quadro 1 resume os volumes projetados no Plano Diretor ao final de cada período para os diferentes grupos de produtos do porto.

Quadro 1 – Volume de tráfego projetado segundo Plano Diretor do Porto do Açu

		Volume de tráfego (caminhões/dia)		
Material / Carga	Terminal	Curto Prazo[1]	Médio Prazo[1]	Longo Prazo[1]
Alumínio / Bauxita	T-MULT	118	342	342
Carvão	T-MULT	68	68	39

Material / Carga	Terminal	Volume de tráfego (caminhões/dia)		
		Curto Prazo[1]	Médio Prazo[1]	Longo Prazo[1]
Cimento[2]	DISTRITO INDUSTRIAL	0	0	327
Contêineres	T-MULT	102	1.536	1.536
Demais Produtos	DISTRITO INDUSTRIAL	24	231	276
Demais Produtos	T-MULT	78	313	275
Grãos Agrícolas	T-MULT	55	127	127
Industria Siderurgica[2]	DISTRITO INDUSTRIAL	0	0	98
Logística Marítima	DISTRITO ÓLEO E GÁS	317	317	317
Material de Construção	DISTRITO INDUSTRIAL	400	500	0
Refinaria	DISTRITO INDUSTRIAL	0	0	987
Total		1.162	3.434	4.324

[1]Curto prazo corresponde de 2018 até 2022, médio prazo de 2023 até 2027 e longo prazo de2028 até 2032.

[2]Apesar de fazerem parte do longo prazo, a fábrica de cimento e a indústria siderúrgica irão iniciar suas operações após 2032.

Como resultado, o volume total estimado para a RJ-244 conforme as projeções informadas pelo Plano Diretor do Porto do Açu é apresentada na Figura 43. Cabe mencionar que após a consolidação do complexo industrial, a movimentação prevista para o cenário base se mantem constante, conforme o estimado para o final do longo prazo.

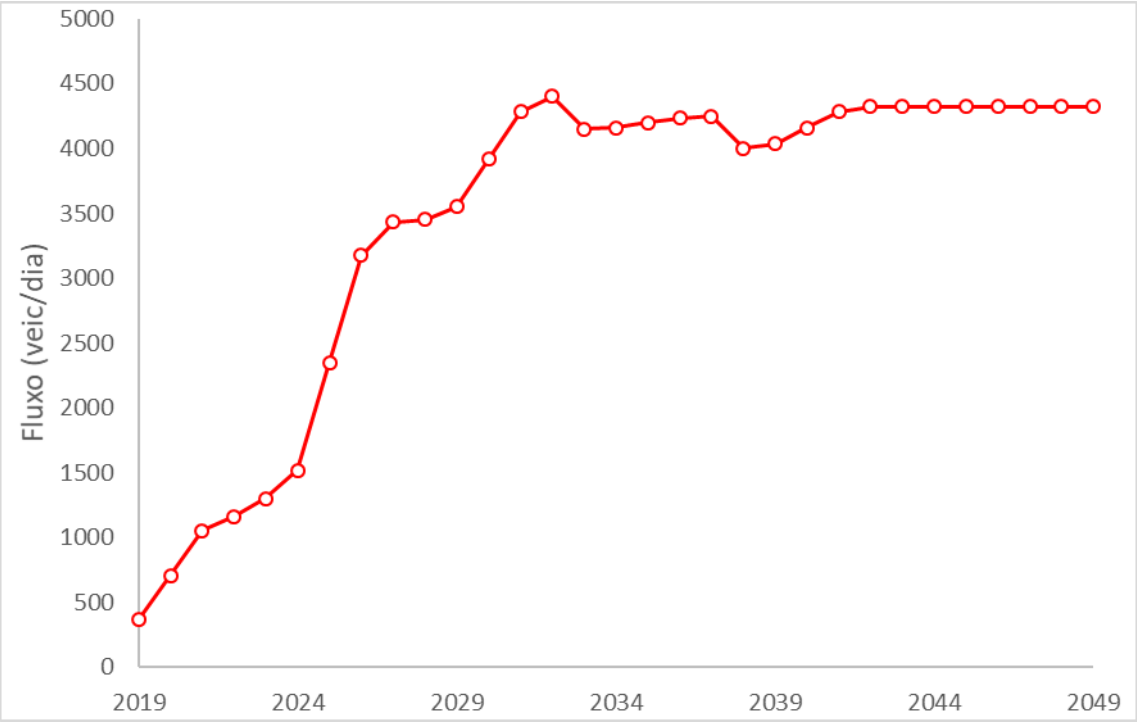


Figura 43 - Tráfego total de caminhões gerado pelo transporte de cargas com origem/destino ao Porto do Açu na RJ-244 (cenário base)

12 MATRIZ DE TRÁFEGO PARA O PORTO (CENÁRIO CONSERVADOR)

Como apresentado na Figura 41, a matriz de tráfego no Porto pode ser dividida em 3 componentes: tráfego gerado pelos funcionários e abastecimento do Porto; tráfego gerado pela movimentação portuária e tráfego gerado pelo distrito industrial previsto no Porto.

O abastecimento do porto está relacionado aos veículos leves e rígidos, compostos majoritariamente de funcionários e abastecimento ao Porto. Tanto a movimentação portuária quanto o Complexo Industrial refletem a capacidade do Porto de atrair cargas e estão relacionados aos veículos pesados articulados.

A matriz de funcionários e abastecimento do Porto são viagens na rede que são geradas ou atraídas em função da operação do Porto. Portanto, sua projeção é calculada com base na demanda de funcionários relacionados à implantação de novos negócios previstos no Porto do Açu (Movimentação e operação portuárias; implantação de novas indústrias).

Para a obtenção da projeção, primeiramente o número de funcionários em função de cada indústria prevista foi fornecida pelo Porto do Açu. Então, foi feita

uma distribuição entre categorias de veículos (automóvel, micro-ônibus, van e ônibus) com base na pesquisa OD e contagem volumétrica classificada realizadas na entrada do Porto. Cada categoria tem uma capacidade máxima de pessoas e uma taxa de ocupação, que foram calculados com base na expertise da consultora. Caminhões rígidos são estimados também a partir da pesquisa OD. Com o número de veículos estimados, estes são distribuídos por par OD a partir das pesquisas de campo realizadas na entrada do Porto (ponto D), construindo-se assim a matriz de viagens. Suas fugas também são calculadas em modelo binário de escolha do tipo Logit por caminhos críticos e tempos de rota de fuga de cada par OD e Valores do Tempo por categoria, extraídas do modelo de simulação. Assim, é estimada a alocação do fluxo de tráfego de passeio e comerciais 2 e 3 eixos oriundos dos funcionários e abastecimento do Porto, trecho a trecho, a partir das fugas calculadas.

A matriz de movimentação portuária é calculada a partir do volume de carga previsto para movimentação no porto (importação e exportação) e, para o caso do cenário Conservador, considera a competição entre portos para estimar o volume de carga movimentada no Porto Açu.

A análise da movimentação portuária prevista no Plano Diretor inclui a identificação dos principais locais de produção das cargas previstas para exportação e dos polos consumidores das cargas de importação; a análise do custo do transporte dos polos produtores ou consumidores aos portos brasileiros, com a definição das curvas de frete e cálculos dos custos de cada alternativa de escoamento; e a distribuição através de modelo de escolha discreta do volume de transporte de cada carga entre os portos com potencial atrator, determinando volume de tráfego gerado por cada carga de movimentação portuária.

Esta análise setorial, combinada com a avaliação das diversas alternativas intermodais e cenários de competição futuros, resulta em diferentes estimativas de demanda para a RJ-244.

A matriz do complexo industrial é calculada a partir do volume de carga previsto para o Complexo Industrial do Porto do Açu e, para o caso do cenário Conservador, considera estudos de mercado e os produtos das indústrias previstas no Plano Diretor, avaliando quais tem potencial de se instalar no Porto e o volume de cargas que movimentarão.

A análise do Complexo Industrial previsto no Plano Diretor inclui uma avaliação de tendência do mercado atual e suas projeções – produção, consumo, importação e exportação, além da capacidade produtiva atual. Também é avaliada a localização dos principais insumos e a identificação dos principais

locais de produção e polos consumidores. Por fim, avalia-se a sinergia desta operação com o Porto do Açu, identificando as vantagens de se instalar a indústria no Porto do Açu em comparação com outros locais.

Para a caracterização da demanda, em linhas gerais, são feitas pesquisas setoriais e em fontes oficiais com o objetivo de identificar quais as expectativas de produção e consumo e de movimentação de comércio interno e externo relativas a cada produto identificado como relevante na geração de tráfego na rodovia RJ-244, buscando identificar as tendências de crescimento e eventuais novas unidades produtoras capazes de justificar os volumes esperados para cada horizonte.

Com a estimativa de carretas por tipo de carga – por análise setorial (Complexo Industrial) ou escolha discreta (Movimentação Portuária), e suas respectivas zonas de origem e destino estimadas pela análise específica de cada tipo de carga, estimou-se um balanço de carretas entre exportação (sentido Porto) e importação (sentido BR-101) para considerar no cálculo uma proporção de caminhões cheios e vazios, e os eixos das carretas correspondentes a cada tipo de carga foi estimado em função do tipo de carreta prevista no plano diretor do Porto do Açu para cada carga, além da expertise da consultora.

Assim, foi possível calcular as fugas em modelo de escolha discreta por caminhos críticos e tempos de rota de fuga de cada par OD e valor do tempo, extraídas do modelo, e estimar do fluxo de tráfego trecho a trecho na rodovia RJ-244 ao longo do horizonte da concessão. Os próximos itens deste capítulo apresentam o detalhamento da análise crítica de cada carga prevista no plano diretor do Porto do Açu.

12.1 DEFINIÇÃO DAS CARGAS ANALISADAS

A definição do conjunto de produtos a serem analisados foi baseado na matriz de transporte de carretas do Plano Diretor. Primeiramente, os materiais/cargas foram separados em duas classes: aqueles que estariam atrelados ao Distrito Industrial e aqueles que estariam relacionados aos terminais do Porto do Açu (T-LIQ, T-MULT, etc.). Na sequência, dentro de cada classe, foram estabelecidos grupos de produtos para agregar os materiais/cargas que apresentassem algum tipo de correlação (produtos atrelados a uma mesma indústria específica ou similaridade em sua cadeia produtiva, por exemplo).

Por fim, foram elencadas quais seriam os grupos mais relevantes em função do fluxo diário de veículos gerado. A Figura 44 e a Figura 45 apresentam os volumes de tráfego dos produtos em veículos por dia para 2023 e 2049, respectivamente:

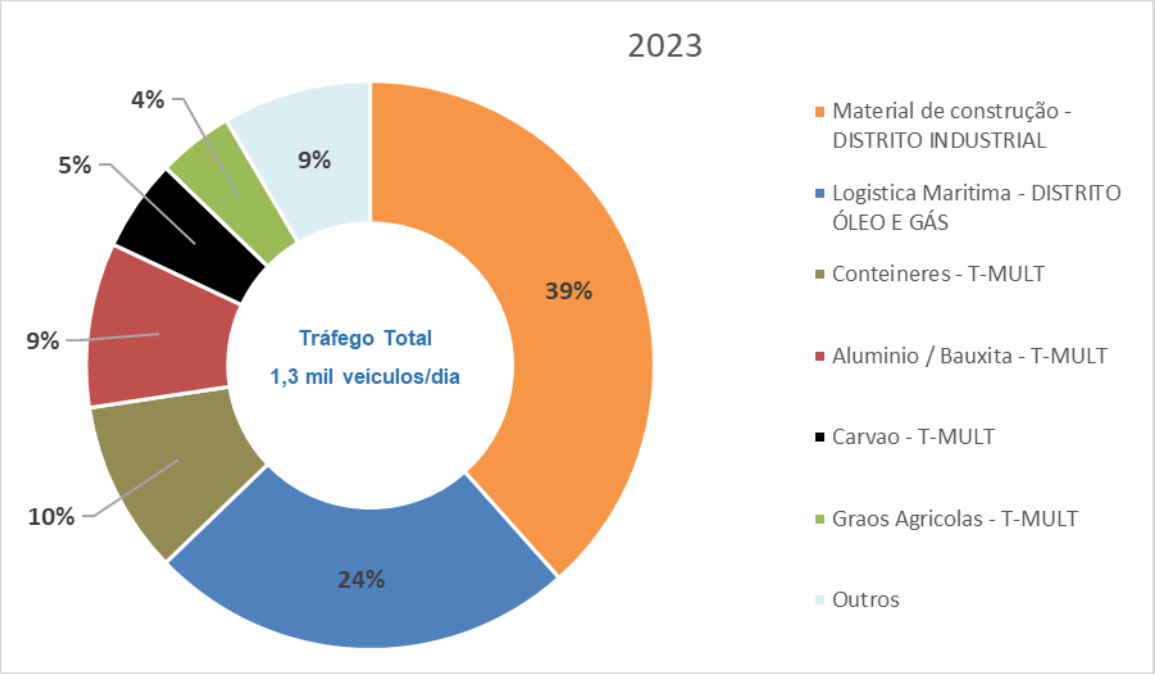


Figura 44 – Tráfego total de veículos/dia segundo Plano Diretor em 2023

Fonte: Porto do Açu

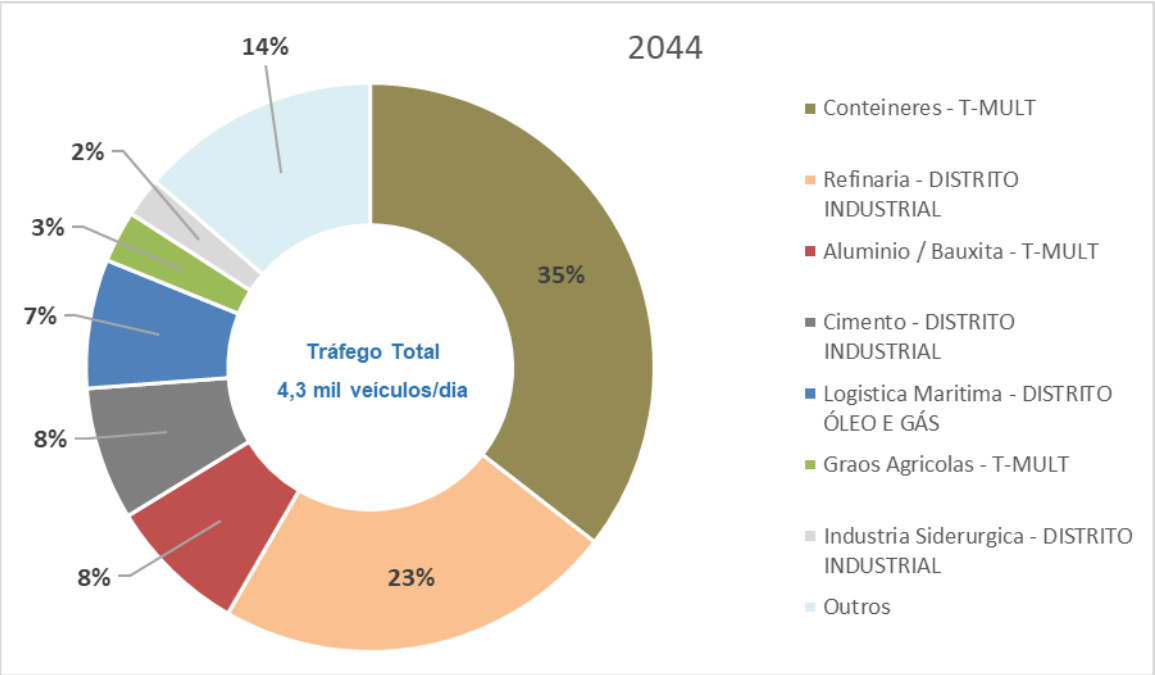


Figura 45 – Tráfego total de veículos/dia segundo Plano Diretor em 2044

Fonte: Porto do Açu

Com base nos critérios estabelecidos, foram elencados os produtos que foram analisados no presente estudo, conforme resume o Quadro 2. Vale ressaltar que eles são separados em produtos do distrito industrial e de movimentação portuária.

Quadro 2 – Produtos relevantes por classificação

Classificação	Produto
Movimentação Portuária	Contêineres
	Alumínio / Bauxita
	Grãos Agrícolas
	Carvão
Distrito Industrial	Refinaria
	Cimento
	Logística Marítima
	Industria Siderúrgica
	Material de construção

Fonte: Elaboração Própria

Nos capítulos seguintes será explicado como foi feita a análise para cada grupo de produtos, bem como seus respectivos volumes de tráfego no futuro.

12.2 MATRIZ DE MOVIMENTAÇÃO PORTUÁRIA

A análise da movimentação portuária prevista no Plano Diretor inclui a identificação dos principais locais de produção das cargas previstas para exportação e dos polos consumidores das cargas de importação; a análise do custo do transporte dos polos produtores ou consumidores aos portos brasileiros, com a definição das curvas de frete e cálculos dos custos de cada alternativa de escoamento; e a distribuição através de modelo de escolha discreta do volume de transporte de cada carga entre os portos com potencial atrator, determinando volume de tráfego gerado por cada carga de movimentação portuária.

Tal análise, feita por simulação, é mais adequada para sistemas complexos de transporte, com diversas variáveis, como por exemplo a análise das demandas a serem geradas pela expansão da produção da agroindústria, que dependem

de cenários diversos de localização das origens e dos destinos dos fluxos, sendo o número de variáveis significativas. Os fluxos de demanda possuem migração modal elástica, isto é, variam em função do custo de transporte das opções. Neste caso se enquadram os grãos e os contêineres

Já para produtos cujos fluxos são regidos por acordos comerciais, não é possível a simulação, não sendo passíveis de representação via modelagem matemática. Neste caso se enquadram o carvão e a bauxita

12.2.1 Grãos Agrícolas

12.2.1.1 Definição da Área de Estudo

A área de estudo para os grãos (soja, milho e farelo de soja) foi definida com base na origem das cargas do grupo que são movimentados no Porto de Vitória, que representaria o principal competidor do Porto do Açu para este tipo de carga. A Figura 46 mostra o histórico do *share* das exportações no porto capixaba por UF:

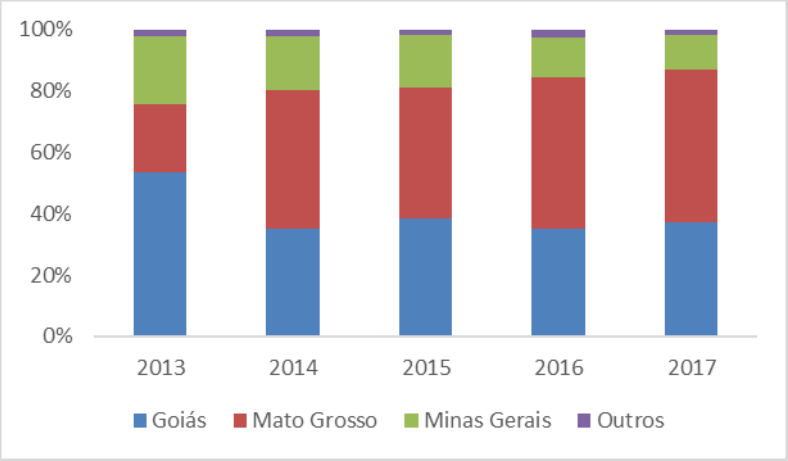


Figura 46 – Histórico de Exportações de Grãos – Porto de Vitória

Fonte: Secex

Como é possível observar, os estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso responderam por mais de 97% das exportações de grãos no Porto de Vitória. Portanto, a simulação avaliou a contribuição destas três regiões para o Porto do Açu. O mapa da Figura 47 identifica então os estados definidos na área de influência do Porto do Açu para grãos.

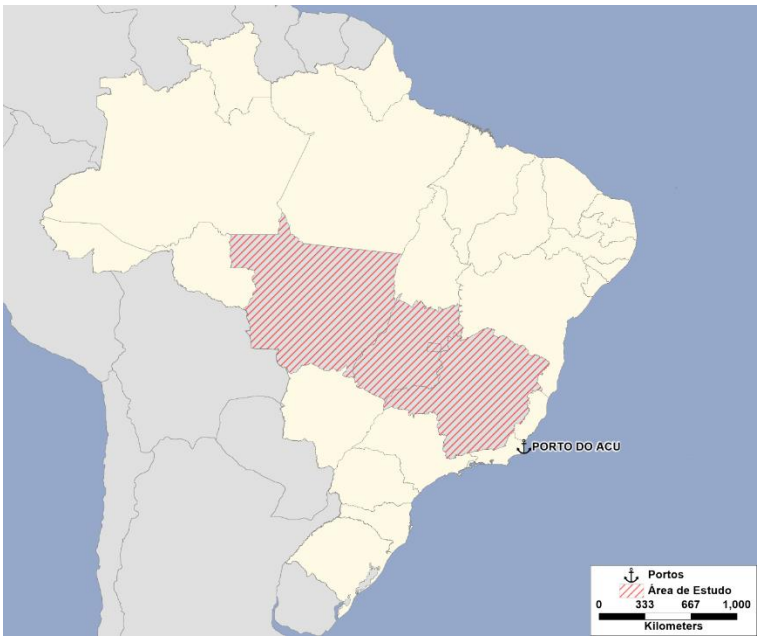


Figura 47 – Área de estudo de grãos

Fonte: Elaboração própria

12.2.1.2 Levantamento das curvas de frete

O levantamento de curvas de frete é essencial para a distribuição da demanda dos produtos analisados à medida que o principal fator considerado na escolha das rotas de exportação de grãos é o custo de transporte. As curvas são ajustadas segundo uma função do tipo $a * x^b$ (não lineares), pois há redução do custo operacional para distâncias mais longas.

Para o frete rodoviário, foram utilizados os dados mensais divulgados pelo Sifreca – Sistema de Informação de Fretes – que faz parte do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG), institucionalmente ligado ao Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo.

Já no caso das hidrovias, como atualmente existem poucas em operação, além de pesquisas de mercado, calculou-se também o custo operacional teórico do modal, acrescido de margem de lucro e despesas de representação estimados.

Por fim para o frete ferroviário, foram definidas duas curvas tarifárias: uma para as rotas com destino específico ao Porto de Vitória, que também seria válido para a EF-118, e outra para as rotas dos demais portos.

A

Tabela 22 resume as curvas de frete obtidas para cada modo, bem como seus respectivos parâmetros:

Tabela 22 – Parâmetros das curvas de frete para grãos

Frete (R$/t)			Distância (km)				
Modo	a	b	50	100	250	500	1000
Rodovia	0,84	0,73	14,61	24,23	47,29	78,44	130,10
Hidrovia	14,76	0,17	28,70	32,29	37,73	42,45	47,76
Ferrovia p/ Porto de Vitória	0,02	1,17	1,94	4,38	12,78	28,76	64,72
Ferrovia p/ Outros Portos	0,16	0,95	6,58	12,71	30,35	58,63	113,27

Cabe mencionar que pelo fato da EF-118 se tratar de um projeto *greenfield*, existe uma grande incerteza em torno da tarifa que será cobrada para grãos no futuro, já que ela depende de uma análise da ANTT e da futura concessionária.

12.2.1.3 Custos portuários e frete marítimo

Além dos custos associados ao transporte de grãos até os portos, o cálculo da competitividade entre rotas avaliou também a diferença de custos entre portos e o frete marítimo para o destino final. De fato, para uma carga com destino à Europa, por exemplo, o custo total de exportação pode ser menor por um porto do Arco Norte, ainda que ele esteja mais distante do município de origem da carga que um porto do Sul.

Os principais custos portuários são associados às atividades de:

- Praticagem – atividade de condução de embarcações durante manobras de atracação e desatracação;
- Rebocagem – aluguel de embarcações para manobrar navios e barcaças durante atracação e desatracação;
- Capatazia – movimentação de cargas nas instalações portuárias; e
- Entre outros (taxa de farol, aluguel de pequenas embarcações, taxa alfandegária).

A

Tabela 23 exibe o custo portuário calculado para alguns portos brasileiros considerando valores de pesquisa de mercado. O cálculo considera um navio *Panamax* transportando, aproximadamente, 60 mil toneladas de grãos.

Tabela 23 – Custos portuários

Porto	Custo portuário (USD)
Santos	52.230
Paranaguá	56.132
São Luís	135.867
Vitória	52.230

Fonte: Pesquisa de mercado

Já o frete marítimo tem como principais componentes de custo:

- *Time charter* – aluguel de embarcações por determinado período de tempo; e
- Combustível – função do custo do óleo bunker, tempo de espera no porto, distância para o porto de destino (combustível é consumido tanto quando a embarcação está em movimento como quando está parada).
- Tempo de viagem – nesta variável considera-se não apenas o tempo em trânsito da embarcação entre os portos, mas também a quantidade de dias de espera no porto

A Tabela 24 apresenta os valores calculados para alguns portos brasileiros, considerando a operação de um navio *Panamax* com destino a Shanghai

Tabela 24 – Custos de transporte entre portos

Origem	Destino	Frete Marítimo Total (USD)
Santos	Shanghai	1.053.590
Paranaguá	Shanghai	1.055.374
São Luís	Shanghai	1.161.050
Vitória	Shanghai	1.085.922

Fonte: Pesquisa de mercado

Os custos portuários e fretes marítimos são somados aos fretes referentes à cada rota de exportação para obtenção do custo total de transporte por porto, variável utilizada para cálculo da utilidade nos modelos de escolha portuária e escolha modal.

12.2.1.4 Cenários de infraestrutura e perspectivas

Para o caso dos grãos, os novos projetos ferroviários podem gerar impacto nos fluxos de cargas, favorecendo ou desfavorecendo algum porto específico. No presente estudo, foi considerada a entrada da FNS no trecho entre Palmas e Estrela D'Oeste, cujo processo de licitação se apresenta bastante avançado, sendo que seu ano de entrada de operação foi admitido como em 2020.

Além disso, outra ferrovia relevante na área de estudo é a EF-118. Conforme previsto no Plano Diretor do Porto do Açu, a entrada de início de operação desta nova infraestrutura foi admitida como sendo2025.

O mapa da Figura 48 apresenta o cenário de infraestrutura considerado para o estudo de grãos.

Figura 48 – Cenário de Infraestrutura Futura

12.2.1.5 Análise de Geração, distribuição e projeção – Soja

No Brasil, a soja é um produto voltado para a exportação, sendo que 62% da produção de grãos é diretamente exportada. Somada a esse volume, há também uma parcela que é processado no mercado interno para posteriormente ser comercializado no mercado externo na forma de farelo de soja. O mercado interno subdivide-se entre consumo direto de grãos (que representa uma parcela muito pequena, tanto que é desconsiderada na cadeia do produto) e esmagamento, para a produção de farelo e óleo de soja.

A cadeia produtiva da soja está ilustrada na Figura 49 a seguir.

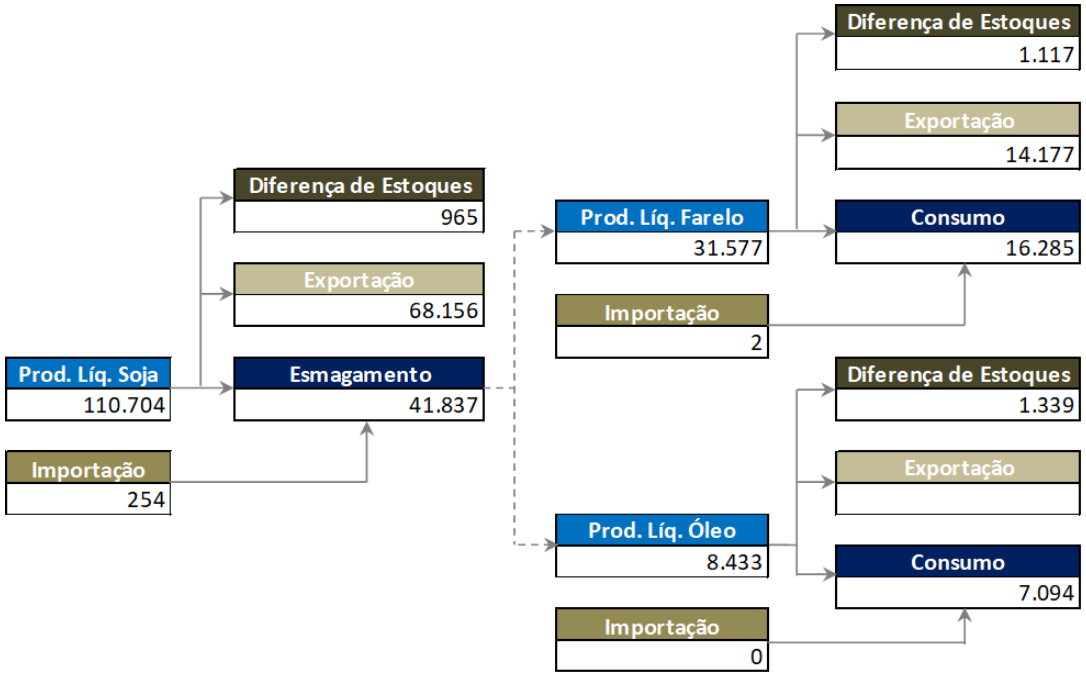


Figura 49 – Cadeia Produtiva da Soja – 2017 (mil ton)

Fontes: CONAB, IBGE, ABIOVE, SECEX

A produção brasileira de soja se iniciou na porção Sul do país, de modo que hoje a área plantada nesses estados está praticamente consolidada. O desenvolvimento tecnológico favoreceu a expansão da soja para a região Central do país, nas áreas com vegetação de cerrado, levando o estado do Mato Grosso ao posto de maior produtor. No futuro, a tendência é que a área plantada de soja continue a se expandir para o Norte do país aproveitando as áreas de cerrado, principalmente nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, na região conhecida como MATOPIBA.

A CONAB fornece os dados de produção de soja a nível estadual. Para a regionalização da produção, são utilizados os dados do IBGE, que detalha o total

de produção por município. Com base nesses valores é feita a distribuição do total estadual entre os municípios.

As regiões Centro-Oeste e Sul concentraram a maior parte da produção de soja, respondendo por aproximadamente 79% do total nacional. O estado do Mato Grosso é o maior produtor, com cerca de 27% da produção.

Os dados de consumo nacional de soja foram obtidos junto à ABIOVE. Para distribuição do consumo foi feito levantamento da localização das esmagadoras e suas respectivas capacidades. O mapa com a localização das esmagadoras é apresentado na Figura 50 a seguir, mostrando que as unidades se concentram no Sul e Centro-Oeste do país.

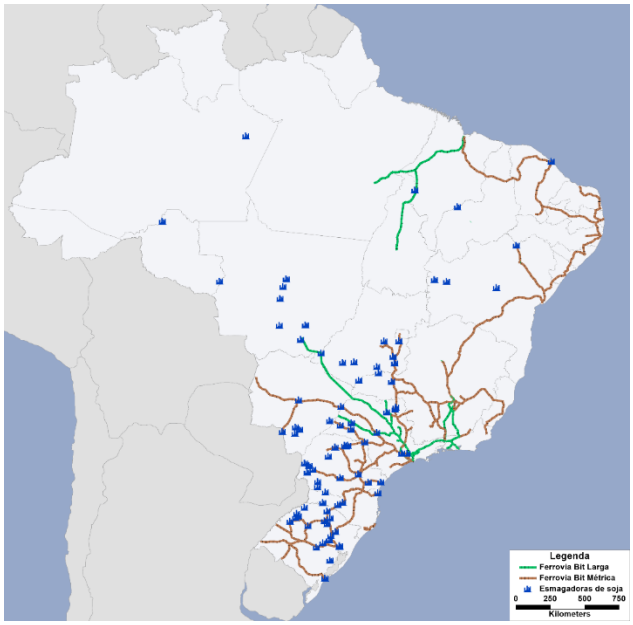


Figura 50- Localização das esmagadoras de soja

Fontes: ABIOVE e Pesquisa de Mercado

Há uma tendência de que a produção de soja se expanda para a região do MATOPIBA, o que, aliado à instalação de novos terminais portuários e aos novos projetos de infraestrutura ferroviário e hidroviário na porção Norte do país, aumentará o volume escoado por esses portos com destino ao mercado externo.

Para a projeção da soja, foi utilizada como referência o documento “Projeções do Agronegócio” publicado pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento). A escolha desse documento foi motivada por se tratar de um documento oficial do governo, que apresenta as projeções a nível nacional e estadual para diversas *commodities* agrícolas e que é atualizado anualmente. Além disso, o documento utiliza como referência dados de fontes internacionais

como o USDA (*United States Department of Agriculture*), instituição americana que também realiza projeções do setor agrícola. Vale ressaltar que tanto as previsões do Ministério da Agricultura, quanto aquelas disponibilizados por órgãos internacionais, abrangem um horizonte de dez anos em relação ao ano de publicação.

Para a projeção do consumo foram então utilizados os dados do MAPA e para os anos seguintes foi considerando um crescimento tendencial dos próprios valores divulgados pelo Ministério, conforme a Figura 51.

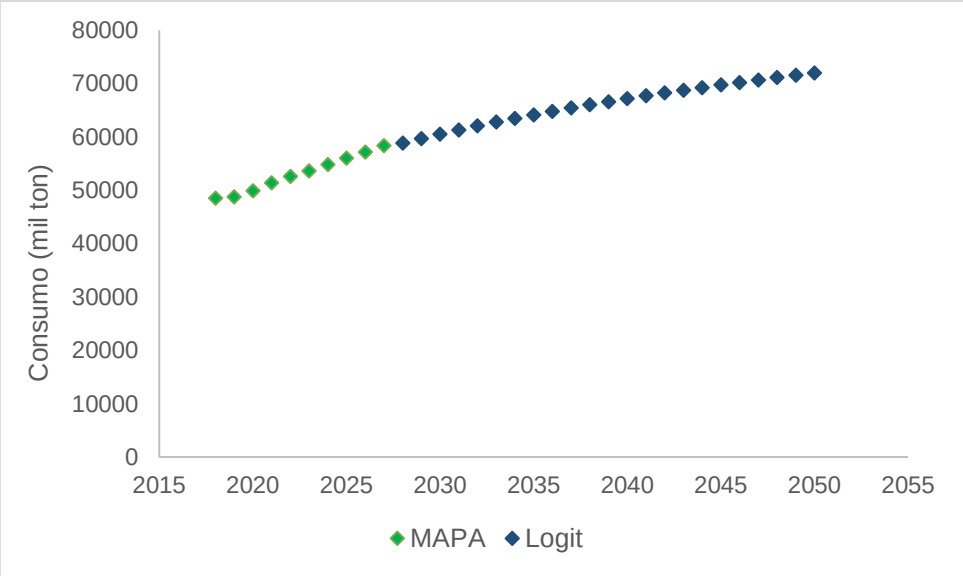


Figura 51 – Projeção do consumo de soja do Brasil

Fontes: MAPA e Elaboração própria

Para a projeção da produção, além dos dados a nível nacional, o MAPA também divulga projeções específicas para cada estado, em termos de área plantada, produtividade e produção, também para um período de 10 anos.

Para a produtividade dos anos seguintes, foram considerados crescimentos tendenciais das previsões do MAPA.

Para a área plantada, são realizadas projeções específicas para cada estado, de forma a alinhar o crescimento da área plantada de acordo com as expectativas do MAPA, levando em conta o nível de ocupação de soja e as expectativas de expansão da cultura no futuro.

No estado de Goiás, que faz parte das regiões que apresentaram níveis de crescimento acima da média nacional nos últimos anos, espera-se que o estado mantenha este ritmo no curto prazo, porém no longo prazo esse crescimento se

desaceleraria, indicando a consolidação da área plantada, conforme mostrado na Figura 52.

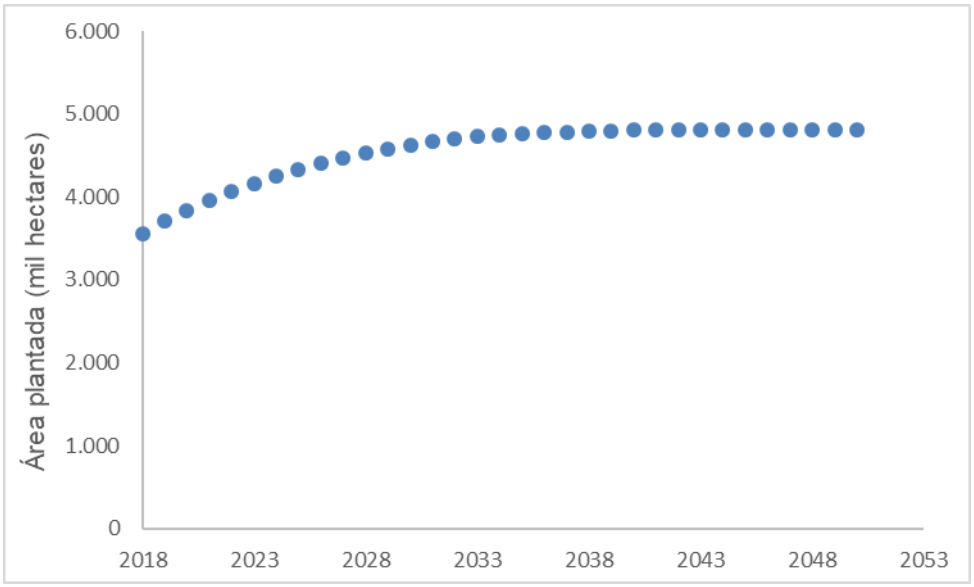


Figura 52 – Projeção área plantada Goiás

Fontes: MAPA e Elaboração própria

Já para o estado de Minas Gerais considera-se que o estado estaria mais próximo de atingir a consolidação da área plantada, apresentando assim um crescimento abaixo da média nacional e atingindo um patamar máximo em poucos anos, como mostra a Figura 53

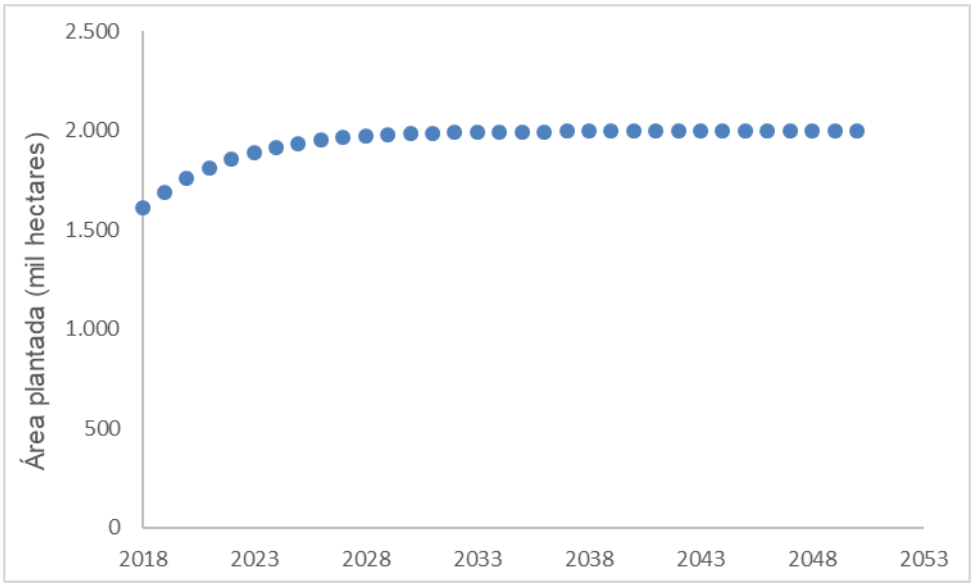


Figura 53 - Projeção área plantada de Minas Gerais

Fontes: MAPA e Elaboração própria

No estado do Mato Grosso, por sua relevância na produção de soja, foi feita uma análise mais detalhada da área disponível para plantio, considerando a nova legislação ambiental, que estabelece um limite mínimo de área a ser preservada de acordo com o bioma da região conforme apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 – Área destinada à reserva legal por bioma segundo nova legislação ambiental

Bioma	% da propriedade destinada à reserva legal
Amazônia	80%
Cerrado	35%
Pantanal	20%

Fonte: Brasil

De acordo com dados do Censo do IBGE (2006), a maioria das propriedades agrícolas do Mato Grosso está em desacordo com a legislação e por isso deveria restituir parte de seu terreno para se adequar às normas. No entanto, existe a possibilidade de que o proprietário faça a reconstituição da reserva legal em outro local. Assim, foi assumida a premissa de que quanto menor o percentual de ocupação da área utilizável por soja no município, maior o percentual do déficit de reserva legal a ser recomposto. Isso significa que terrenos que já contam com grandes áreas consolidadas de plantio optarão pela reconstituição da reserva em outro local. A Figura 54 mostra a divisão do estado do Mato Grosso segundo o tipo de bioma.

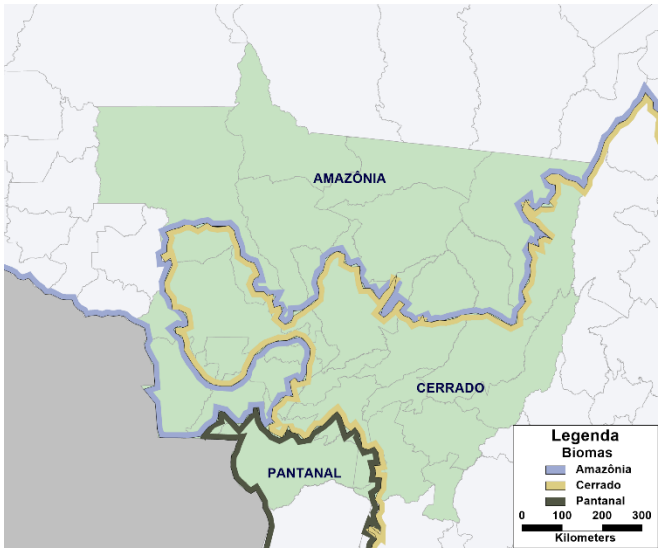


Figura 54 – Divisão do Mato Grosso segundo bioma

Fonte: Elaboração própria

Calculada, então, a área disponível (considerando a área de reserva legal a ser reconstituída) foram determinados os níveis de ocupação de soja. A partir do percentual de ocupação foram definidos 4 grupos, listados na Tabela 26 a seguir, sendo que para cada um foi estabelecido um teto de expansão da área plantada de soja no futuro.

Tabela 26 – Taxa de ocupação de soja no ano base e máxima

Classe	Ocupação de soja no ano base	Ocupação máxima de soja
Grupo 1	Acima de 80%	Constante
Grupo 2	Entre 80% e 30%	80%
Grupo 3	Entre 30% e 10%	70%
Grupo 4	Até 10%	60%

Fonte: Elaboração própria

Além disso, optou-se por utilizar as projeções elaboradas pelo IMEA publicadas no documento “Agro MT Outlook 2025” considerando os limites superiores para balizar as previsões para o estado,

Por fim, as exportações foram calculadas como sendo o volume excedente da produção total, descontando o consumo interno projetado.

A seguir são apresentados os vetores de exportação (Tabela 27) e as cadeias produtivas da soja para os anos futuros (Figura 55 a Figura 58).

Tabela 27– Vetores Projetados de Exportação de Soja

Soja (mil ton)	Exportação 2020	Exportação 2030	Exportação 2040	Exportação 2050
Mato Grosso	22.550	39.545	47.985	55.020
Minas Gerais	4.451	5.579	6.262	6.989
Goiás	4.636	7.185	8.600	9.987
Brasil	**72.881**	**106.934**	**125.751**	**143.718**

Fontes: CONAB, IBGE, MAPA, SECEX, ABIOVE, IMEA, Pesquisa de Mercado

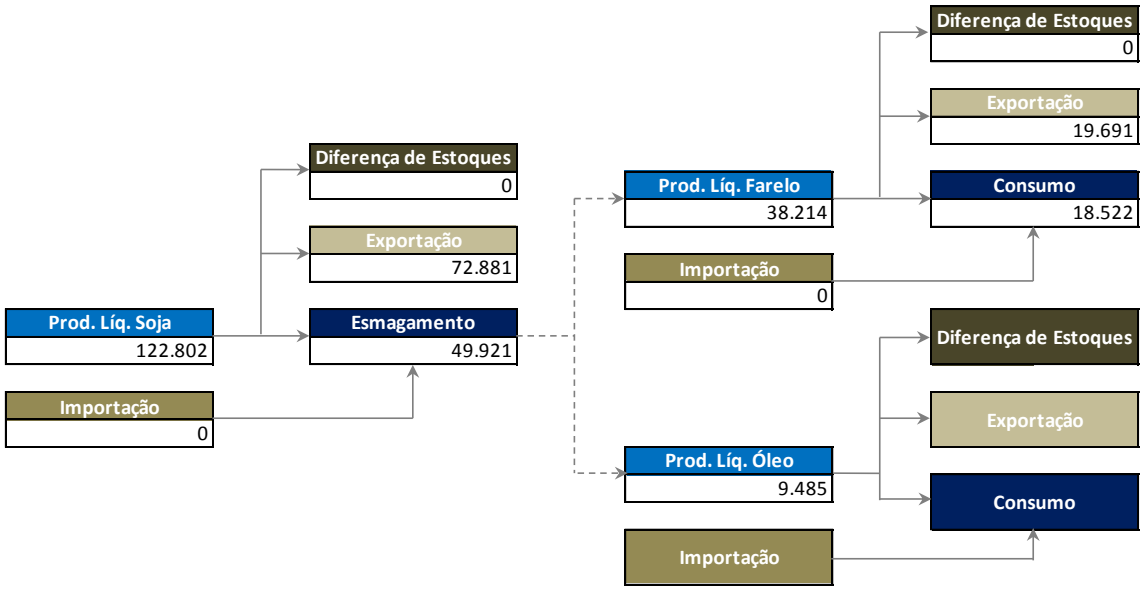


Figura 55 – Cadeia Produtiva Complexo Soja – 2020 (mil ton)

Fontes: CONAB, IBGE, MAPA, SECEX, ABIOVE, IMEA, Pesquisa de Mercado

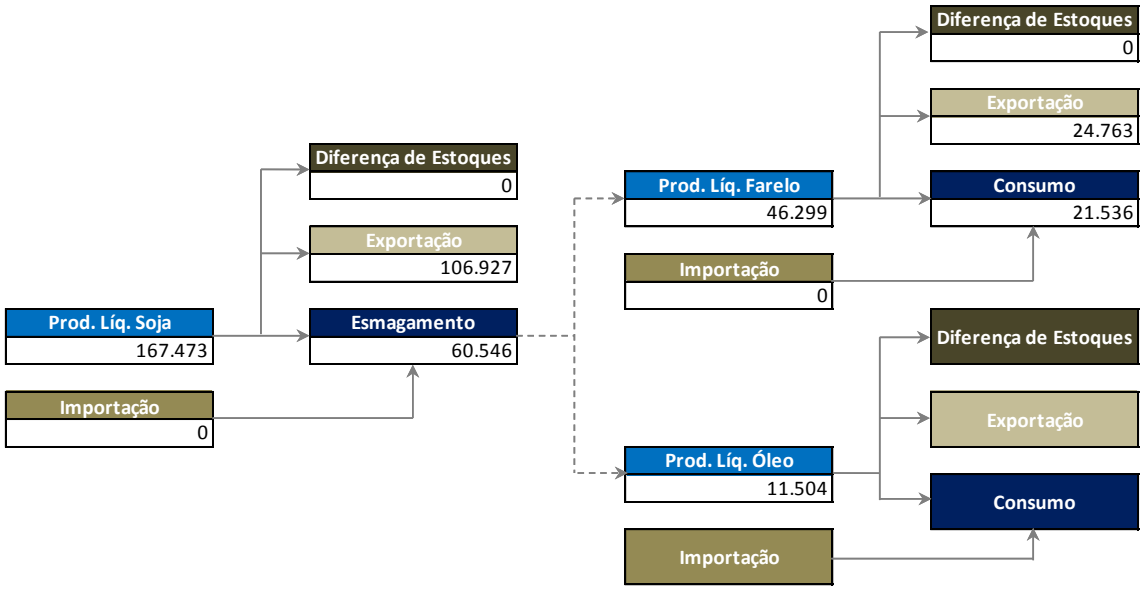


Figura 56 – Cadeia Produtiva Complexo Soja – 2030 (mil ton)

Fontes: CONAB, IBGE, MAPA, SECEX, ABIOVE, IMEA, Pesquisa de Mercado

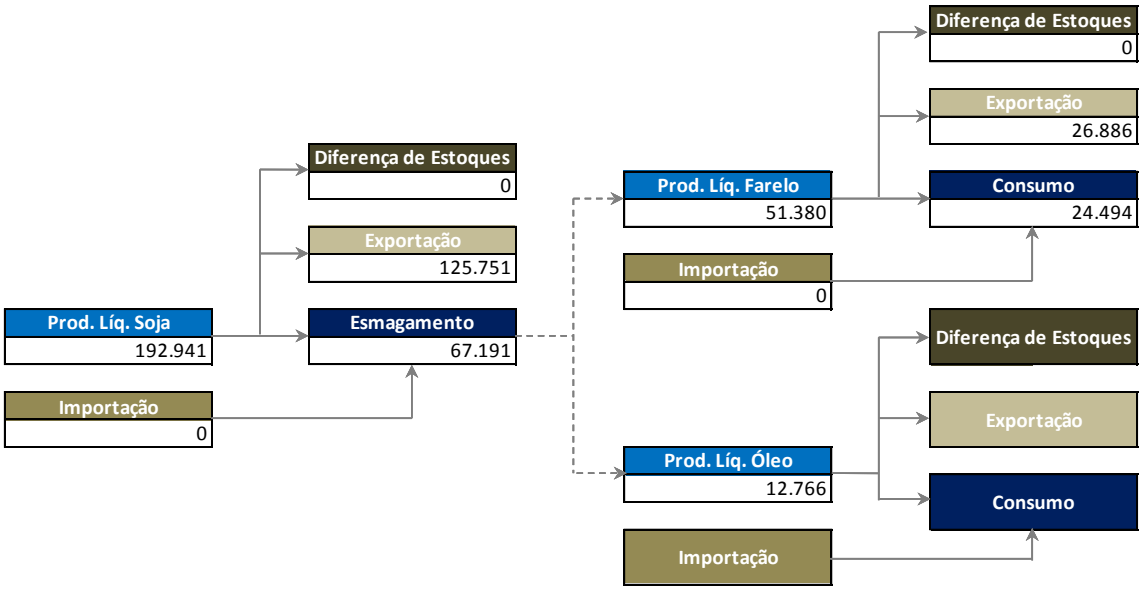


Figura 57 – Cadeia Produtiva Complexo Soja – 2040 (mil ton)

Fontes: CONAB, IBGE, MAPA, SECEX, ABIOVE, IMEA, Pesquisa de Mercado

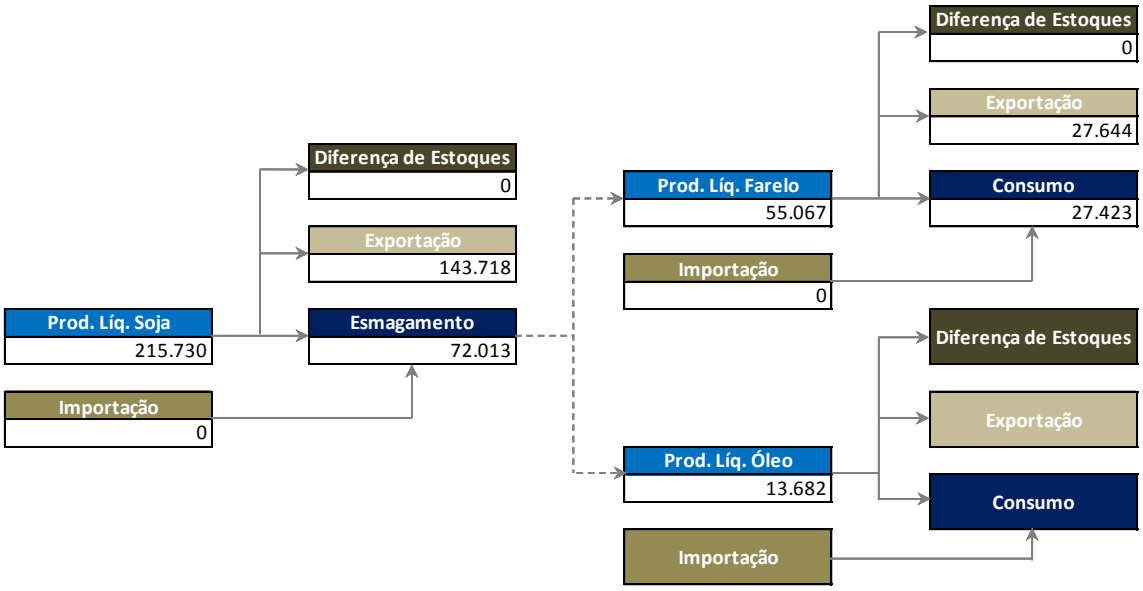


Figura 58 – Cadeia Produtiva Complexo Soja – 2050 (mil ton)

Fontes: CONAB, IBGE, MAPA, SECEX, ABIOVE, IMEA, Pesquisa de Mercado

Os mapas a seguir, apresentados na Figura 59, ilustram a evolução dos pontos de produção e consumo da soja para os anos-horizonte de 2020 até 2050. Os pontos vermelhos representam produções equivalentes a 10 mil toneladas/ano, enquanto os verdes, níveis de consumo equivalentes a 10 mil toneladas/ano.

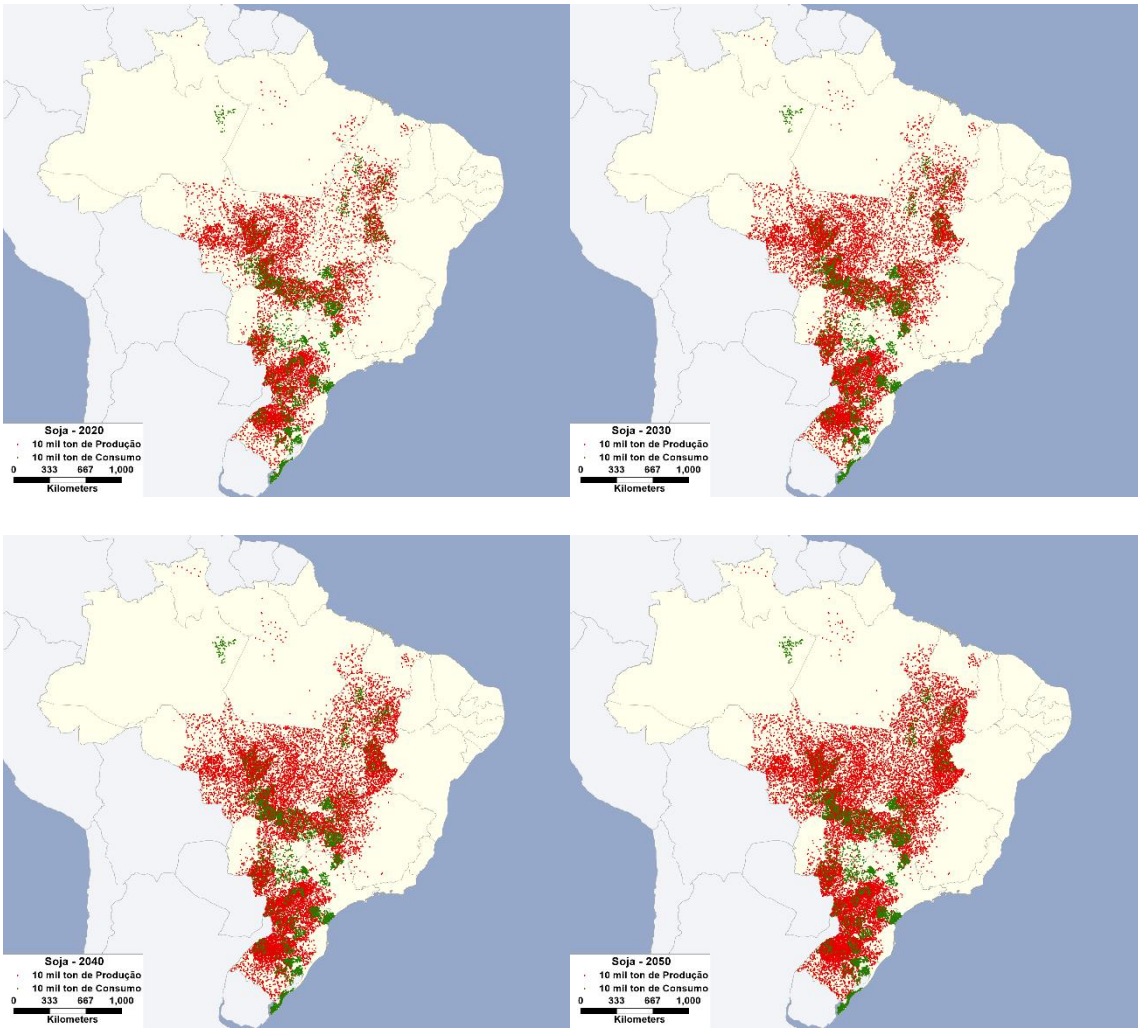


Figura 59 – Mapa de produção e consumo da Soja para os anos-horizonte 2020,2030,2040 e 2050

Fontes: CONAB, IBGE, MAPA, SECEX, ABIOVE, IMEA, Pesquisa de Mercado

12.2.1.6 Análise de Geração, Distribuição E Projeção – Farelo de Soja

Como já mencionado, o farelo é um produto do esmagamento da soja. Assim como os grãos, praticamente metade de todo o farelo produzido no país é exportado. A produção de farelo para o mercado interno tem como finalidade a produção de ração animal (misturado ao milho), fonte de proteínas conforme exigências de cada espécie.

Justamente pelo fato de as esmagadoras se localizarem próximas aos locais de plantio de soja, a produção de farelo se concentra na região Centro-Oeste e Sul do país. Por seu histórico recente de expansão, a região do MATOPIBA

atualmente ainda abriga poucas esmagadoras, o que faz com que a contribuição destes estados seja pequena.

A produção total de farelo é obtida pelos dados fornecidos pela ABIOVE, sendo que a distribuição da produção de farelo acompanha a distribuição do consumo de soja nas esmagadoras.

As regiões Sul e Centro-Oeste respondem juntas por cerca de 78% da capacidade instalada de processamento de soja. Paraná e Mato Grosso são os maiores estados em termos de capacidade, cada um com uma participação de 20%.

A ABIOVE fornece também a demanda interna de farelo, que é voltada exclusivamente para o consumo animal. A distribuição desse consumo é feita com base nos dados de rebanho animal por município (dados fornecidos pelo IBGE).

A projeção da produção de farelo foi calculada a partir das estimativas do consumo de soja, considerando um fator de rendimento de esmagamento. Este fator possui um comportamento histórico constante, mantendo-se na faixa de 76% como mostra a Tabela 28 a seguir.

Tabela 28– Fator de rendimento consumo de soja/ produção de farelo

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Fator de rendimento	76,5	76,0	76,0	76,2	76,2	76,4	75,9	76,5	75,5

Fonte: ABIOVE

Para a projeção do consumo de farelo foi considerada a relação da demanda de milho e farelo, já que ambos são insumos para a fabricação de ração animal. Pelos dados históricos, o consumo de farelo representa aproximadamente 30% do consumo de milho, como apresentado no gráfico da Figura 60.

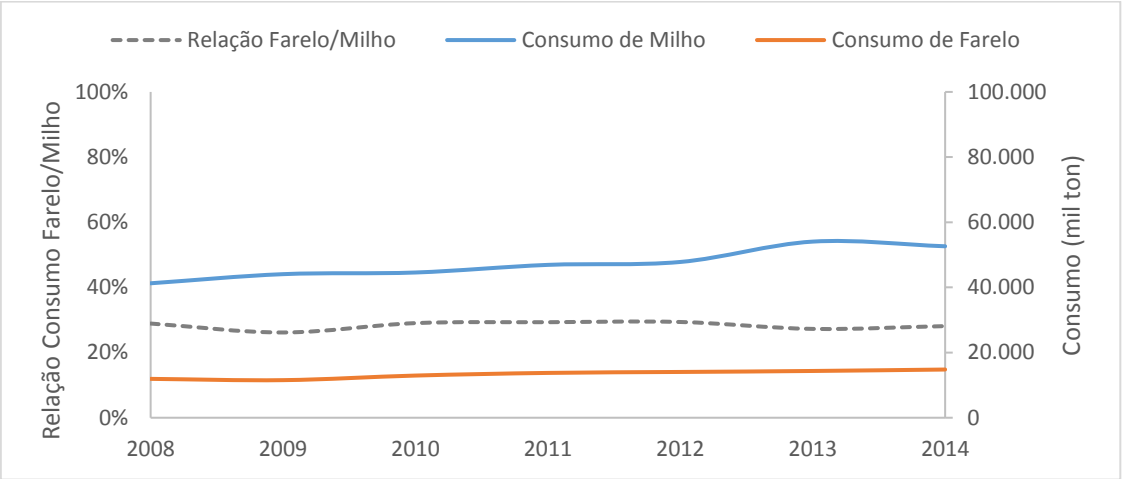


Figura 60 – Relação do consumo de farelo em relação ao milho

Fontes: CONAB, ABIMILHO, ABIOVE e SECEX

Por fim, a projeção da exportação de farelo foi baseada no volume excedente de produção para todos os anos-horizonte.

Na Tabela 29 a seguir são apresentados os vetores de exportação do farelo de soja.

Tabela 29 – Vetores Projetados de Exportação de Farelo de Soja

Farelo de Soja (mil ton)	Exportação 2020	Exportação 2030	Exportação 2040	Exportação 2050
Mato Grosso	6.263	7.672	8.598	9.123
Minas Gerais	816	1.049	1.103	1.096
Goiás	1.537	2.028	2.042	1.999
Brasil	**19.691**	**24.763**	**26.886**	**27.644**

Fontes: ABIOVE, IBGE, MAPA e Pesquisa de Mercado

Por fim, os mapas apresentados na Figura 61 ilustram a evolução dos pontos de produção e consumo de farelo de soja para os anos-horizonte de 2020 até 2050. Os pontos vermelhos representam produções equivalentes a 10 mil toneladas/ano, enquanto os verdes, níveis de consumo equivalentes a 10 mil toneladas/ano.

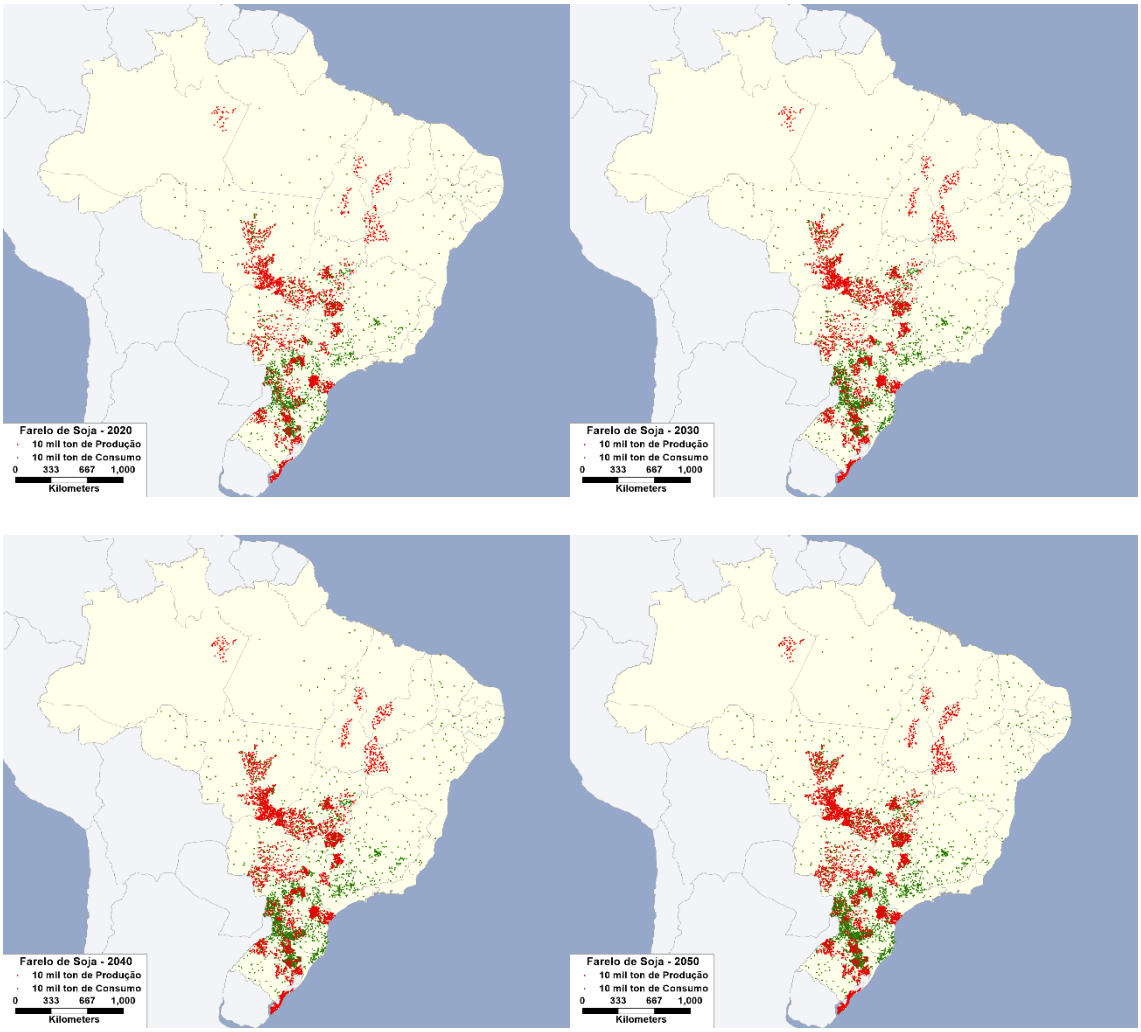


Figura 61 - Mapa de produção e consumo de Farelo de Soja para os anos-horizonte 2020,2030,2040 e 2050

Fontes: ABIOVE, IBGE e Pesquisa de Mercado

12.2.1.7 Análise de Geração, Distribuição e Projeção – Milho

Historicamente, o milho sempre foi um produto voltado para o mercado interno, atendendo além do consumo humano e industrial, principalmente o mercado de produção de ração animal, que responde por 80% do consumo, segundo a Associação Brasileira das Indústrias do Milho – ABIMILHO.

A cadeia produtiva do milho é apresentada na Figura 62.

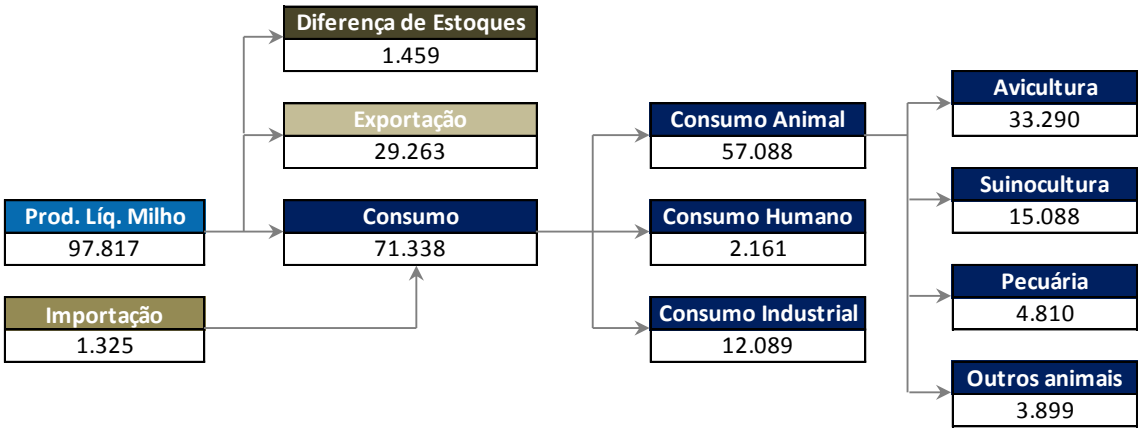


Figura 62 – Cadeia Produtiva do Milho – 2017 (mil ton)

Fontes: ABIMILHO, CONAB, IBGE, SECEX

A produção de milho ocorre em todos os estados do Brasil, o que faz com que a produtividade varie de região para região (de 8 ton/ha em Santa Catarina até 0,3 ton/ha em Pernambuco) ocorrendo convivência de culturas de alta produtividade com as de subsistência.

Geralmente, as culturas de maior produtividade são desenvolvidas por produtores de soja que efetuam rotação de culturas em suas áreas agrícolas, o que indica que a expansão da área plantada de soja tende a gerar expansão da área para cultivo do milho. Na região Sudeste, parte do Centro-Oeste e norte do Paraná existem condições climáticas para duas safras por ano, de forma que agricultores que utilizam as melhores tecnologias normalmente produzem soja na primeira safra e milho na segunda. Em contrapartida, no Nordeste ocorre apenas uma safra por ano.

Assim como no caso da soja, a CONAB fornece os dados de produção de milho em nível estadual. Para a regionalização da produção, são utilizados os dados do IBGE, que detalha o total de produção por cidade. Com base nesses valores é feita a distribuição do total estadual entre os municípios.

Assim como a soja, as regiões Centro-Oeste e Sul concentraram a maior parte da produção de milho, respondendo por aproximadamente 78% do total nacional. O estado do Mato Grosso é o maior estado produtor, com cerca de 30% da produção.

Para o presente estudo, a distribuição da demanda foi feita de acordo com o tipo de consumo: o milho para alimentação humana foi distribuído proporcionalmente à população de cada zona, o consumo industrial foi distribuído proporcionalmente ao PIB regional e o milho destinado à fabricação de ração

animal foi dividido de acordo com tamanho do rebanho de cada município (segundo dados fornecidos pelo IBGE). A região Sul, que concentra grande parte da avicultura e suinocultura, demanda o maior volume do grão.

Para a projeção do consumo de milho, foram adotados novamente os volumes estimados pelo MAPA em seu documento “Projeções do Agronegócio” e considerando um crescimento tendencial a partir das previsões do próprio Ministério, seguindo assim as mesmas considerações apresentadas para a projeção da soja.

A projeção do consumo pode ser visto no gráfico da Figura 63.

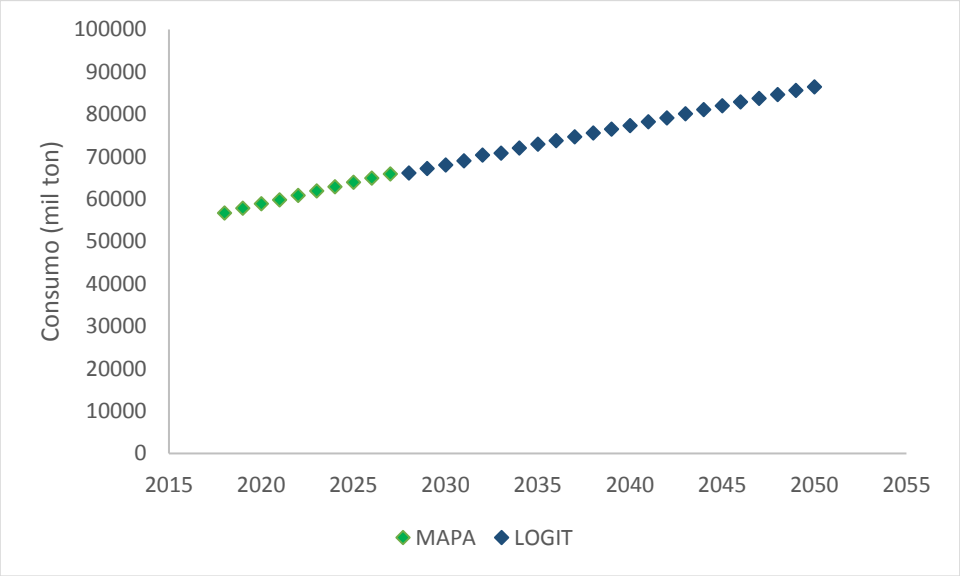


Figura 63 – Projeção de consumo de milho do Brasil

Fontes: MAPA e Elaboração própria

A projeção da produção foi calculada a partir da soma das produções estaduais. Esta por sua vez é calculada a partir das projeções de área plantada e produtividade.

Para a projeção estadual da área plantada, foram consideradas separadamente as tendências previstas para a primeira e segunda safra. A área plantada da primeira safra tem diminuído nos últimos anos, dando lugar ao plantio de outros grãos. Já a área plantada de milho safrinha tem aumentado de forma mais consistente, influenciada pelo aumento da área plantada de soja e consequente necessidade de rotatividade de cultura. A Figura 64 a seguir ilustra o comportamento da evolução da área plantada para os dois tipos de safra nos últimos anos.

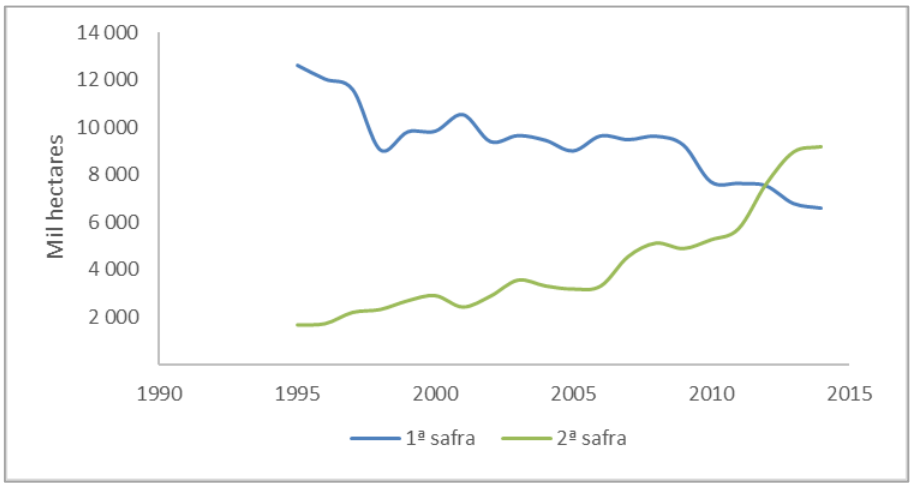


Figura 64 – Evolução área plantada de milho

Fonte: CONAB

A expectativa para o futuro, segundo as informações divulgadas pelo MAPA, é que não haverá necessidade da expansão de novas áreas, já que o reaproveitamento das áreas expandidas de soja será o suficiente.

Considerando tal cenário, admitiu-se a manutenção da área da primeira safra nos estados. Assim, o aumento de produção de desta safra seria decorrente apenas do crescimento de produtividade. Cabe citar que foi admitido que o estado do Mato Grosso produzirá apenas milho de segunda safra no futuro.

Já nos estados onde existem as características climáticas que permite o cultivo do milho safrinha, considerou-se que a área plantada corresponde a um percentual da área plantada de soja (conforme projeções do item 12.2.1.5).

Para a projeção da produtividade estadual, foi considerando um crescimento tendencial segundo dados históricos.

Para balizar a projeção das variáveis área e produção foram consultadas as informações de projeções estaduais fornecidos pelo MAPA, assim como foi feita para a soja.

No caso do estado do Mato Grosso, foram utilizadas as projeções mais otimistas (limite superior) divulgadas pelo IMEA no estudo “Agro MT Outlook 2025”.

A seguir são apresentados os vetores de exportação (

Tabela 30) e as cadeias produtivas do milho para os anos futuros (Figura 65 a Figura 68).

Tabela 30 – Vetores de Produção e Consumo Milho

Milho (mil ton)	Exportação 2020	Exportação 2030	Exportação 2040	Exportação 2050
Mato Grosso	19.596	37.452	50.988	59.545
Minas Gerais	591	798	861	800
Goiás	3.271	4.848	6.533	7.907
Brasil	**40.104**	**68.552**	**88.008**	**96.502**

Fontes: ABIMILHO, CONAB, IBGE, SECEX, MAPA e IMEA

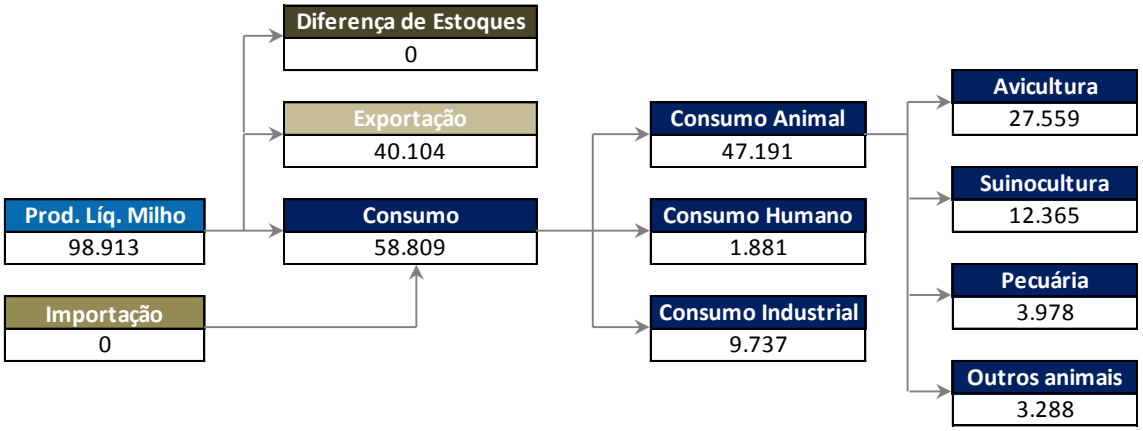


Figura 65 – Cadeia Produtiva Milho – 2020 (mil ton)

Fontes: ABIMILHO, CONAB, IBGE, SECEX, MAPA e IMEA

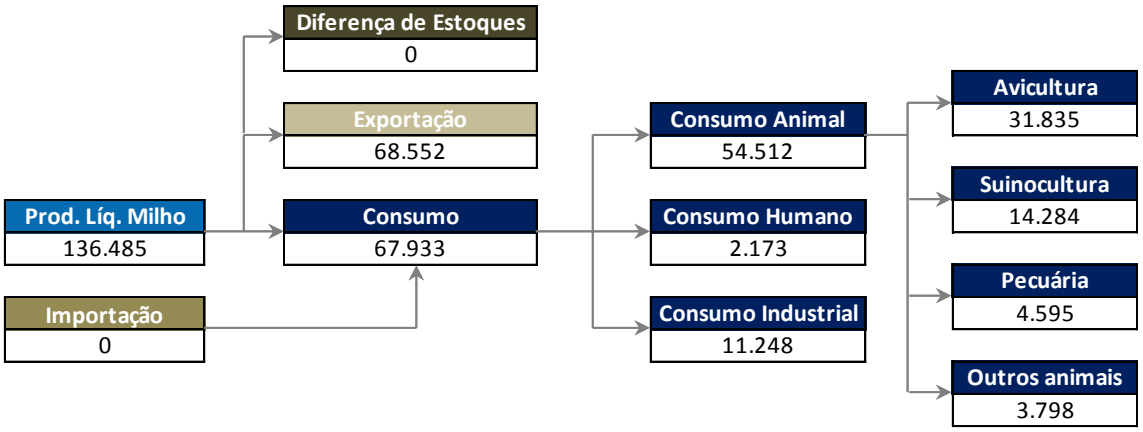


Figura 66 – Cadeia Produtiva Milho – 2030 (mil ton)

Fontes: ABIMILHO, CONAB, IBGE, SECEX, MAPA e IMEA

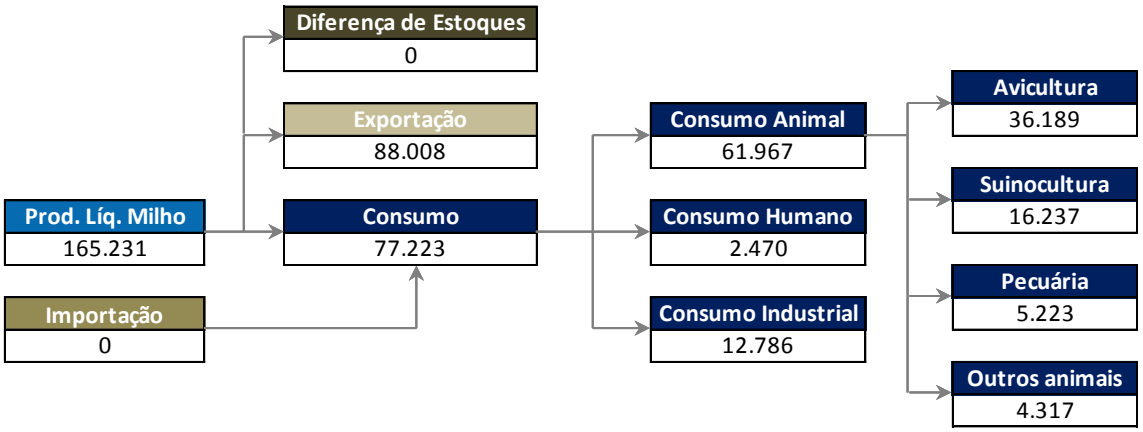


Figura 67 – Cadeia Produtiva Milho – 2040 (mil ton)

Fontes: ABIMILHO, CONAB, IBGE, SECEX, MAPA e IMEA

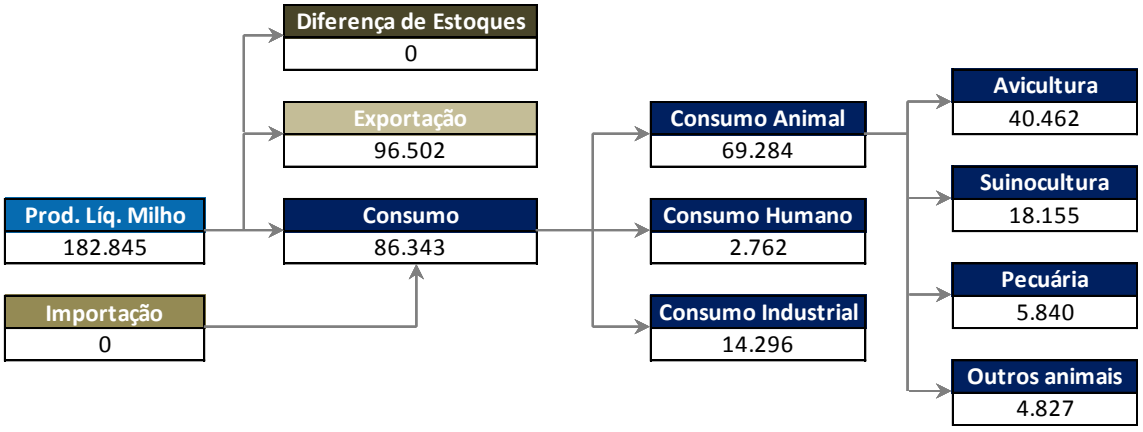


Figura 68 – Cadeia Produtiva Milho – 2050 (mil ton)

Fontes: ABIMILHO, CONAB, IBGE, SECEX, MAPA e IMEA

Por fim, os mapas apresentados na Figura 69 ilustram a evolução dos pontos de produção e consumo do milho para os anos-horizonte de 2020 até 2050. Os pontos vermelhos representam produções equivalentes a 10 mil toneladas/ano, enquanto os verdes, níveis de consumo equivalentes a 10 mil toneladas/ano.

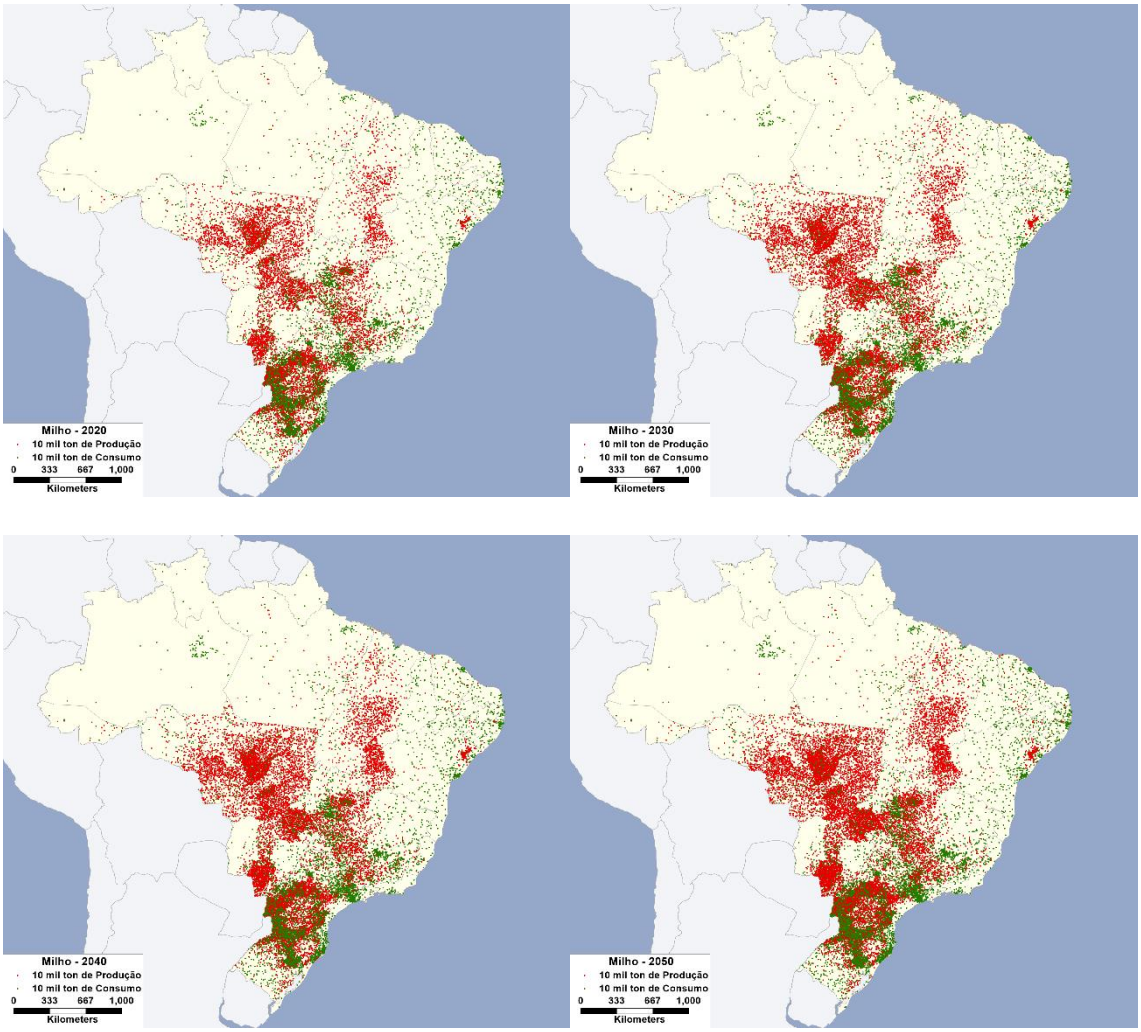


Figura 69 – Mapa de produção e consumo do Milho para os anos-horizonte 2020,2030,2040 e 2050

Fontes: ABIMILHO, CONAB, IBGE, SECEX, MAPA e IMEA

12.2.1.8 Resultados

A Figura 70 mostra a projeção do volume potencial de grãos escoado pelo Porto de Vitória e pelo Porto do Açu, que não considera o impacto de restrições de capacidade.

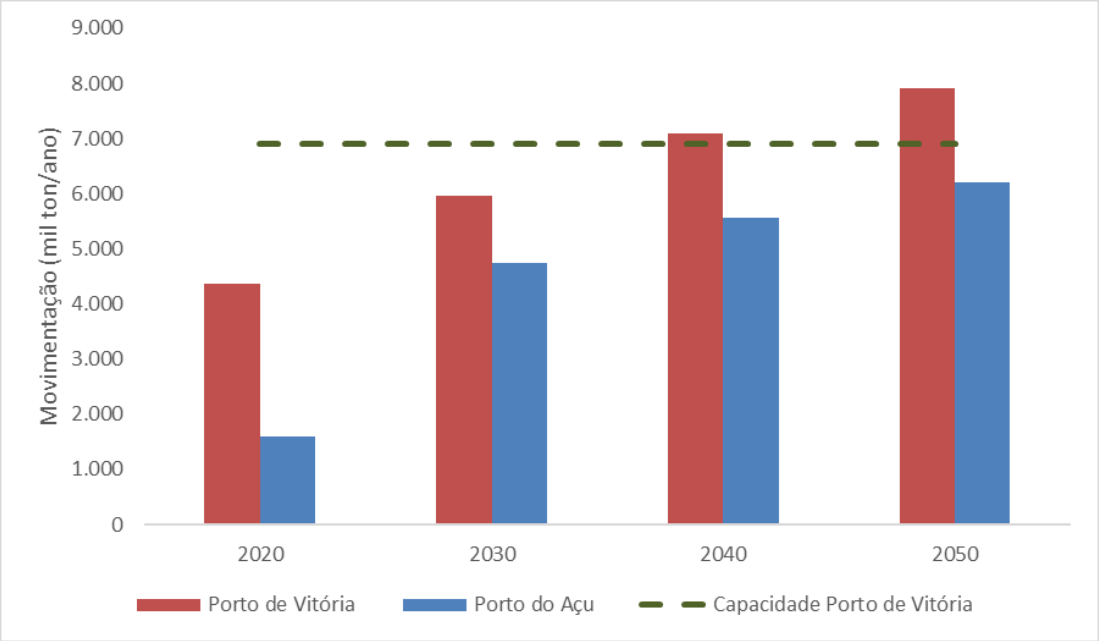


Figura 70 – Alocação Potencial de Grãos nos Portos

Fonte: Elaboração própria

Considerando a limitação de movimentação de grãos no Porto de Vitória prevista pela ANTT de 6,9 milhões de toneladas, admite-se que o volume excedente no porto capixaba migraria para o Porto do Açu, conforme mostra a Figura 71.

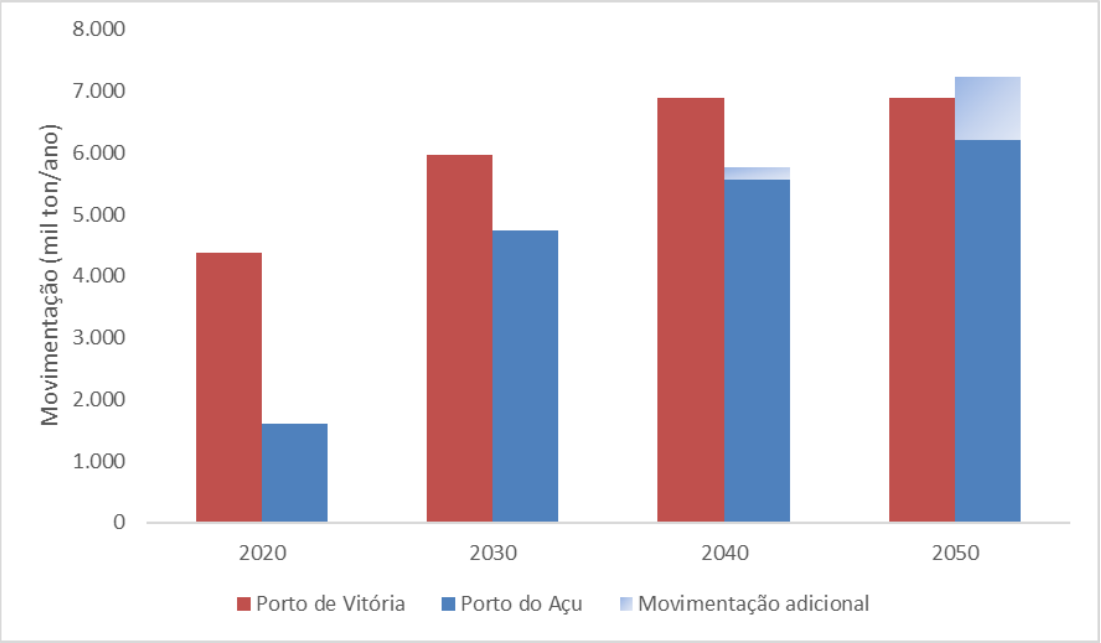


Figura 71 – Alocação de Grãos, com restrição de capacidade no Porto de Vitória

Fonte: Elaboração própria

Convertendo a parcela de grãos do Porto do Açu alocada no modo rodoviário em tráfego de caminhões por dia, a movimentação anual é apresentada na Figura 72.

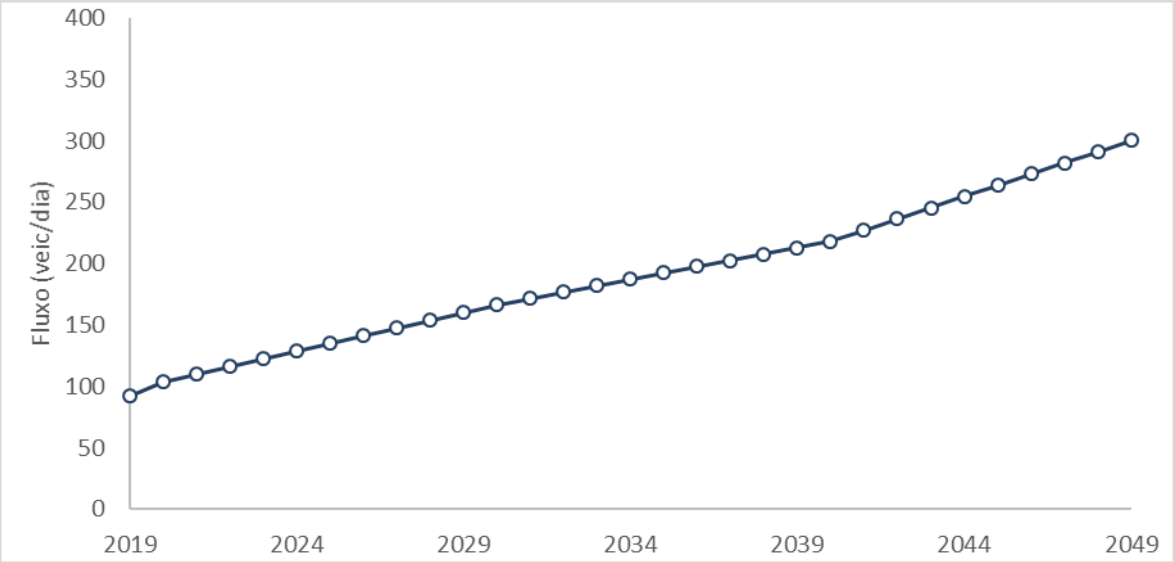


Figura 72 – Tráfego de caminhões de grãos na RJ-244

Fonte: Elaboração própria

12.2.2 CONTÊINERES

12.2.2.1 Definição da Área de Estudo

Para o estudo da demanda potencial de contêineres, foram levantadas as informações de movimentação do produto nos portos que estão no entorno do Porto do Açu. A Figura 73 apresenta os portos selecionados.

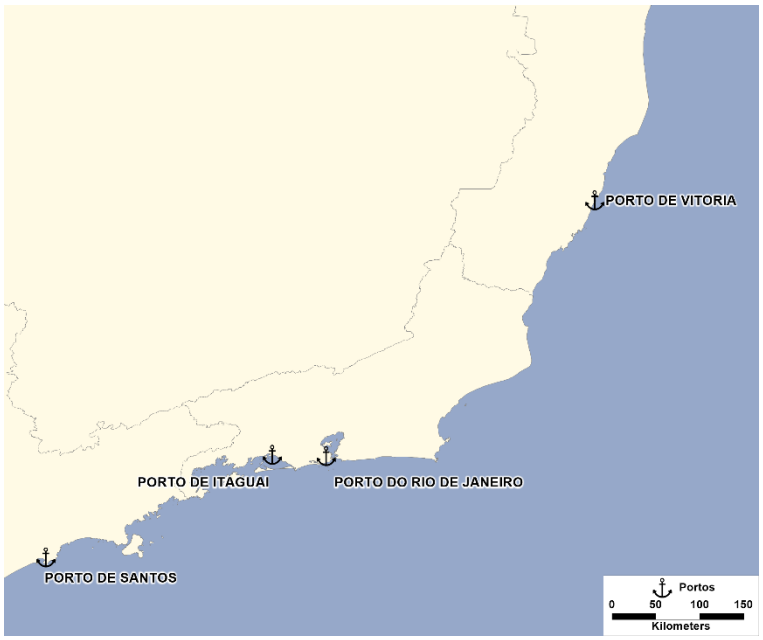


Figura 73 – Portos considerados na área de influência para carga conteinerizada

Fonte: Elaboração própria

12.2.2.2 Levantamento das Curvas de Frete

O levantamento de curvas de frete é essencial para a distribuição da demanda dos produtos analisados à medida que o principal fator considerado na escolha das rotas de exportação e importação de contêineresé o custo de transporte. As curvas são ajustadas segundo uma função do tipo $a * x^b$ (não lineares), pois há redução do custo operacional para distâncias mais longas.

Neste caso, a análise de competição portuária foi focada nos custos rodoviários apenas. Como não há uma base de dados robusta sobre este produto no SIFRECA, foi utilizada como referência as tabelas de frete divulgadas pelo Guia do TRC.

Além disso, o Porto de Vitória opera como um *feeder*, de modo que toda a carga conteinerizada embarcada neste porto é enviada ao Porto de Santos, para de lá a carga ser enviada para o mercado externo. O mesmo procedimento ocorre no sentindo de importação.

Por conta disso, além do custo rodoviário, toda carga com origem ou destino em Vitória, tem ainda o acréscimo do custo desta operação de *feeder* até Santos. Para a estimativa deste custo utilizou-se como *proxy* o frete de cabotagem de contêineres divulgado pela ANTAQ para o período de 2010 e 2012, sendo que

esses valores foram reajustados com base no Índice de Preços ao Consumidor – IPCA.

A Tabela 31 resume as curvas de frete obtidas para cada modo, bem como seus respectivos parâmetros:

Tabela 31 – Parâmetros das curvas de frete para carga conteinerizada

Frete (R$/t)			Distância (km)				
Modo	a	b	50	100	250	500	1000
Rodovia	3,28	1,40	53,14	87,02	167,04	273,55	447,99
Cabotagem	1,40	0,64	17,04	26,53	47,63	74,16	115,47

12.2.2.3 Análise de Geração, Distribuição e Projeção

Vetores de Produção Consumo do Ano Base

A montagem dos vetores de produção e atração para o ano base das cargas conteinerizadas foi focada na movimentação dos portos de Santos (Cluster São Paulo), Rio de Janeiro e Itaguaí (Cluster Rio de Janeiro) e Vitória (Cluster Espírito Santo).

Em função da grande variedade de produtos que podem ser armazenadas em contêineres, foram consultadas diferentes fontes:

- Secex: a Secretária de Comércio Exterior disponibiliza por meio do seu Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior informações sobre a movimentação total de mercadorias de longo curso nos portos, também segundo código SH4
- Antaq: através do seu Sistema de Informações Gerenciais, disponibiliza o volume de carga em contêiner movimentado por porto, indicando tanto o sentido (embarque/desembarque) quanto o tipo de navegação (cabotagem/longo curso). Os dados são apresentados segundo o código SH4, tanto em termos de toneladas, quanto em TEUs.

Com os dados da Secex, foram verificados os volumes totais de cada produto segundo posição SH4. A partir destes, descontaram-se os volumes relativos aos produtos movimentados em contêiner apresentados pela ANTAQ, obtendo-se então a taxa de conteinerização de cada uma das mercadorias. Tal metodologia foi aplicada separadamente para cada porto.

Para a validação do processo aplica-se as taxas obtidas à pauta de mercado externo de cada porto apresentada pela SECEX e compara-se com os resultados obtidos com o total de contêineres movimentado em cada um dos três portos.

Definida a taxa de conteinerização, são montados os vetores de produção – atração. Para isto, são utilizadas as informações do Secex que detalham a origem ou destino das cargas movimentadas em longo curso, segundo SH4, em nível municipal.

Por fim, com base nas informações fornecidas pela Antaq é feito o cálculo do fator de conversão de toneladas para TEUs, para cada capítulo, segundo porto e sentido.

A Figura 74, Figura 75 e Figura 76 ilustram os pontos de geração de cargas de comércio exterior para os clusters de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, respectivamente. Os pontos vermelhos representam importações, enquanto os verdes, níveis de exportação. O tamanho da circunferência é proporcional à quantidade de TEUs/ano movimentados.

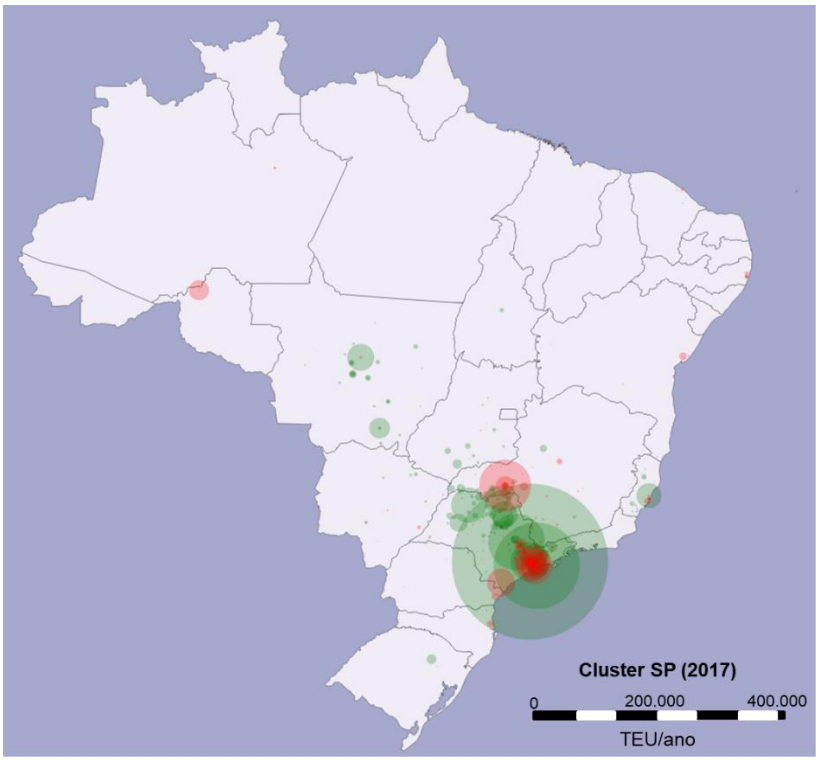


Figura 74 – Mapa de exportação e importação de contêineres do Cluster SP (2017)

Fontes: Secex, Antaq

Figura 75 – Mapa de exportação e importação de contêineres do Cluster RJ (2017)

Fonte: Secex, Antaq

Figura 76 – Mapa de exportação e importação de contêineres do Cluster ES (2017)

Fonte: Secex, Antaq

Critérios de Projeção

A projeção dos volumes das cargas conteinerizadas é feita com base no documento Projeção de Demanda e Alocação de Cargas, que faz parte do estudo do PNLP (Plano Nacional de Logística Portuária).

Para a projeção, o PNLP considera dois grupos de produtos. Um trata do grupo de produtos que tradicionalmente são transportados quase que integralmente em contêineres, tais como carnes, café em grãos e produtos têxteis. Para este grupo, a movimentação nos portos aumentará em função do crescimento do mercado.

O outro grupo destacado no estudo é o dos produtos que apresentam uma tendência de migração para o transporte em contêineres, englobando produtos como soja, açúcar e produtos siderúrgicos. Neste caso, além do aumento provocado pela evolução do mercado, a movimentação destes produtos em contêineres será impulsionada por esse processo de conteinerização.

Com base nisso, o estudo projeta a demanda total de contêineres nos portos brasileiros, destacando o fato de que a parcela de contêineres transportada por cabotagem terá um crescimento mais acentuado em detrimento da movimentação de longo curso. Os resultados para cada cluster estão apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 – Crescimento movimentação de contêineres

Crescimento Período (%a. a.)	Cluster Santos	Cluster Itaguaí / Rio de Janeiro	Cluster Vitória
2014 - 2020	4.5%	2.0%	2.5%
2020 - 2030	2.2%	2.3%	1.8%
2030 - 2040	2.1%	2.1%	2.2%
2040 - 2050	2.1%	2.1%	2.1%

Fonte: PNLP e Elaboração própria

Deste modo, é feita a projeção dos vetores de produção e atração das cargas conteinerizadas, segundo as mesmas taxas de crescimento de cada *cluster.*

Novamente, para a conversão dos volumes de toneladas para TEUs, são utilizados os fatores calculados para o ano base.

A Tabela 33 mostra os volumes projetados de exportação e importação para carga conteinerizada, agregando todos os clusters analisados.

Tabela 33 – Vetores de Exportação e Importação de Contêineres

Contêiner (mil TEUs)	Exportação 2020	Importação 2020	Exportação 2030	Importação 2030	Exportação 2040	Importação 2040	Exportação 2050	Importação 2050
Região Norte/Nordeste	80	138	98	172	121	212	149	261
MT	261	16	325	19	401	23	493	29
MS	41	20	52	25	64	30	78	37
GO	84	20	105	24	129	30	159	37
DF	1	1	2	1	2	1	2	2
ES	142	115	175	140	216	173	266	213
MG	467	291	582	361	717	445	880	548
RJ	158	98	198	123	244	151	299	186
SP	1.736	978	2.166	1.220	2.668	1.503	3.287	1.851
Região Sul	64	57	80	71	99	87	121	107
Total	3.035	1.733	3.782	2.155	4.660	2.657	5.736	3.271

Por fim, os mapas apresentados na Figura 77 ilustram a evolução dos pontos de produção e consumo de Contêineres Cheios para os anos-horizonte de 2020 até 2050. Os pontos vermelhos representam importações, enquanto os verdes, níveis de exportação. O tamanho da circunferência é proporcional à quantidade de TEUs/ano movimentados.

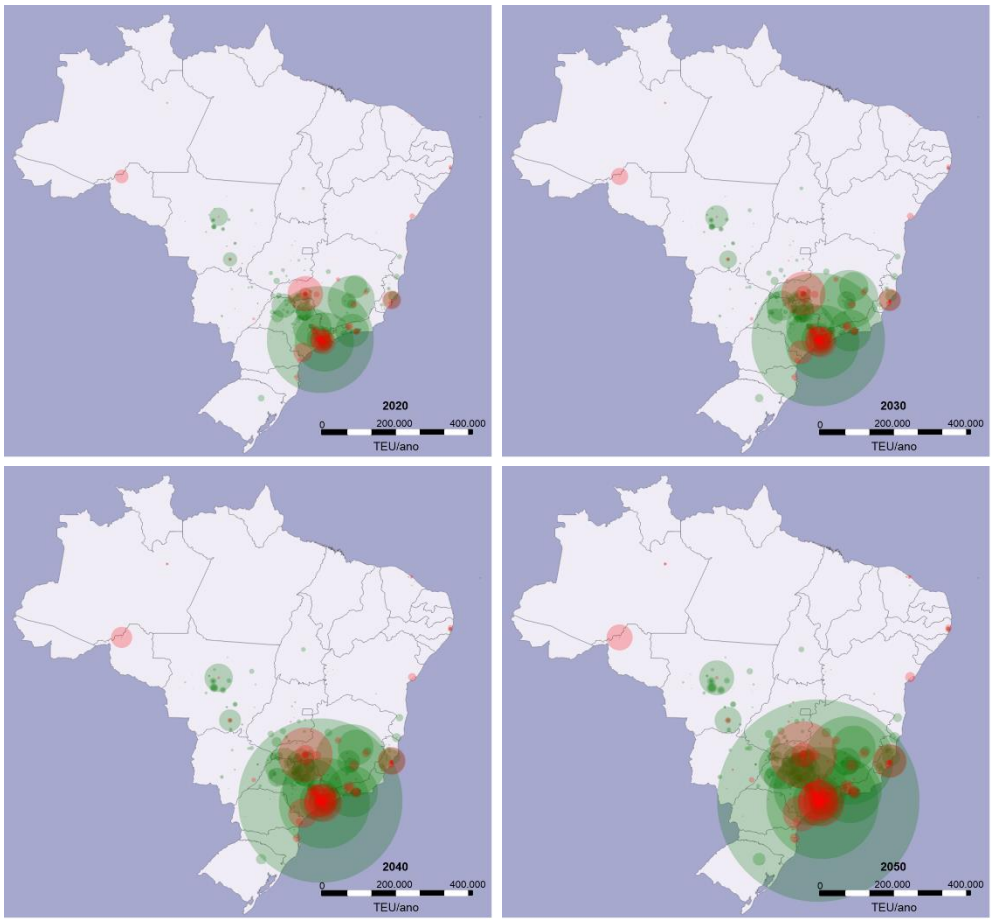


Figura 77 – Mapa de produção e consumo Contêineres Cheios para os anos-horizonte 2020, 2030, 2040 e 2050

Fonte: Elaboração própria

12.2.2.4 Resultados

A Figura 78 mostra a projeção do volume potencial de carga conteinerizada escoado pelos clusters portuários e pelo Porto do Açu.

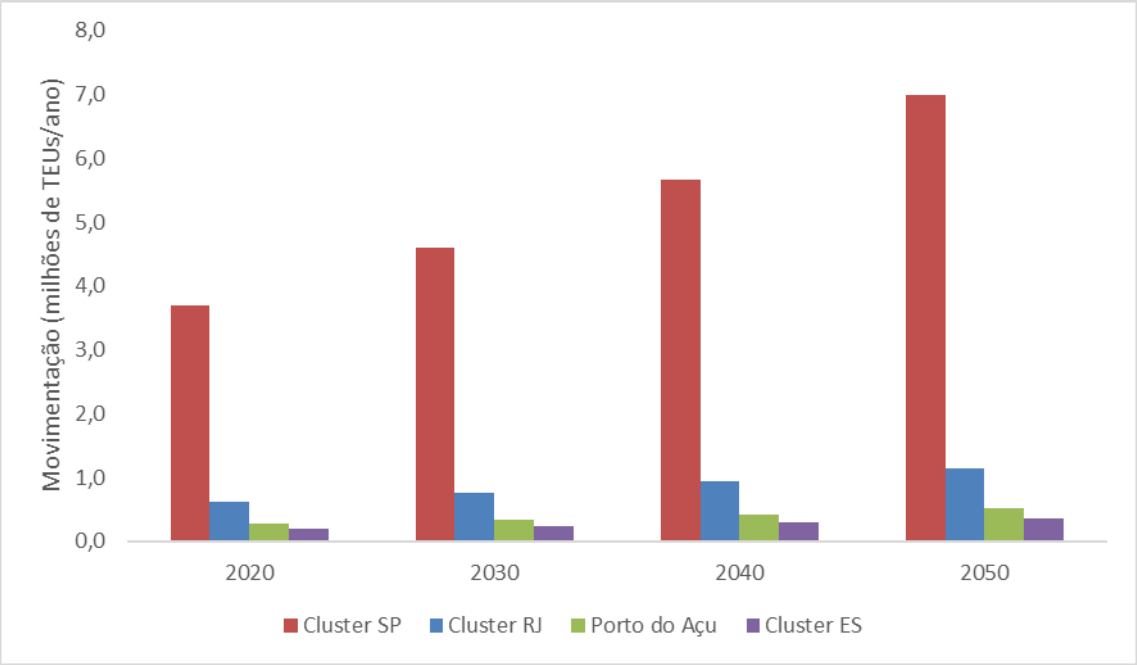


Figura 78 – Alocação de carga conteinerizada nos portos

Fonte: Elaboração própria

Convertendo este volume em tráfego de caminhões por dia, a movimentação anual na RJ-244 é apresentada na Figura 79.

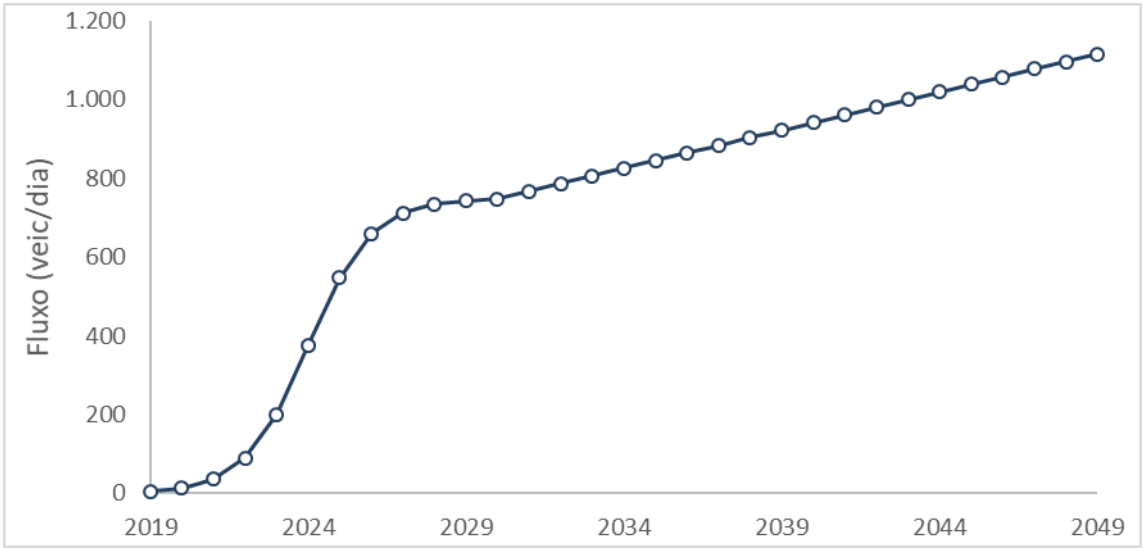


Figura 79 – Tráfego de caminhões de carga conteinerizada na RJ-244

Fonte: Elaboração própria

12.2.3 CARVÃO

12.2.3.1 Análise de Geração, Distribuição e Projeção

O carvão é um mineral utilizado como agente redutor na cadeia integrada da produção do aço. O produto deve atender algumas propriedades químicas como alto teor de carbono e baixa quantidade de cinzas e enxofre. No Brasil não existem reservas de carvão que atendam a esta condição, portanto todo o mineral consumido internamente tem origem no mercado externo.

Atualmente, o Porto do Açu atende à demanda da Gerdau localizada em Ouro Branco, sendo que as demais siderúrgicas de Minas Gerais representariam um mercado potencial a ser atendido pelo porto. Também existem siderúrgicas instaladas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, porém estas unidades já realizam suas operações pelos Portos de Itaguaí e Vitória, respectivamente. A Figura 80 mostra a localização das siderúrgicas do Sudeste do país que demandam o produto.

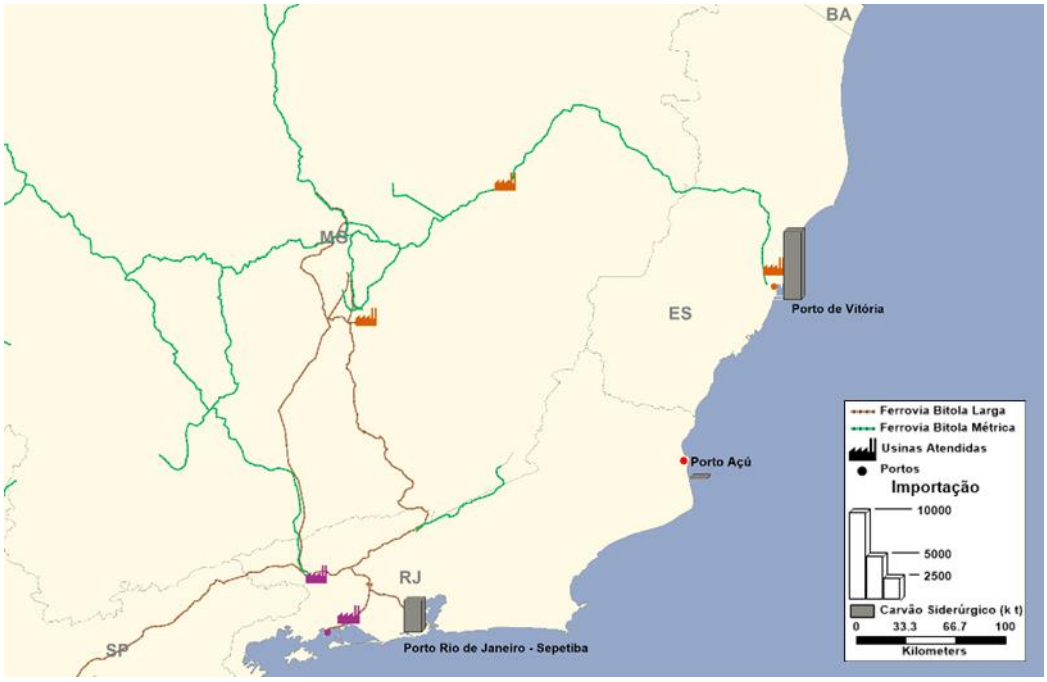


Figura 80 – Localização das siderúrgicas consumidoras de carvão da região Sudeste

Fonte: Secex, IABr e Pesquisa de Mercado

Para estimar o volume futuro de carvão para siderurgia a ser importado pelo Porto do Açu é preciso analisar a evolução da produção nacional de aço, identificando seu crescimento anual e o momento em que a capacidade máxima das unidades poderia ser atingida.

Primeiramente, é feita a projeção do consumo aparente (vendas internas mais importação) de aço no Brasil, correlacionando o crescimento desta variável com o PIB nacional. Para isso, procurou-se um modelo econométrico a partir do qual fosse possível relacioná-las de maneira satisfatória, e que confirmasse a dependência matemática entre elas.

O R^2 obtido da regressão é 0,91, e o p-valor da variável PIB, indicativo da relevância estatística da variável isoladamente, é 0,000, valores esses que corroboram a dependência efetiva entre as duas variáveis. Com o modelo definido, foi calculado o volume de consumo aparente de aço até 2049, admitindo-se que a parcela das vendas internas representaria 88% do consumo aparente ao longo do horizonte de estudo (porcentagem referente à participação em 2017). A Figura 81 apresenta estes resultados:

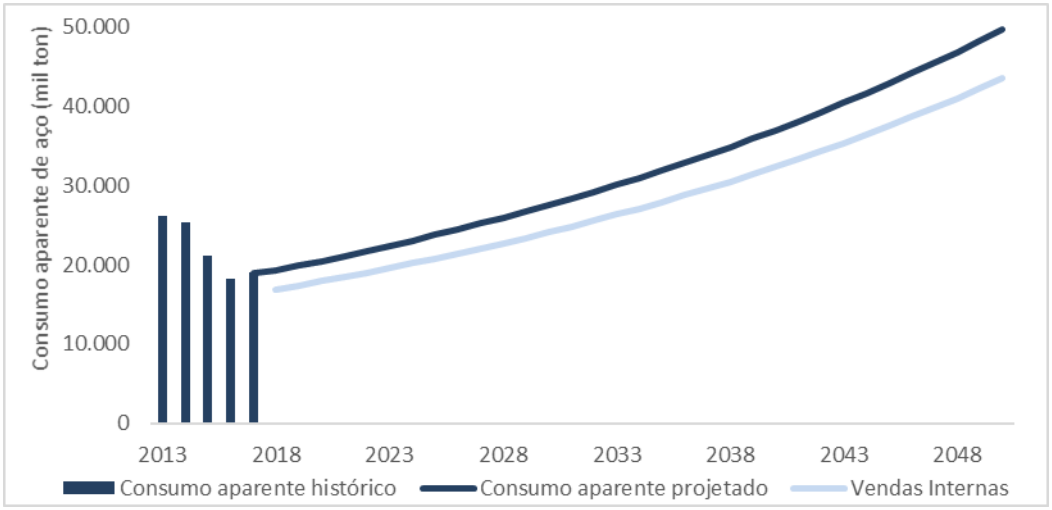


Figura 81 – Projeção do consumo aparente de aço

Fonte: Secex, IABr e Bacen

Na sequência foi calculada a projeção das exportações brasileiras. O histórico desta variável mostra que seu comportamento tende a ser afetado pela flutuação da taxa de câmbio, como mostra a Figura 82.

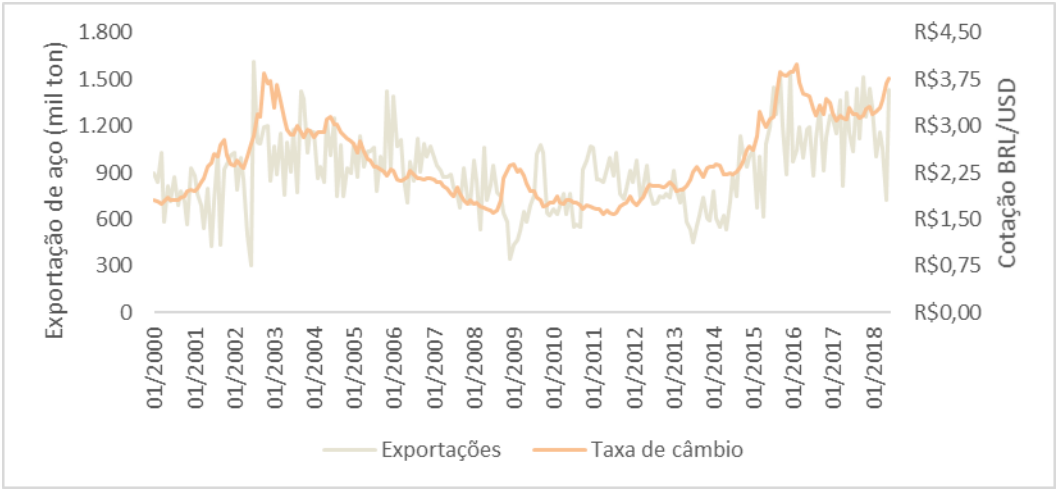


Figura 82 – Histórico de exportações de aço nacional e taxa de câmbio

Fonte: Secex, IABr e Bacen

Por se tratar de uma variável extremamente volátil, optou-se por não utilizar a taxa de câmbio como referência para projetar as exportações de aço do Brasil. Neste caso, a melhor opção foi a avaliar a participação do país no atendimento do consumo mundial (excluindo obviamente o consumo do próprio Brasil).

A projeção do consumo mundial de aço, foi baseada no documento '*The current capacity shake-up in steel and how the industry is adapting*', *elaborado* pela

McKinsey&Company. Até o ano de 2025 foi mantido o CAGR previsto pelo estudo e, para os anos seguintes, o consumo foi balizado com a projeção do PIB mundial.

Novamente, procurou-se um modelo econométrico a partir do qual fosse possível relacionar estas duas variáveis. Neste caso, o R^2 obtido da regressão é 0,97, e o p-valor da variável PIB, indicativo da relevância estatística da variável isoladamente, é 0,000, valores esses que corroboram a dependência efetiva entre as duas variáveis. A Figura 83 mostra o volume projetado do consumo mundial de aço:

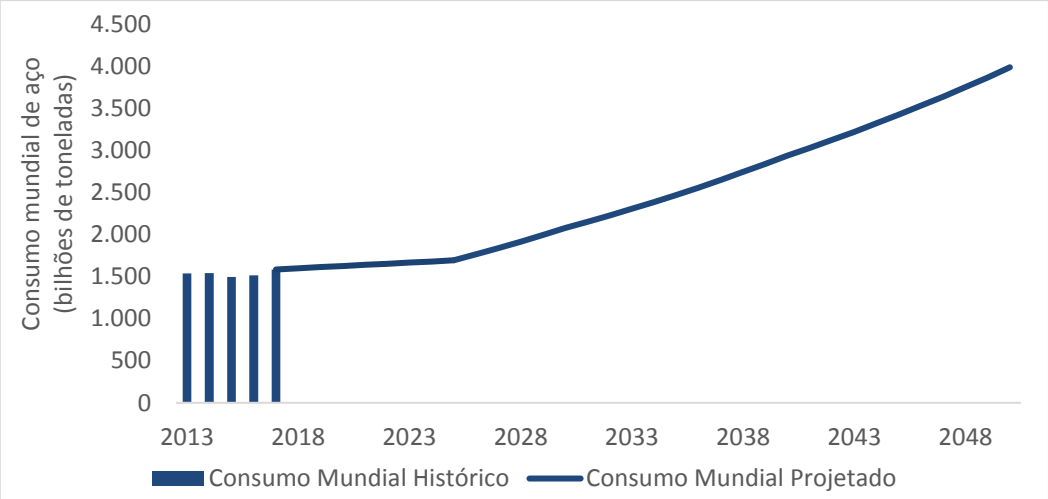


Figura 83– Projeção do consumo mundial de aço
Fonte: WorldSteel, OECD, McKinsey e Banco Mundial

Considerando que em 2017, as exportações brasileiras atenderam pouco menos de 1% do consumo mundial, admite-se que esse percentual se manteria constante ao longo do horizonte de estudo. A Figura 84 mostra o resultado da projeção de exportação brasileira de aço.

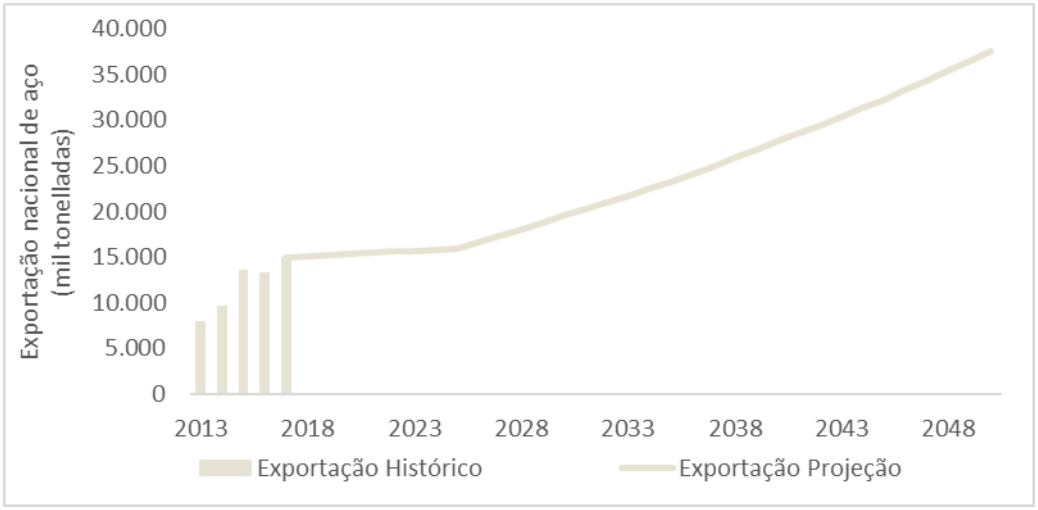


Figura 84 – Projeção das exportações brasileiras de aço

Fonte: WorldSteel, Secex e Elaboração própria

Portanto, a projeção da produção de aço pelo país deverá atender tanto às exportações quanto às vendas internas. A Figura 85 mostra então a evolução prevista de oferta de aço comparando o volume com a capacidade instalada do parque existente. Nota-se que as duas curvas se encontrariam em 2033.

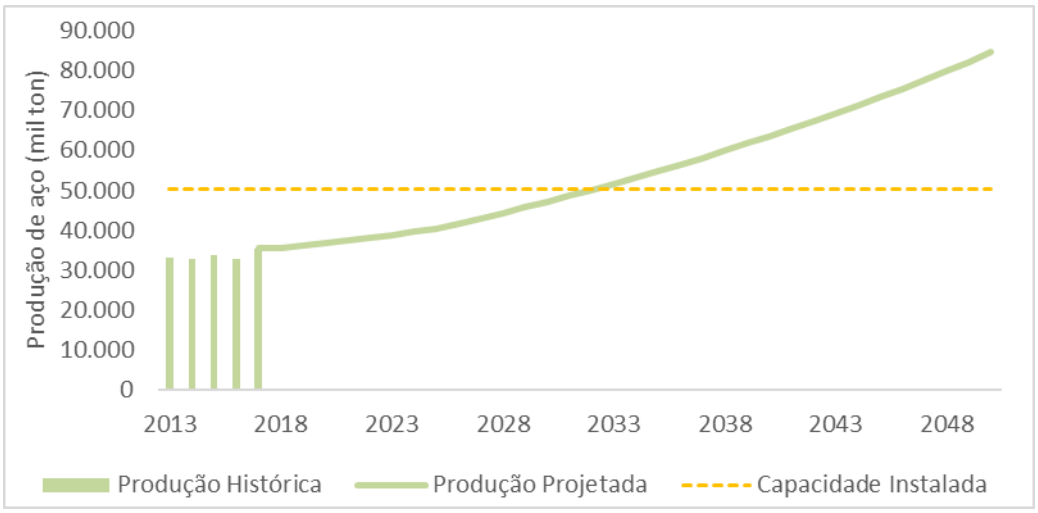


Figura 85 – Projeção da produção nacional de aço

Fonte: IABr e Elaboração própria

Portanto, o consumo nacional de carvão siderúrgico cresceria de forma linear a partir de 2017 até atingir seu volume máximo em 2033, mantendo-se constante para os anos posteriores. A Figura 86 apresenta o incremento da demanda prevista pelas siderúrgicas integradas em 2033.

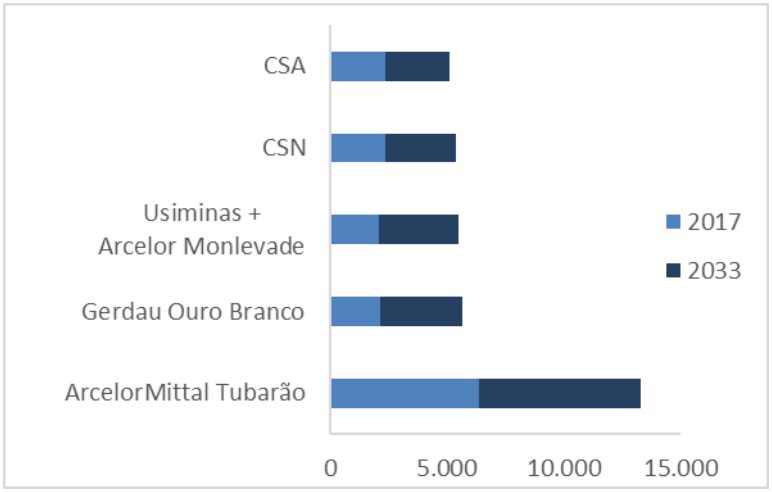


Figura 86 – Consumo projetado de carvão siderúrgico

Fonte: Secex, IABr e Pesquisa de Mercado

12.2.3.2 Resultados

Para estimar o volume de carvão siderúrgico movimentado na RJ-244, considerou-se que o Porto do Açu atenderia 12% da demanda da Gerdau Ouro Branco, percentual correspondente ao que já é realizado hoje.

Além disso, admite-se que o Açu passaria a atender parte da demanda das unidades da Usiminas Ipatinga e Arcelor Monlevade, que hoje realizam suas importações integralmente pelo Porto de Vitória. Tal premissa, se baseia no fato de que as demais siderúrgicas de Minas Gerais seguiriam a estratégia já realizada pela Gerdau, de dividir o recebimento do carvão por um segundo porto, em função do alto tempo de espera para descarregamento no Porto de Vitória. Nestes casos, o transporte se daria integralmente por rodovia, como já ocorre atualmente no atendimento da Gerdau.

Por fim, além do carvão para siderurgia, o Porto do Açu também atende a demanda do complexo de exploração de níquel da Anglo American em Barro Alto. Para a projeção de longo prazo, considera-se que a demanda da unidade não crescerá em relação à 2017, dado que não há previsão de expansão da unidade industrial e que novamente todo a movimentação seria por rodovia como é feita hoje, gerando tráfego para a RJ-244.

A Figura 87 mostra a projeção do volume previsto a ser movimentado de carvão no Porto do Açu.

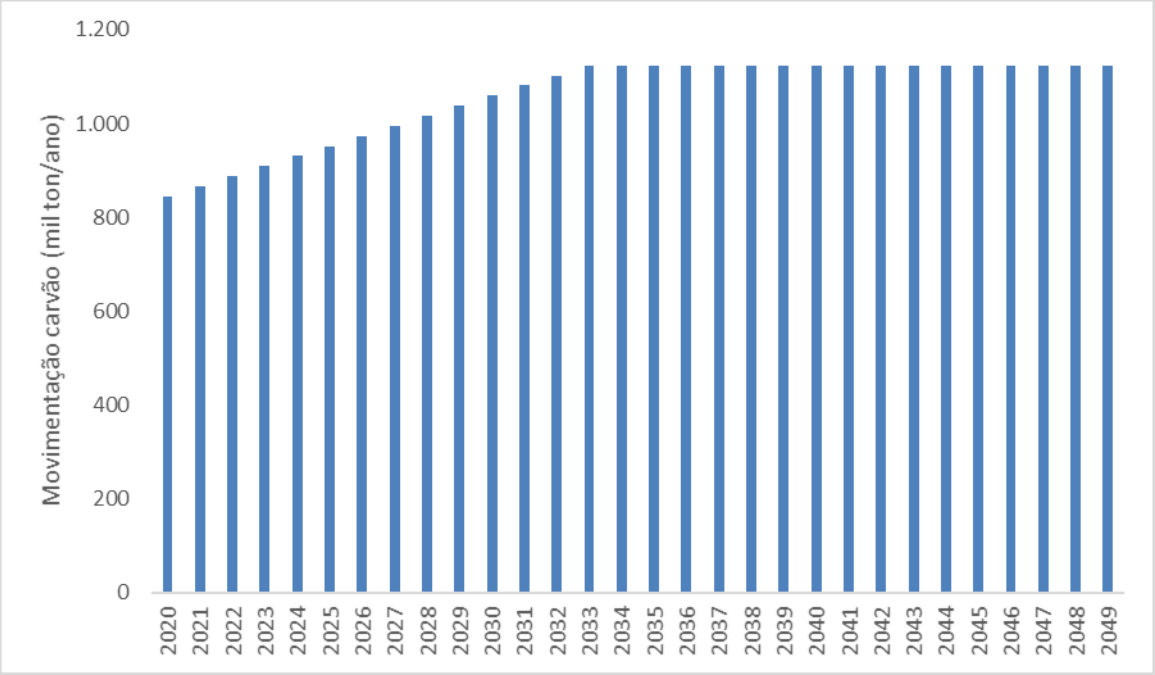


Figura 87 – Movimentação Prevista de Carvão no Porto de Açu

Fonte: Elaboração própria

Convertendo este volume em tráfego de caminhões por dia, a movimentação anual é apresentada na Figura 88. Este resultado considera que todo o carvão importado pelo Porto do Açu será transportando integralmente por rodovia como já é realizado hoje.

Cabe citar que com a entrada da EF-118, poderá haver uma migração modal do carvão siderúrgico, a depender de como será firmado o acordo com a operadora da ferrovia e os clientes (Usiminas, Gerdau e Arcelor Mittal) para alterar a logística da operação, que hoje ainda utiliza o acesso rodoviário para sair do Porto do Açu

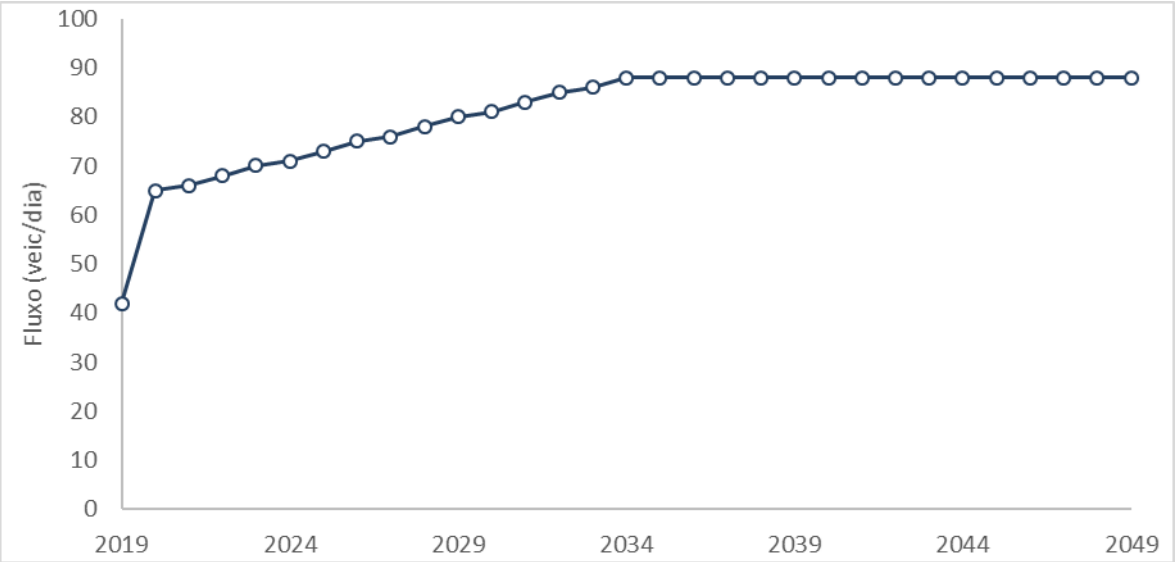


Figura 88 – Tráfego de caminhões de carvão no Porto do Açu

Fonte: Elaboração própria

12.2.4 BAUXITA

12.2.4.1 Análise de Geração, Distribuição e Projeção

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais de bauxita, porém cabe notar que mais de 90% da produção nacional está concentrada no estado do Pará, conforme apresentado na Tabela 34

Tabela 34 – Distribuição da produção de bauxita segundo estados

Estado	Produção 2016 (mil ton)	Participação (%)
Pará	35.222	93,4%
Minas Gerais	1.572	4,2%
Goiás	734	1,9%
São Paulo	172	0,5%

Fonte: DNPM

Focando-se no sistema Sudeste, percebe-se que as minas de bauxita e as fábricas de alumínio se localizam nos mesmo municípios, evidenciando uma estratégia de produção voltada para consumo interno. Apenas no caso da CBA, cuja produção do minério se distribui entre Minas Gerais e Goiás, com a fábrica de alumínio se posicionando em São Paulo, porém mesmo neste caso o sistema

visa produzir bauxita para atender a fábrica. O mapa da Figura 89 mostra a distribuição das minas de bauxita e das fábricas

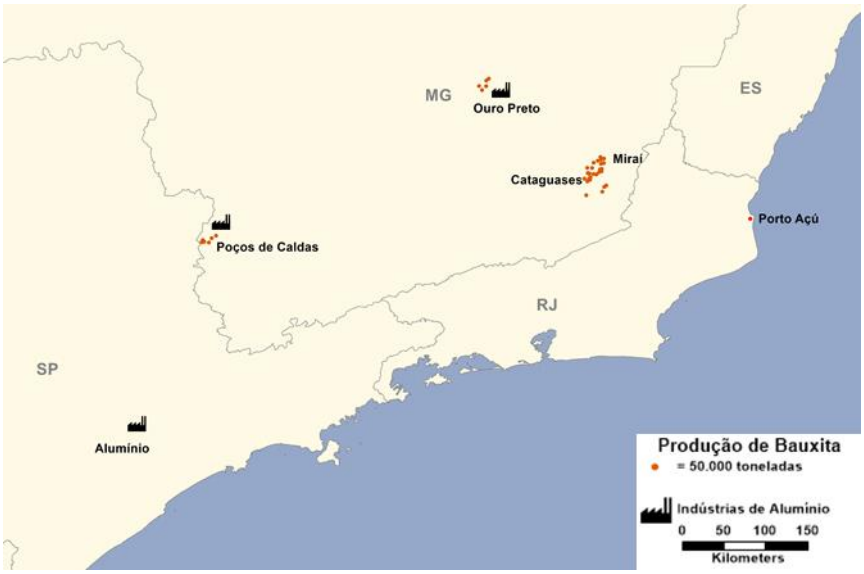


Figura 89 – Distribuição das minas de bauxita e das fábricas de alumínio na região Sudeste
Fonte: DNPM e ABAL

Por conta disso, percebe-se que toda a produção de bauxita do sistema Sudeste, conta com locais específicos de consumo, ficando as exportações como possível volume excedente, fruto de contratos firmados entre as mineradoras e os portos.

12.2.4.2 Resultados

Atualmente, a CBA tem um contrato firmado com o Porto do Açu, que segundo previsto pelo Plano Estratégico de Logística e Cargas do Estado do Rio de Janeiro (PELC RJ 2045) este volume é de 300 mil toneladas, mantendo-se constante em todo o horizonte de estudo.

Além disso, conforme informações do Porto do Açu, consideramos também a existência de um futuro projeto a ser estabelecido em Minas Gerais, que produzirá um volume previsto de 1,7 milhões de toneladas sendo escoado pelo Porto do Açu.

Dada a pequena distância dos municípios produtores de bauxita ao Porto do Açu, a opção de transporte rodoviário direto seria a mais lógica, sendo que também não há conexão direta da malha ferroviária a estas cidades. A Figura 90 mostra a projeção do volume previsto a ser movimentado de bauxita na RJ-244.

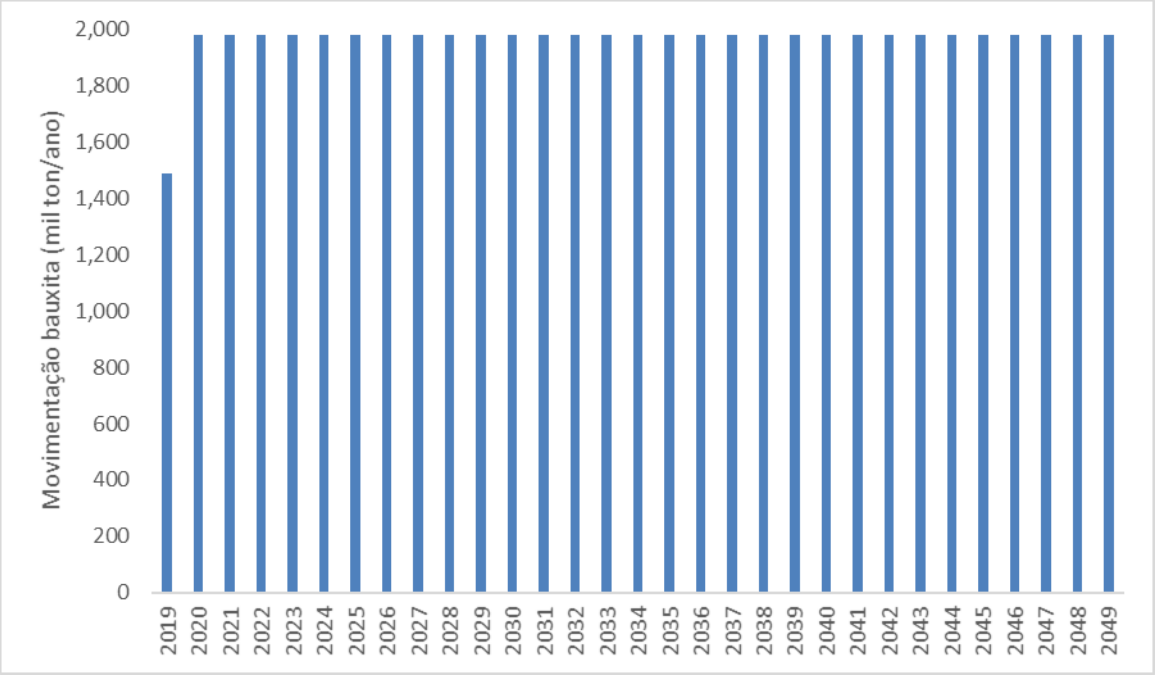


Figura 90 – Movimentação de bauxita na RJ-244

Fonte: Elaboração própria

Convertendo este volume em tráfego de caminhões por dia, a movimentação anual é apresentada na Figura 91.

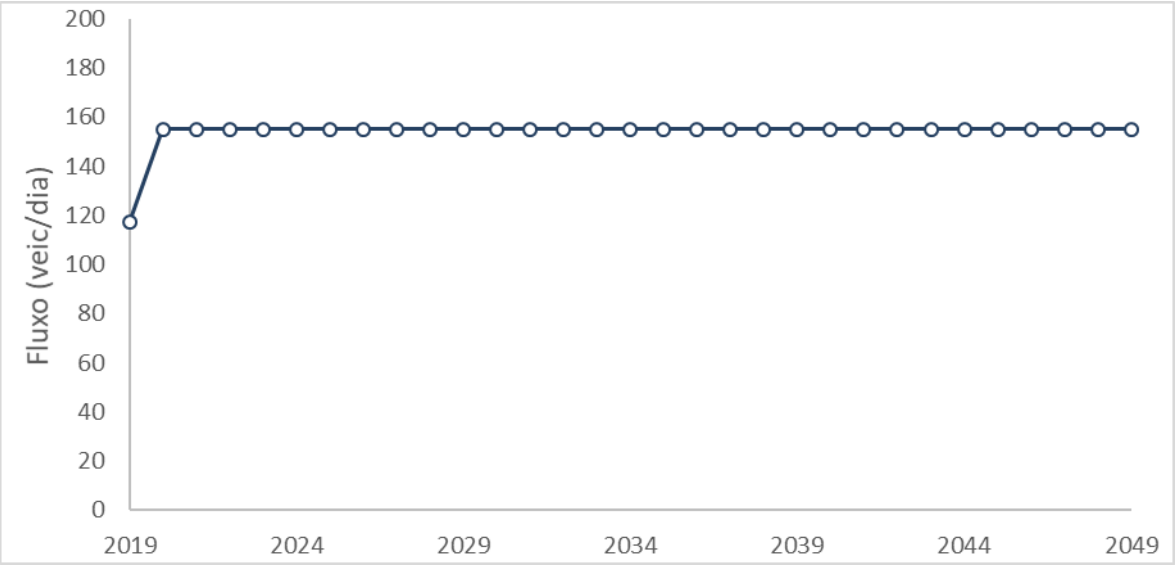


Figura 91 – Tráfego de caminhões de bauxita no Porto do Açu

Fonte: Elaboração própria

12.3 MATRIZ DO COMPLEXO INDUSTRIAL

12.3.1 SIDERÚRGICA

12.3.1.1 Análise Setorial

O estudo da viabilidade de uma indústria siderúrgica no Porto do Açu parte primeiramente da definição do tipo de produto (semiacabado, laminado plano ou laminado longo) a ser desenvolvido pela unidade.

Através de uma análise de *benchmarking* das siderúrgicas existentes no Brasil, nota-se que as indústrias que se posicionam próximas à complexos portuários se destacam pela produção de produtos semiacabados como placas ou tarugos.

Fazem parte deste grupo as unidades Ternium (antiga CSA) em Itaguaí, a ArcelorMittal Tubarão, localizada próximo ao Porto de Vitória e a Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP) localizada próxima ao Porto de Pecém. A Tabela 35 resume as principais informações destas unidades

Tabela 35 – Informações das siderúrgicas utilizadas como referência

Siderúrgica	Localização	Capacidade (mil ton)	Produção 2017 (mil ton)
CSA	Rio de Janeiro (RJ)	5.200	4.497
ArcelorMittal Tubarão	Serra (ES)	7.740	7.198
CSP	São Gonçalo do Amarante (CE)	3.000	2.455

Fonte: IABR e Pesquisa de Mercado

O histórico de vendas de produtos semiacabados mostra que a expressiva maioria é destinada ao mercado externo como mostra a Figura 92.

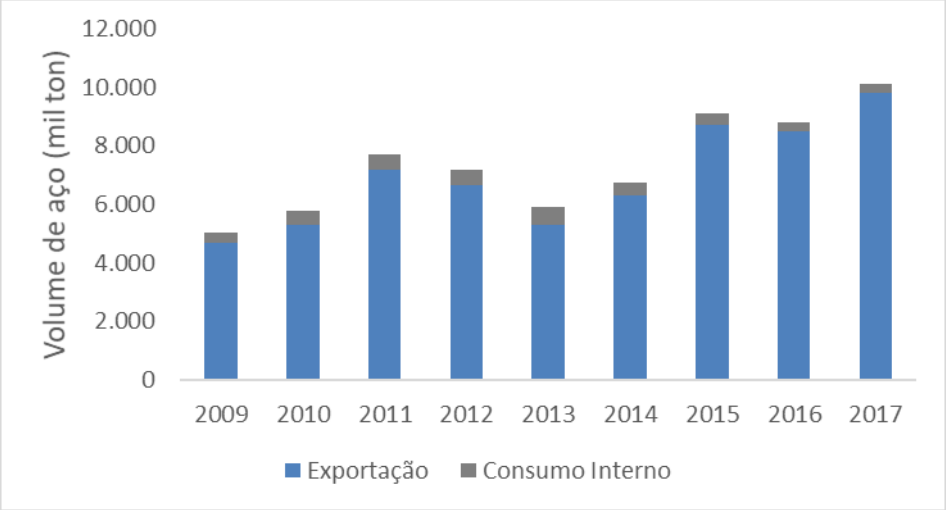


Figura 92 – Histórico de vendas de semiacabados

Fonte: IABr

Assim, a análise da viabilidade da siderúrgica depende de como se comportará a demanda externa, em comparação à capacidade mundial de produção de aço.

No item 12.2.3.1 foi calculada a projeção da demanda mundial de aço, excluindo o Brasil. Tomando como referência a capacidade mundial de produção, é possível estimar a partir de que ano haveria déficit de aço, indicando o melhor período para a entrada da siderúrgica do Porto do Açu. A Figura 93 apresenta está análise.

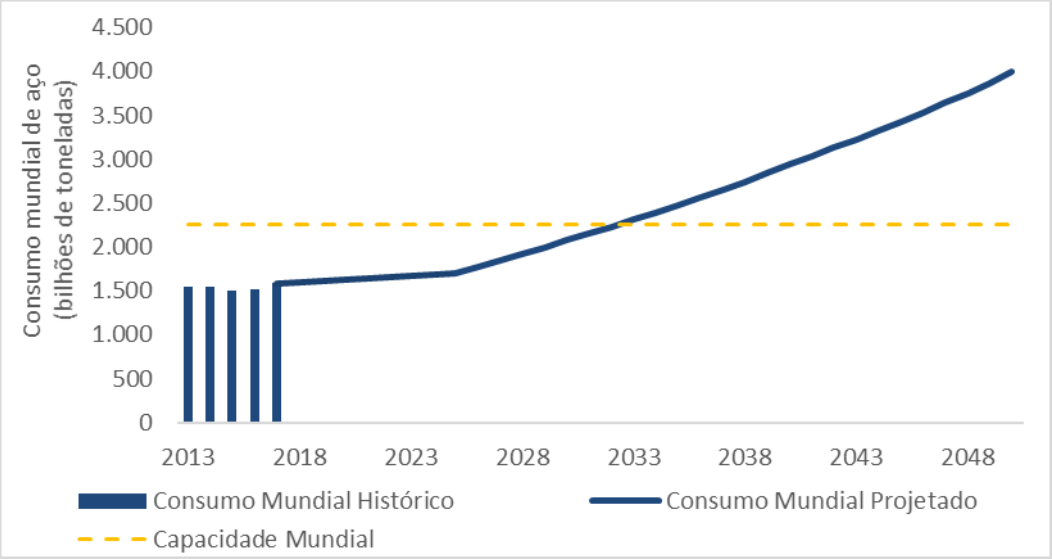


Figura 93 – Comparação da projeção do consumo mundial de aço com a capacidade instalada

Fonte: WorldSteel, McKinsey e Elaboração própria

Pela análise, o mercado mundial de aço começaria a apresentar déficit de produção a partir de 2033. Esta conclusão é semelhante à projeção feita pela WorldSteel, cuja análise indicou que a capacidade atual de produção de aço será suficiente para atender o mercado consumido até 2035, o que corrobora a projeção feita para este estudo.

Tendo definido o ano de entrada da siderúrgica do Porto do Açu, foi então calculado o porto previsto para a unidade. tomando como referência a projeção das exportações brasileiras de aço, calculada no item 12.2.3.1.

Pela projeção calculada, mostrada na Figura 94 as exportações brasileiras teriam um potencial de crescer quase 6 milhões de toneladas a partir de 2033, considerando um intervalo de 8 anos (período referente ao *ramp up* teórico de uma nova siderúrgica).

Figura 94 – Projeção das exportações brasileiras de aço

Fonte: WorldSteel, Secex e Elaboração própria

Cabe notar que a CSP, com uma capacidade instalada de 3 milhões de toneladas de aço, já divulgou planos de dobrar a capacidade da unidade, porém sem especificar em que ano isso ocorrerá. Para o estudo, admitiu-se que essa expansão ocorreria justamente no mesmo ano de entrada da siderúrgica do Porto do Açu, e assim esta unidade absorverá parte do mercado crescente das exportações. Neste panorama, a siderúrgica no Porto do Açu teria uma capacidade de 2,8 MM t, aproximadamente.

Por fim, é preciso analisar a movimentação gerada pelos insumos necessários para a produção de aço.

Em termos de consumo, a principal matéria-prima da cadeia do aço é o minério de ferro, no entanto, este produto apresenta uma vocação histórica associada a ferrovia, dado o grande volume a ser movimentado. Assim, todo o minério de ferro consumido pela siderúrgica do Porto do Açu seria transportado por ferrovia, chegando via EF-118 que já estaria em funcionamento a partir de2025.

Outro insumo relevante é o carvão siderúrgico, porém todo o volume consumido deste mineral tem origem nas importações. Portanto, todo o volume de carvão siderúrgico chegaria pelo Porto do Açu, não gerando tráfego na rodovia.

O calcário seria outro insumo consumido pela siderúrgica do Porto do Açu, sendo que ele teria origem nas minas de Cantagalo, utilizando assim a RJ-244. Pelos dados históricos, percebe-se que a taxa de consumo de calcário por tonelada de aço tem se mantido constante, conforme mostra a Tabela 36.

Para estimar a demanda do calcário pelo siderúrgica do Porto do Açu considera-se então que ela seguiria a relação de consumo histórica.

Tabela 36 – Histórico de consumo de calcário pela indústria siderúrgica

Ano	2014	2015	2016	2017
Consumo de calcário (mil ton)	6.369	6.401	6.008	6.550
Produção de Aço (mil ton)	33.897	33.256	31.275	34.350
Relação de Consumo	19%	19%	19%	19%

Fonte: IABr

Por fim, existe a demanda de fundentes, porém um insumo menos expressivo em termos de volume. No caso, o montante que a fábrica demandaria foi calculada com base na estimativa do Plano Diretor do Porto do Açu, de forma proporcional à capacidade estimada.

12.3.1.2 Resultados

Pelo fato da análise de *benchmarking* mostrar que a siderúrgica do Porto do Açu teria vocação para exportação de produtos semiacabados, a demanda gerada na RJ-244 em decorrência da nova indústria seria apenas das matérias primas (considerando que algumas não usariam a rodovia).

O calcário utilizaria a rodovia em decorrência da pequena distância entre as minas (Cantagalo e Cachoeiro do Itapemirim) e o Porto do Açu. Já os fundentes teriam uma origem dispersa o que dificultaria a formação de lotes mínimos para utilizar a ferrovia.

A Figura 95 mostra a movimentação anual que a futura siderúrgica geraria na rodovia.

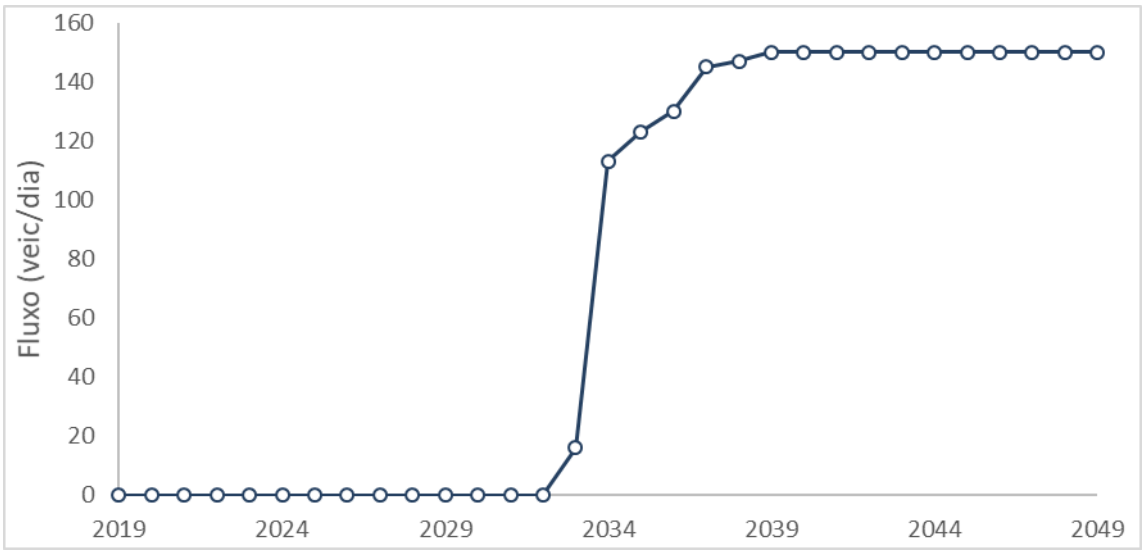


Figura 95 - Tráfego de caminhões gerado pela cimenteira do Porto do Açu

Fonte: Elaboração própria

12.3.2 CIMENTEIRA

12.3.2.1 Análise Setorial

O panorama atual do setor de cimento mostra que com a desaceleração do mercado de construção civil, houve um aumento do nível de ociosidade do parque nacional chegando a mais de 50%. A Figura 96 ilustra este panorama:

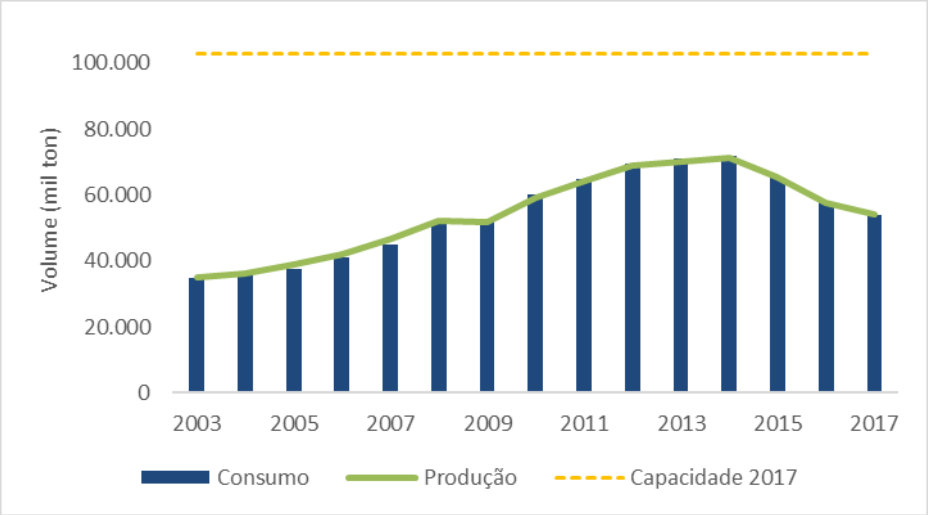


Figura 96 – Produção, consumo e ociosidade do mercado de cimento brasileiro

Fontes: SNIC e Cimento.Org

Para avaliar qual seria o melhor período para a entrada da cimenteira do Porto do Açu, foi feita uma análise comparando-se o crescimento da demanda interna com a capacidade instalada do parque nacional.

Para projetar o consumo, procurou-se um modelo econométrico a partir do qual fosse possível relacioná-la com o comportamento do PIB nacional de maneira satisfatória, e que confirmasse a dependência matemática entre elas.

O R^2 obtido da regressão é 0,85, e o p-valor da variável PIB, indicativo da relevância estatística da variável isoladamente, é 0,000, valores esses que corroboram a dependência efetiva entre as duas variáveis. A Figura 97 mostra o volume projetado do consumo nacional de cimento, comparando com a capacidade nacional instalada.

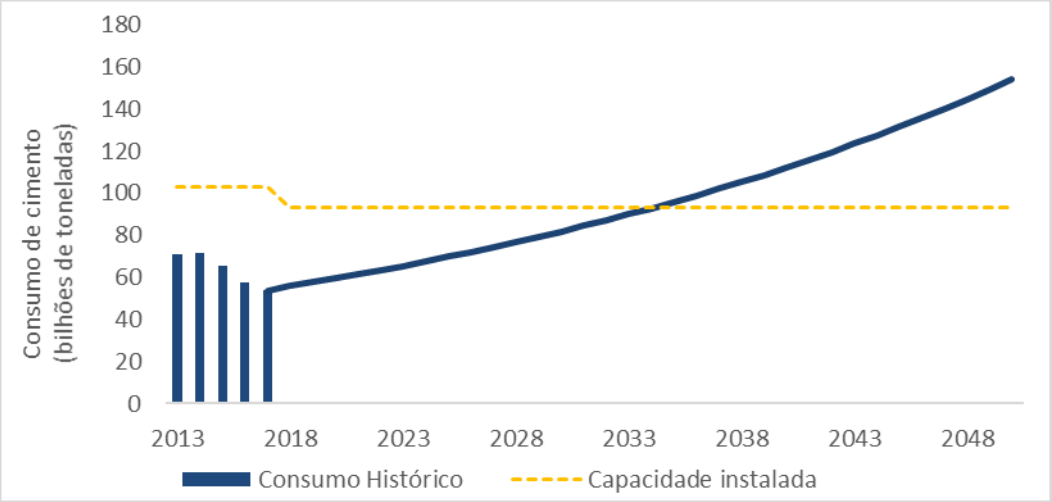


Figura 97 – Projeção do consumo nacional de cimento

Fontes: SNIC e Bacen

Importante ressaltar que no futuro, a capacidade instalada apresenta um decréscimo em função da paralisação de parte das fábricas do grupo João Santos. Com isso, o país apresentaria um déficit de produção apenas no longo prazo, após 2030, indicando que este seria o momento ideal para a entrada da cimenteira do Porto do Açu.

Além de ser um momento favorável em termos de mercado, neste período já estaria previsto o inicio da siderúrgica no Porto do Açu conforme descrito no item 12.3.1. Isso iria garantir uma vantagem competitiva para cimenteira, através da sinergia entre as indústrias, já que a produção de cimento seria focada no tipo CPIII, que tem como principal adição justamente a escória de alto forno vindo da produção de aço. Tal estratégia já foi utilizada por outros *players* do setor ocmo a CSN em em Volta Redonda em função da siderúrgica da própria empresa e a Lafarge em Santa Cruz, neste caso próxima à CSA.

A etapa seguinte foi a definição do porte da fábrica, que corresponderia ao mercado efetivamente atendido pela unidade. Para isso, foram avaliadas duas parcelas do mercado: a primeira associado ao *Market share* que a nova indústria teria, enquanto que a segunda corresponderia ao incremento do consumo nos anos posteriores à entrada da fábrica. Para definir este volume foi estabelecida uma região de atendimento da unidade, dentro de um raio de 300 km[4] em relação ao Porto do Açu, conforme mostrada na Figura 98.

[4] Em função da perecebilidade do produto, o raio de distribuição seria limitado a um valor entre 300 e 500 km. Em regiões como o norte e nordeste este valor poderia chegar a 1000 km, segundo informações do sindicado

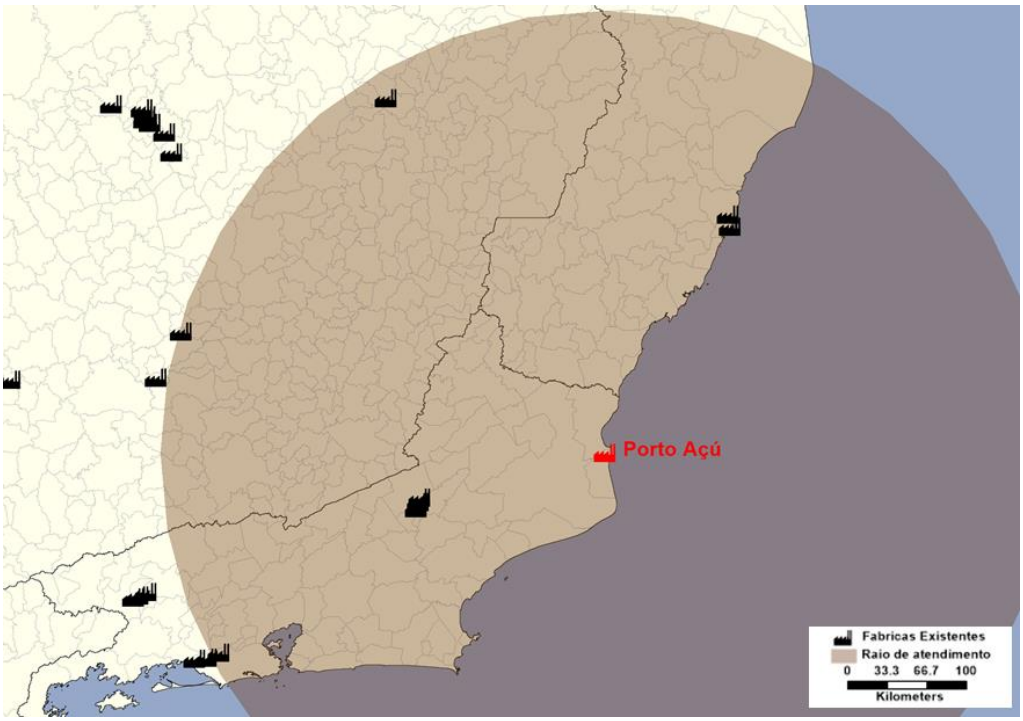


Figura 98 – Raio de atendimento da cimenteira do Porto do Açu

Fontes: SNIC, Cimento.Org e Elaboração própria

Cabe notar que uma das fábricas paralisadas pertencentes ao grupo João Santos se localiza em Cachoeiro do Itapemirim, que estaria dentro do raio de atendimento da fábrica do Porto do Açu. Por conta disso, a nova unidade seria favorecida com a saída de um concorrente e também com a possibilidade de tomar o *Market share* cedido pela fábrica fechada.

Portanto, a capacidade estimada para a cimenteira do Açu seria da ordem de 2,4 milhões de toneladas, considerando que levaria 5 anos para a fábrica atingir a máxima capacidade.

Definida a viabilidade e o porte da fábrica, é preciso estimar a movimentação dos insumos que abastecerão a unidade: calcário, coque verde de petróleo, escória e aditivos.

Sobre o calcário, foram identificadas minas em Cachoeiro do Itapemirim e em Cantagalo, conforme mostra a Figura 99 A estimativa do consumo do mineral considera que para cada tonelada de cimento produzida, será consumido 1,4 toneladas de calcário, segundo estimativas do DNPM.

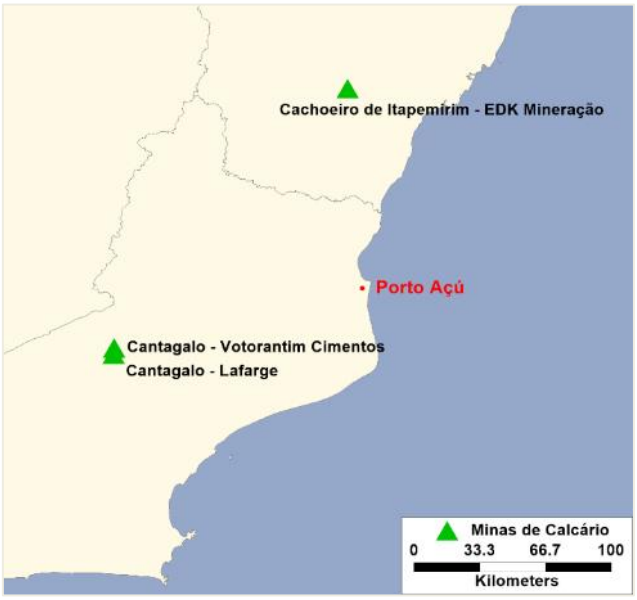


Figura 99 – Principais minas de calcário na região do Porto do Açu

Fonte: AHK

Já o coque verde de petróleo, é produzido nas refinarias da Petrobras, porém por apresentar um baixo teor de enxofre, o produto não seria adequado para ser consumido como combustível pela indústria do cimento, que prefere o produto importado. Por estar localizado junto ao porto, a demanda por coque de petróleo não iria gerar tráfego na rodovia.

Por fim, com relação a escória e os aditivos, o volume que a fábrica demandaria foi calculada com base na estimativa do Plano Diretor do Porto do Açu, de forma proporcional à capacidade estimada.

12.3.2.2 Resultados

Considerando que menos de 5% do cimento consumido internamente é transportado no modo ferroviário e que seu consumo é bastante pulverizado, admite-se que toda a produção da fábrica utilizará o modo rodoviário para ser escoado.

A Figura 100 mostra a movimentação anual que a futura cimenteira geraria na rodovia.

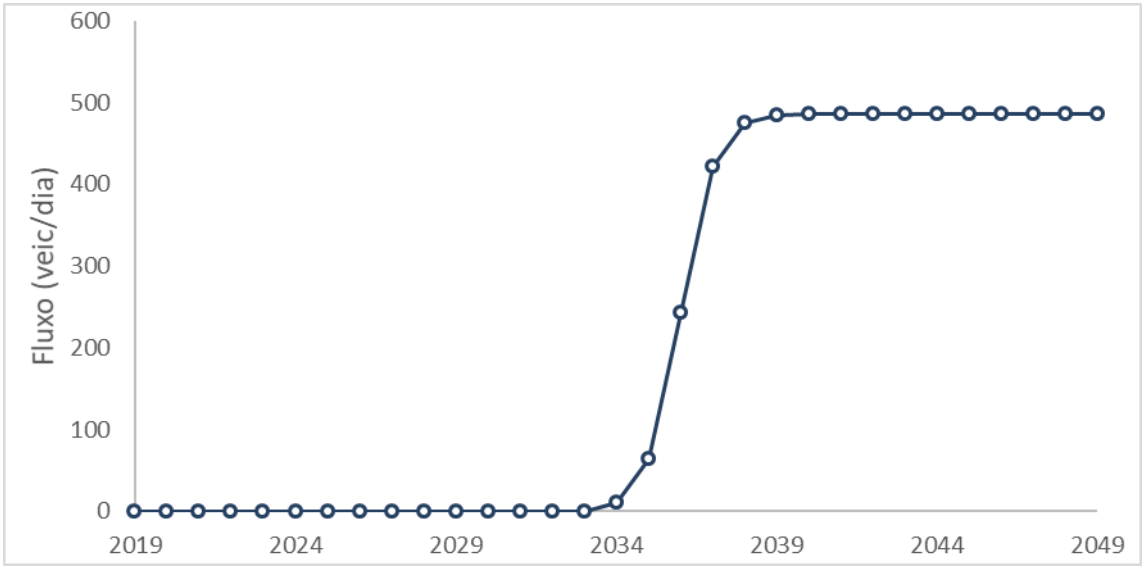


Figura 100 – Tráfego de caminhões gerado pela cimenteira do Porto do Açu

Fonte: Elaboração própria

12.3.3 REFINARIA

12.3.3.1 Análise Setorial

O cenário atual do setor de combustíveis mostra que o Brasil é bastante dependente do fornecimento de diesel e gasolina A por parte de outros países, sobretudo os EUA. A Figura 101 mostra o histórico de importação nacional destes derivados.

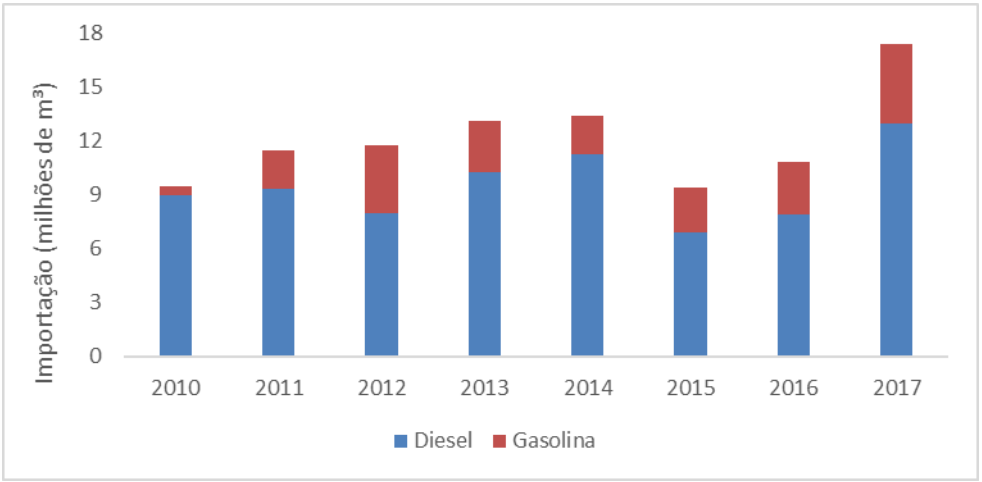


Figura 101 – Histórico de importações de diesel e gasolina

Fonte: IABr

A perspectiva para o futuro é de que essa dependência externa continuará a crescer, dado que não existem projetos de novas refinarias, que poderiam aumentar a oferta interna destes derivados. Portanto, em termos de mercado, haveria espaço para a entrada de uma nova refinaria no país para atender este déficit.

Porém, outro aspecto importante na cadeia do petróleo que envolve a construção de uma nova refinaria é a margem que a unidade poderia obter, principalmente no início da sua operação. De forma simplificada, este indicador pode ser calculado comparando a receita obtida pela venda de derivados com os custos associados à aquisição da matéria-prima (petróleo) e de operação, conforme é mostrado na equação abaixo:

$$Lucro\ Operacional = Receita - Custo\ Op. - Custo\ Matéria\ Prima$$

Para o cálculo da receita foram levantados dois indicadores: o perfil de produção da refinaria e o preço de venda dos derivados. O primeiro foi obtido através das informações do Plano Diretor do Porto do Açu, enquanto que os preços foram baseados em dados divulgados pela própria Petrobras ou em cotações que a Petrobras utiliza como referência. É importante ressaltar que os preços dos derivados sofrem variações temporais, podendo influir no resultado da receita calculada.

A Tabela 37 mostra receita estimada para a refinaria do Porto do Açu, sendo que este valor poderá ser maior pela contribuição dos grupo de “Outros Produtos”, que somam 12% da produção total e cujo preço de venda não pôde ser estimado.

Tabela 37 – Receita estimada com a venda de derivados para a refinaria do Porto do Açu

Produto	Perfil de produção	Receita anual estimada (milhões BRL)
Óleo Diesel	41%	7.563
Gasolina A	31%	5.724
Coque	3%	336
Óleo Combustível	5%	852
Nafta Petroquímica	9%	1.155
Subtotal	**88%**	**15.631**
Outros Produtos	12%	ND
Total	**100%**	**15.631**

Fonte: Porto do Açú Petrobras, ANP e pesquisa de mercado

O cálculo do custo operacional foi feito com base na estimativa do custo de refino divulgado pela Petrobras e pela capacidade de processamento de petróleo da refinaria, como mostra a Tabela 38.

Tabela 38 – Custo operacional estimado para a refinaria do Porto do Açu

Custo de refino (BRL/barril)	Capacidade de refino (barril/dia)	Custo Operacional Anual (milhões BRL)
8,68	150.000	**12.302**

Fonte: Porto do Açu e Petrobras

Por fim, o custo de aquisição da matéria-prima está atrelado novamente à capacidade de processamento de petróleo pela refinaria e o preço do óleo no mercado internacional, sendo esta última obtida das projeções do Banco Mundial.

Assim, foi feita uma análise da margem operacional esperada para a refinaria ao longo dos anos, variando-se o preço do petróleo e então verificar o período mais favorável para a construção da unidade em termos financeiros. O gráfico da Figura 102 mostra a evolução destas duas variáveis, sendo que cabe ressaltar novamente que o preço do petróleo também sofre flutuações temporais ao longo dos meses, ficando esta análise condicionada às previsões do Banco Mundial.

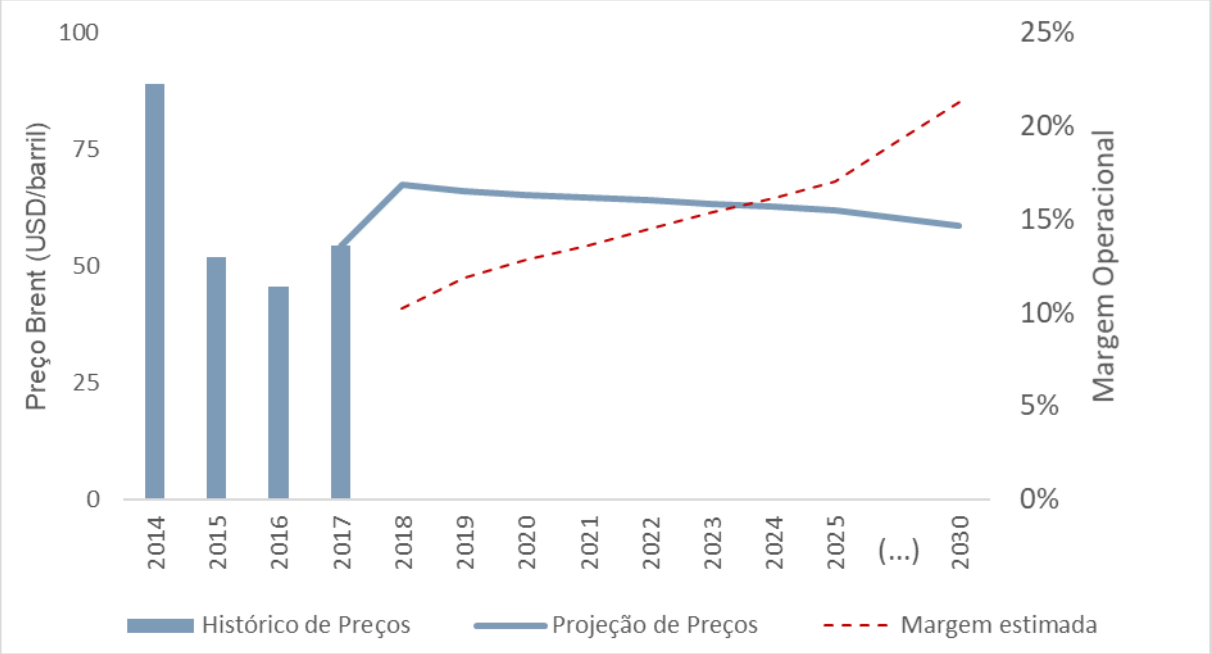


Figura 102 – Projeção do preço do petróleo e da margem operacional da refinaria

Fonte: Banco Mundial e Elaboração própria

Se mantida a tendência de queda no preço do petróleo, a partir de 2031 a refinaria do Porto do Açu poderia alcançar uma margem satisfatório para iniciar suas operações.

No caso da refinaria, admite-se que o porte da indústria seguiria o que está previsto no Plano Diretor. Neste caso, o que se analisou foi o mercado potencial terrestre que poderia ser atendido pela unidade. O volume excedente da produção poderia ser escoado para outras regiões deficitárias do país via cabotagem.

Desta maneira, foi realizada primeiramente a projeção do consumo nacional de diesel e gasolina A (principais produtos da refinaria do Porto do Açu). No caso do diesel, o objetivo foi correlaciona-lo com o comportamento do PIB nacional. Para isso, procurou-se um modelo econométrico a partir do qual fosse possível relacionar estas duas variáveis, e que confirmasse a dependência matemática entre elas.

O R^2 obtido da regressão foi de 0,933 e o p-valor da variável PIB, indicativo da relevância estatística da variável isoladamente, foi 0,000, valores esses que corroboram a dependência efetiva entre as duas variáveis.

No caso da gasolina A, primeiramente foi feita a projeção do consumo de gasolina equivalente, que corresponde ao volume consumido de gasolina C mais 66% do consumo de etanol hidratado, que corresponde à relação de eficiência energética entre etanol e gasolina C:

Buscou-se então um modelo econométrico a partir do qual fosse possível relacionar o consumo de gasolina equivalente com a evolução da frota nacional de automóveis. Nesse caso, o R^2 obtido da regressão foi de 0,993 e o p-valor da variável PIB, indicativo da relevância estatística da variável isoladamente, é 0,005, valores esses que corroboram a dependência efetiva entre as duas variáveis. Na sequência, converte-se a projeção de gasolina equivalente em gasolina A novamente por meio da relação de eficiência energética. A Figura 103 mostra o resultado da projeção para os dois combustíveis.

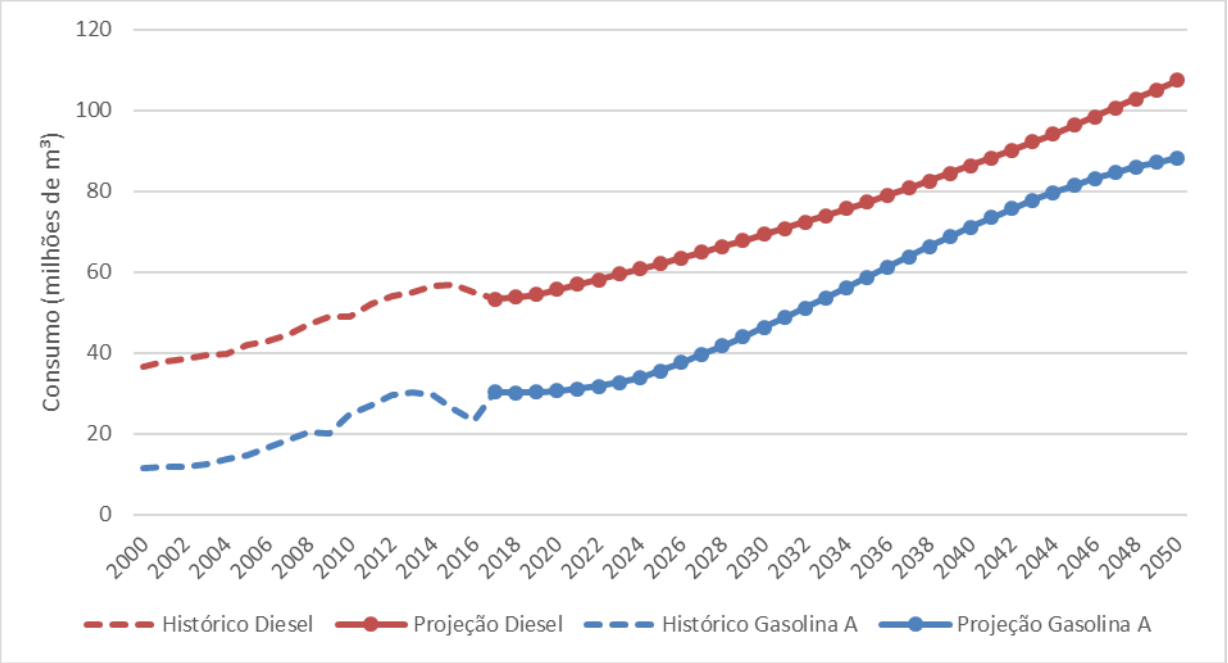


Figura 103 – Projeção do consumo nacional de Gasolina A e Diesel

Fonte: ANP, Bacen, ANFAVEA, OICA e Elaboração própria

A etapa seguinte foi a definição da região de atendimento terrestre da refinaria, que no caso corresponde a quais bases de distribuição e qual o percentual da demanda que a unidade atenderia em cada base. A Figura 104 mostra o resultado desta análise.

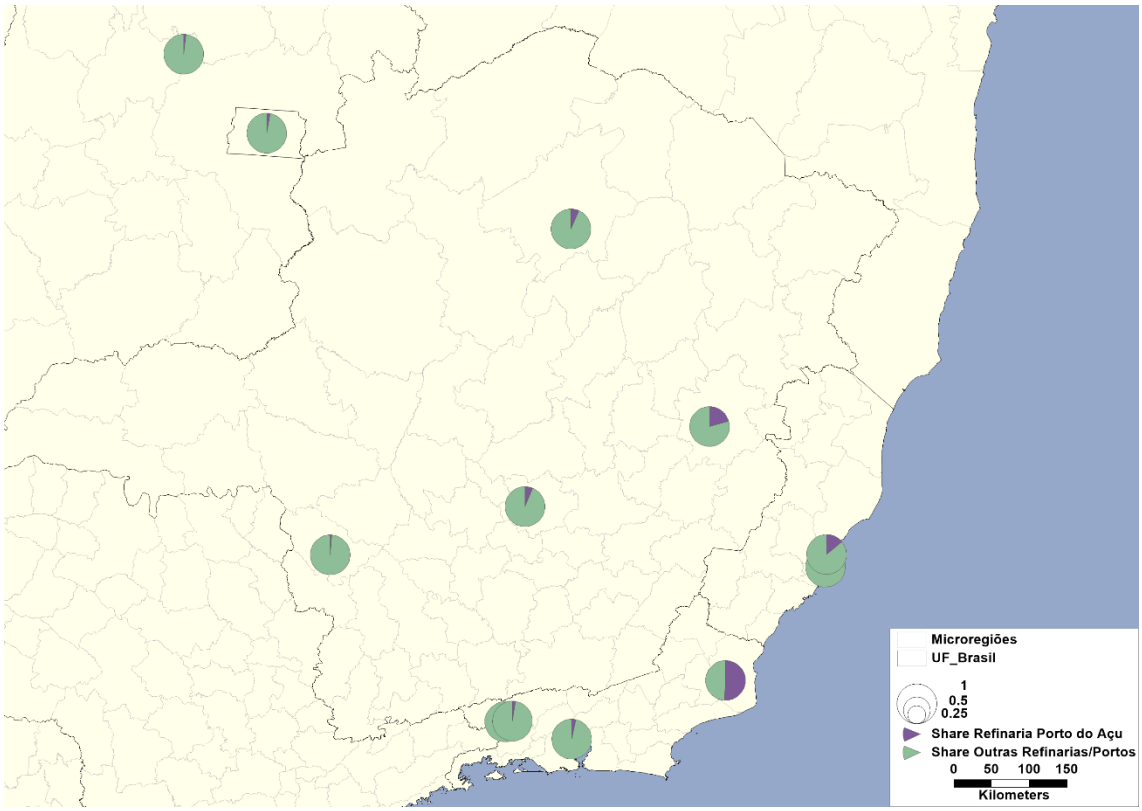


Figura 104 – Bases atendidas pela refinaria do Porto do Açu e percentual de Market share atendido

Fonte: ANP, Petrobras e Elaboração própria

Como era de se esperar, a refinaria do Porto do Açu, teria maior *share* nas bases de Campos dos Goytacazes dada a proximidade geográfica. Também responderia por parcela significativa das bases do Espírito Santo e de Governador Valadares, já que as outras refinarias estão mais distantes em relação ao Açu. Já nas demais bases do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Goiás, o *Market share* da refinaria seria menor, pois há maior concorrência com outras unidades como a REGAP, REDUC e REPLAN. Cabe mencionar, que estas refinarias possuem ligações com a malha dutoviária, o que representaria uma vantagem competitiva em termos de logística, que o Porto do Açu não teria.

Considerando um *ramp up* de 5 anos após sua implantação, estima-se que o mercado potencial terrestre de diesel e gasolina chegaria ao patamar de 1,2 milhões de toneladas neste período.

Já a movimentação de óleo combustível e GLP para atendimento do mercado terrestre foi calculada com base na estimativa do Plano Diretor do Porto do Açu, de forma proporcional à movimentação estimada de diesel e gasolina.

12.3.3.2 Resultados

Pelo fato dos volumes de derivados se concentrarem entre o Porto do Açu e a região de Campos dos Goytacazes, a pequena distância não justificaria a utilização da ferrovia.

A Figura 105 mostra a movimentação anual que a futura refinaria geraria na RJ-244, considerando que toda a movimentação de derivados direcionada para o atendimento do mercado terrestre seria feita pelo meio rodoviário.

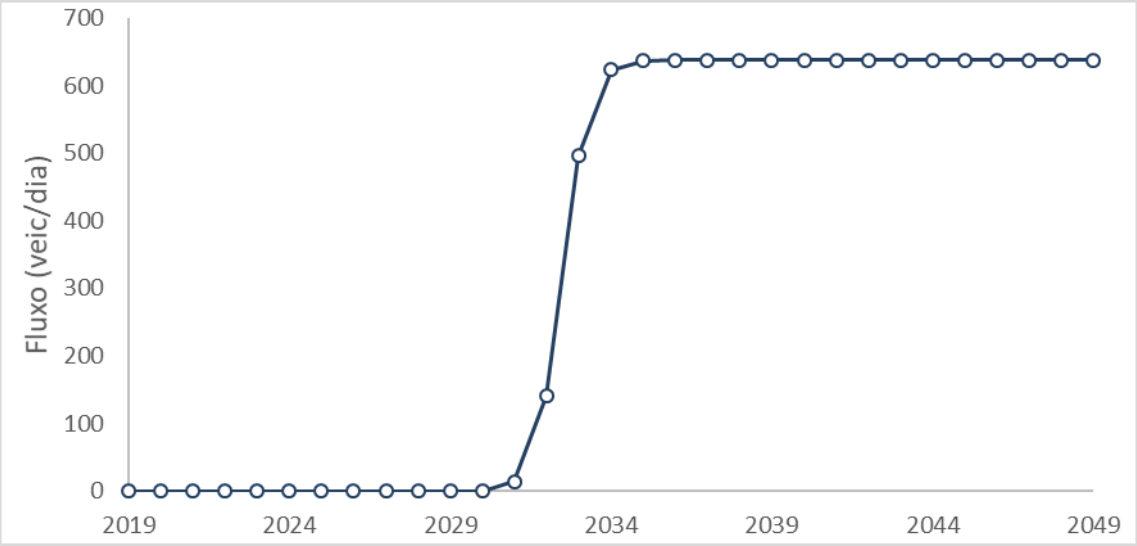


Figura 105 – Tráfego de caminhões gerado pela refinaria do Porto do Açu

Fonte: Elaboração própria

12.3.4 LOGÍSTICA MARÍTIMA

12.3.4.1 Análise Setorial

Diferentemente das demais indústrias, a análise deste grupo de produtos não passa pela análise de viabilidade, pois essa já é uma atividade consolidada no Porto do Açu. Neste caso, coube apenas avaliar como a movimentação de cargas de logística marítima cresceria até 2044.

Historicamente, a cidade de Macaé foi utilizada como base de apoio pela Petrobras para a exploração dos campos de petróleo do estado do Rio de Janeiro através do Porto de Imbetiba. Porém com a crise financeira na estatal, diversas plataformas acabaram sendo desativadas.

Após o período de recuperação, a Petrobras migrou de Macaé para o Porto do Açu, utilizando a infraestrutura do local para a atração dos navios que vinham das plataformas de exploração das Bacias de Campos e Vitória. No entanto, em Macaé permaneceu a instalação dos Parques do Tubos, local onde a estatal recebia e armazenava todas as cargas de seus fornecedores. Assim, isso acaba gerando um fluxo de carretas justamente entre este local e o Porto do Açu.

A estimativa atual, segundo levantamento feito junto à BPort (Edison Chouest), é de que trafegariam em torno de 127carretas/dia no trajeto do Açu para Macaé. Segundo o Plano Estratégico de Logística e Cargas do Estado do Rio de Janeiro (PELC RJ 2045), no período em que a Petrobras ainda utilizava o Porto de Imbetiba, a movimentação terrestre de cargas entre o porto e o parque dos tubos era de 130 carretas/dia, o que corrobora a informação fornecida pela BPort. Já as demais empresas privadas possuem menor participação, gerando um tráfego de 25 carretas/dia.

Assim, para projetar o crescimento do volume de carretas movimentadas, foi necessário avaliar como irá se desenvolver a produção de petróleo das Bacias de Campos e de Vitória.

A produção nestes locais é importante para o país, dado que em 2017, as duas bacias responderam conjuntamente por mais de 50% da produção de petróleo. A Figura 106 mostra a distribuição da produção por campo.

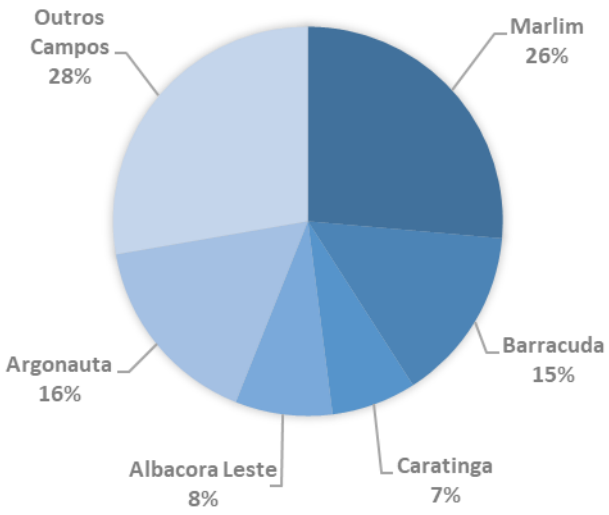


Figura 106 – Distribuição da produção das Bacias de Campos e Vitória por campo

Fonte: ANP

Segundo dados da ANP, a produção de petróleo por parte da Petrobras nestas bacias atingiu o volume de 808 bilhões de m³ em 2017, sendo que outras

empresas privadas também exploram o local, porém com uma participação menor (329 bilhões de m³). A Figura 107 mostra o histórico de produção nestas bacias.

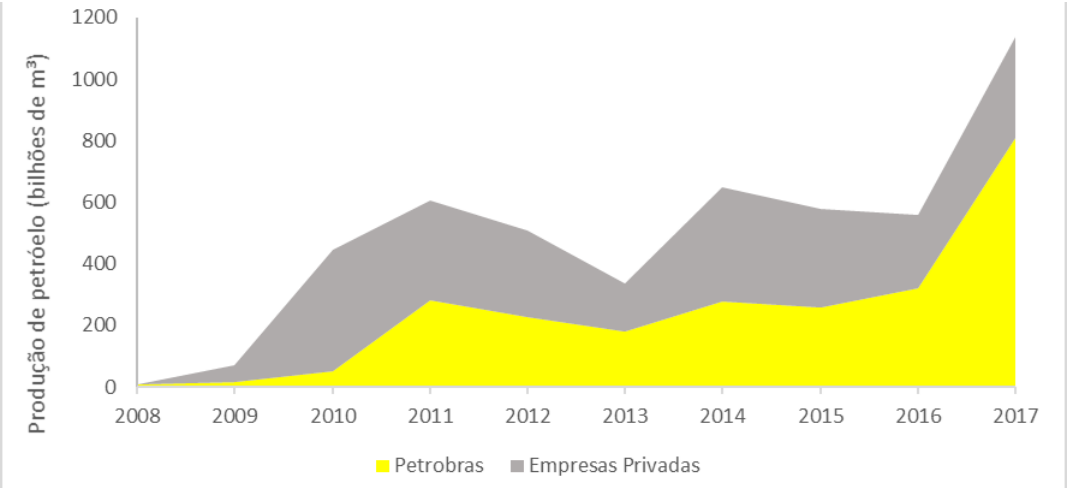


Figura 107 – Histórico produção de petróleo Bacias de Campos e de Vitória

Fonte: ANP

Para estimar o aumento da produção da Petrobras e das demais empresas, foram levantadas informações junto a ANP referentes aos resultados das últimas rodadas de licitação dos blocos de exploração das Bacias de Vitória e de Campos. A Figura 108 mostra as áreas arrematadas, indicando quais pertenceriam a Petrobras e quais seriam de outras empresas, sendo que alguns campos seriam de exploração compartilhada.

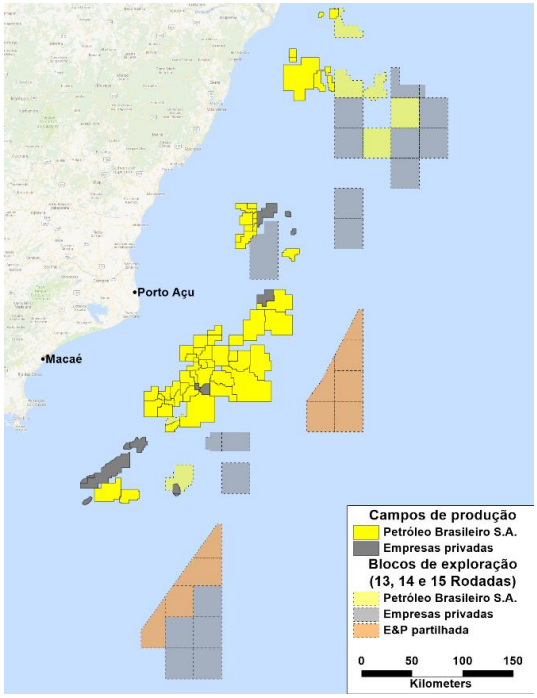


Figura 108 – Distribuição dos campos de exploração de petróleo por empresa

Fonte: ANP

Importante citar que ainda não está disponível a informação referente ao volume de petróleo que poderia ser produzido nos últimos blocos que foram leiloadas em função de se encontrarem ainda na fase de exploração. Assim, para estimar a produção futura dos blocos, calculou-se a relação atual entre produção de petróleo e área do campo (metros cúbicos/km²) para a Petrobras e para o grupo das demais empresas em cada Bacia.

$$F_{prod,emp} = \frac{Prod_{emp}}{Área_{emp}}$$

Onde:

Prod$_{emp}$: produção total da empresa (Petrobras ou privadas) nas Bacias de Campos e Vitória em 2017;

Área$_{emp}$: área total por empresa dos campos dos campos com produção nas Bacias de Campos e Vitória em 2017;

Na sequência, foi levantada a informação referente à área de cada bloco leiloado, dividindo-os novamente entre Petrobras e outras empresas, conforme mostrado na Figura 109.Pode-se notar que as empresas privadas arrematataram a maior parte das áreas licitadas nas últimas rodadas da ANP, aumentando assim sua participação.

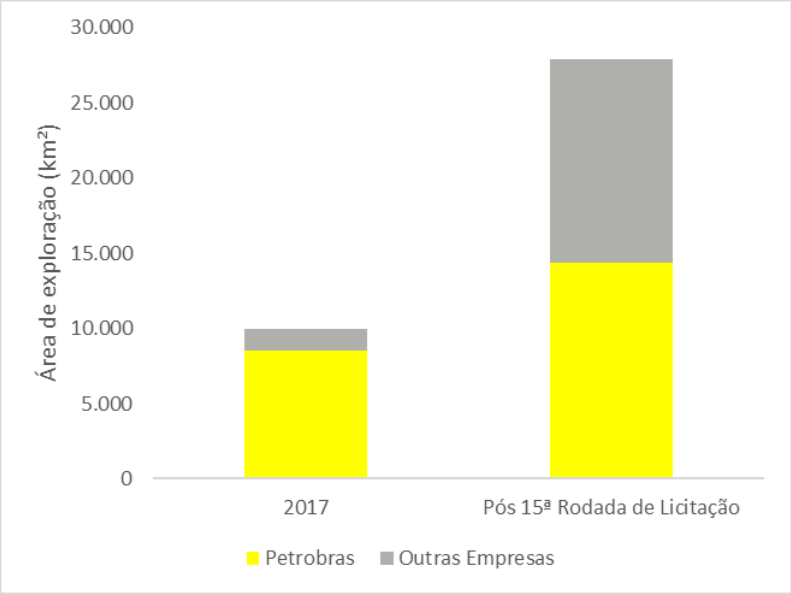


Figura 109 – Áreas de exploração das Bacias de Campos e Vitória

Fonte: ANP

Cruzando então os dados de área dos campos de exploração com os fatores de produção calculados para cada empresa e bacia, foi projetada o volume de petróleo a ser produzido pelas Bacias de Campos e Vitória considerando o incremento em função dos últimos blocos licitados. A Figura 110 mostra o volume resultante.

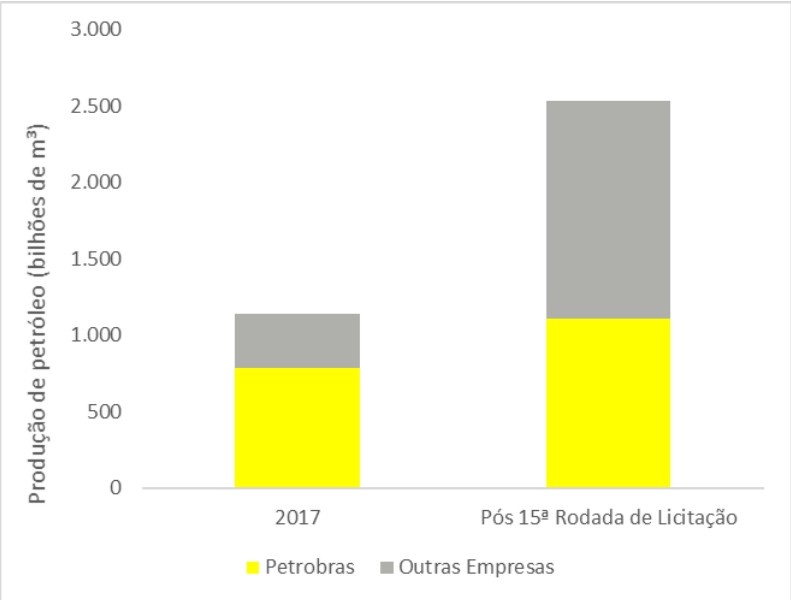


Figura 110 – Produção de petróleo nas Bacias de Campos e Vitória

Fonte: ANP e Elaboração Própria

Admite-se que a produção projetada fruto das últimas rodadas de licitação dos blocos de exploração atingirá o volume máximo previsto na Figura 110 em 2030. Como não há informações sobre as áreas das próximas Rodadas de Licitação de Blocos da ANP, foi considerado uma produção constante a partir de 2030.

12.3.4.2 Resultados

Para projetar o tráfego de carretas associada a operação da Petrobras e das empresas privadas, admite-se que o crescimento será de forma proporcional ao aumento da produção de petróleo associada a cada grupo.

Dado que o transporte de produto se concentra entre o Porto do Açu e Macaé, a pequena distância entre os locais (menos de 200 km) não justificaria a utilização do modo ferroviário para o seu transporte.

A Figura 111 mostra a movimentação anual gerada pelo transportes destes produtos na RJ-244.

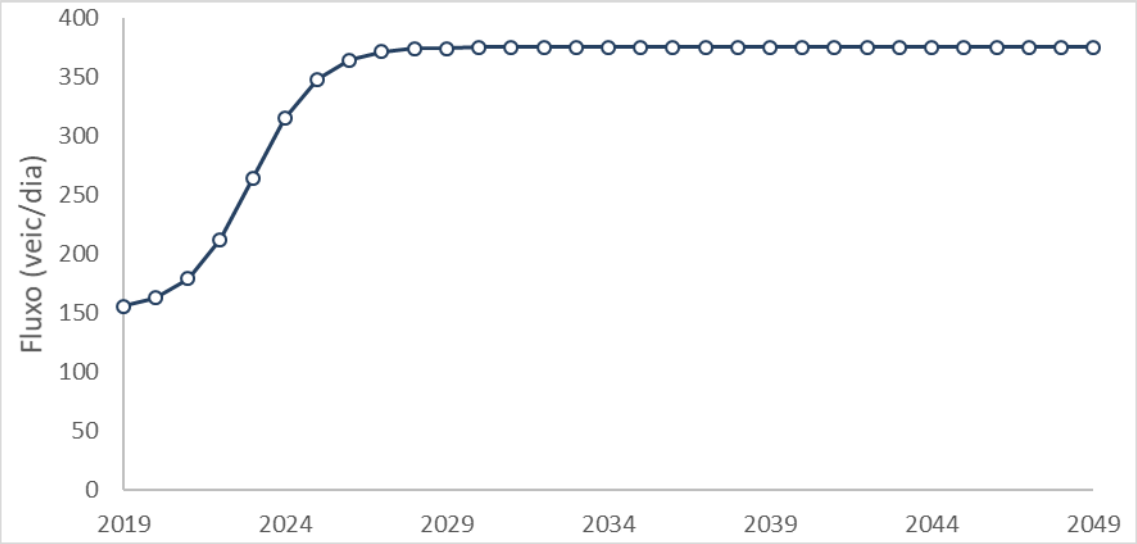


Figura 111 – Tráfego de caminhões gerado para transporte de produtos de logístico marítimo no Porto do Açu

Fonte: Elaboração Própria

É importante citar, que existe uma área de propriedade da Vallourec no Porto do Açu, que poderia justamente ser utilizada -para a instalação de um novo Parque dos Tubos. Isso iria suprimir as viagens até Macaé, porém geraria tráfego de carretas vindas de outras regiões que dariam apoio a esse complexo.

Porém, este cenário, embora latente, não foi considerado dadas as incertezas que cercam o mesmo. A Vallourec ainda não se manifestou sobre quando iria implementar um novo Parque dos Tubos em sua área e além disso, se as indústrias que dariam apoio ao novo parque também se estabelecerem na região do Porto do Açu, não haveria necessidade do transporte dos materiais, não gerando assim tráfego na RJ-244.

12.3.5 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

12.3.5.1 Análise Setorial

A análise do tráfego gerado pelo transporte de materiais de construção está diretamente ligada as conclusões acerca da implementação das indústrias de cimento, aço e derivados de petróleo previstos para o complexo industrial do Porto do Açu no Plano Diretor, que são detalhadas nos itens 12.3.2.1, 12.3.1.1 e 12.3.3.1, respectivamente.

Há outros empreendimentos previstos para o Distrito Industrial, como é o caso das termelétricas, que não foram analisados para a construção da matriz do complexo industrial do cenário conservador. Neste caso, o tráfego gerado de carretas de materiais de construção para a implantação destas unidades foi mantido conforme a previsão do Plano Diretor.

Como estes projetos apresentaram viabilidade dentro do período de concessão da rodovia, a expectativa seria de que o volume total de tráfego gerado por este produto se mantenha o mesmo em relação ao estimado pelo Plano Diretor, diferindo apenas no *timing* de início de operação das industrias.

12.3.5.2 Resultados

A Figura 112 mostra a movimentação anual gerada pelo transportes dos produtos de material de construção na RJ-244. Cabe notar que após o ano de 2034, o tráfego gerado por este produto cessa, já que a partir deste ano todas as indústrias previstas para o Complexo Industrial estariam em operação.

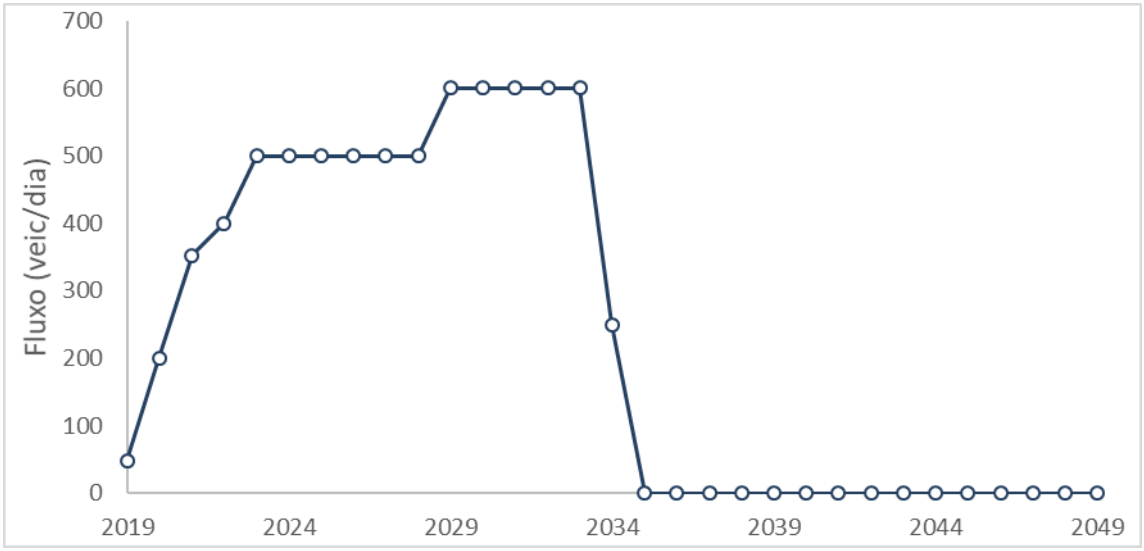


Figura 112 – Tráfego de caminhões gerado para transporte de produtos de material de construção na RJ-244

Fonte: Elaboração própria

12.4 DEMAIS PRODUTOS

Como descrito no item 12.1, além das cargas analisadas, há também o grupo denominado “Outros”, compostos por uma variedade de cargas. A contribuição destes produtos na participação total é mostrada na Figura 44 e Figura 45.

A premissa adotada foi de manter o tráfego projetado destas cargas conforme estabelecido pelo Plano Diretor do Porto do Açu, cujo resultado é apresentado na Figura 113.

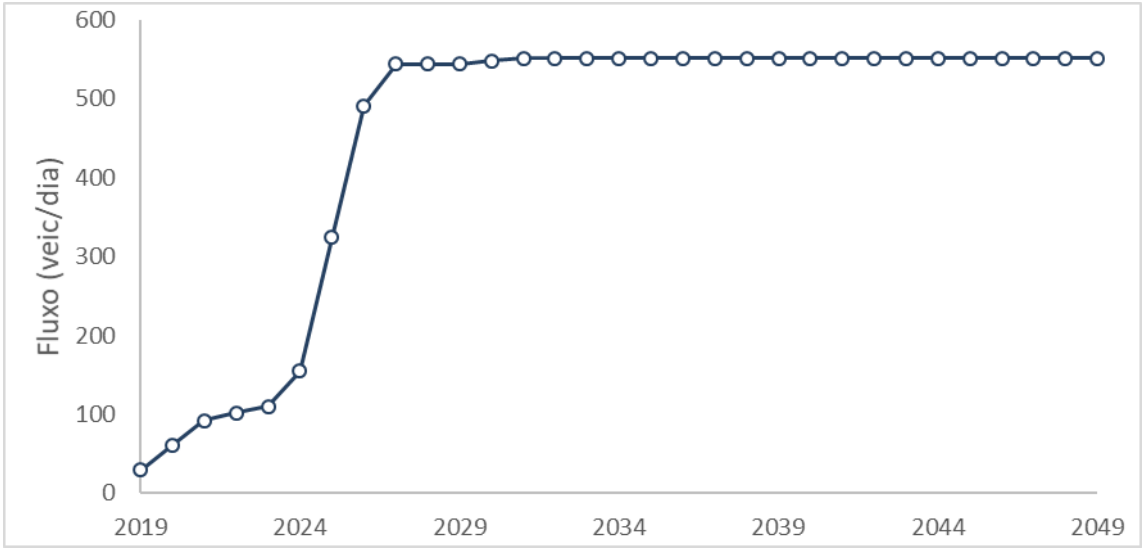


Figura 113 – Tráfego de caminhões gerado pelo transporte dos demais produtos na RJ-244

Fonte: Elaboração própria

12.5 TRÁFEGO TOTAL PARA O PORTO

Com os resultados apresentados nos itens 12.2, 12.3 e 12.4 foi projetado o volume total de tráfego relacionado as cargas com origem/destino ao Porto do Açu. O resultado é apresentado na Figura 114.

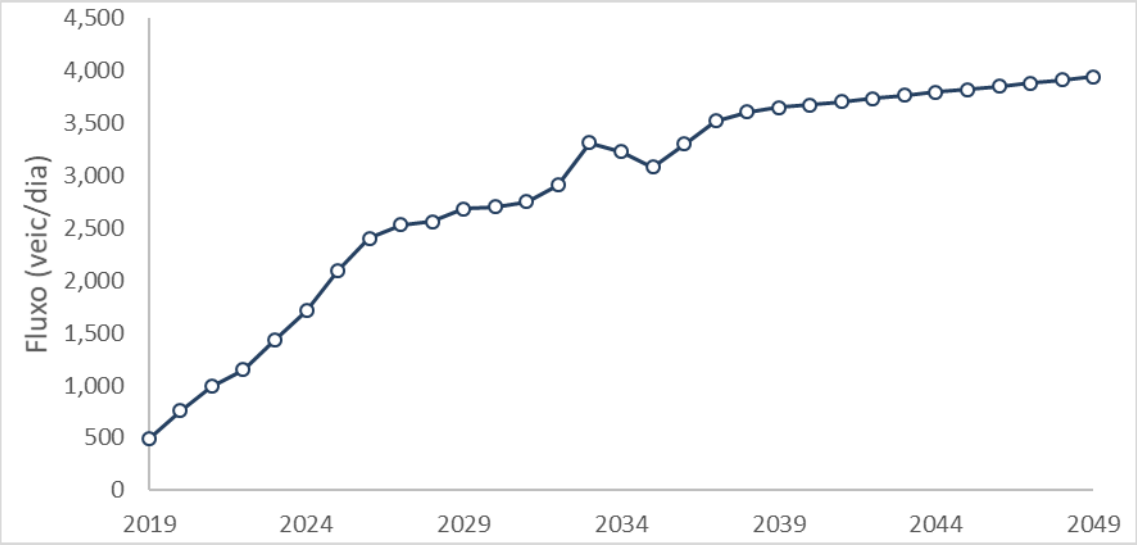


Figura 114 – Tráfego total de caminhões gerado pelo transporte de cargas com origem/destino ao Porto do Açu na RJ-244

Fonte: Elaboração própria

Comparativamente ao cenário Base, que considera integramente os volumes de tráfego previstos no plano diretor do Porto do Açu, tem-se a evolução de carretas conforme Figura 115. Percebe-se um volume de tráfego superior do cenário Base em relação ao cenário Conservador, porém não indicando necessariamente que o este seja sempre inferior quando analisada cada carga individualmente.

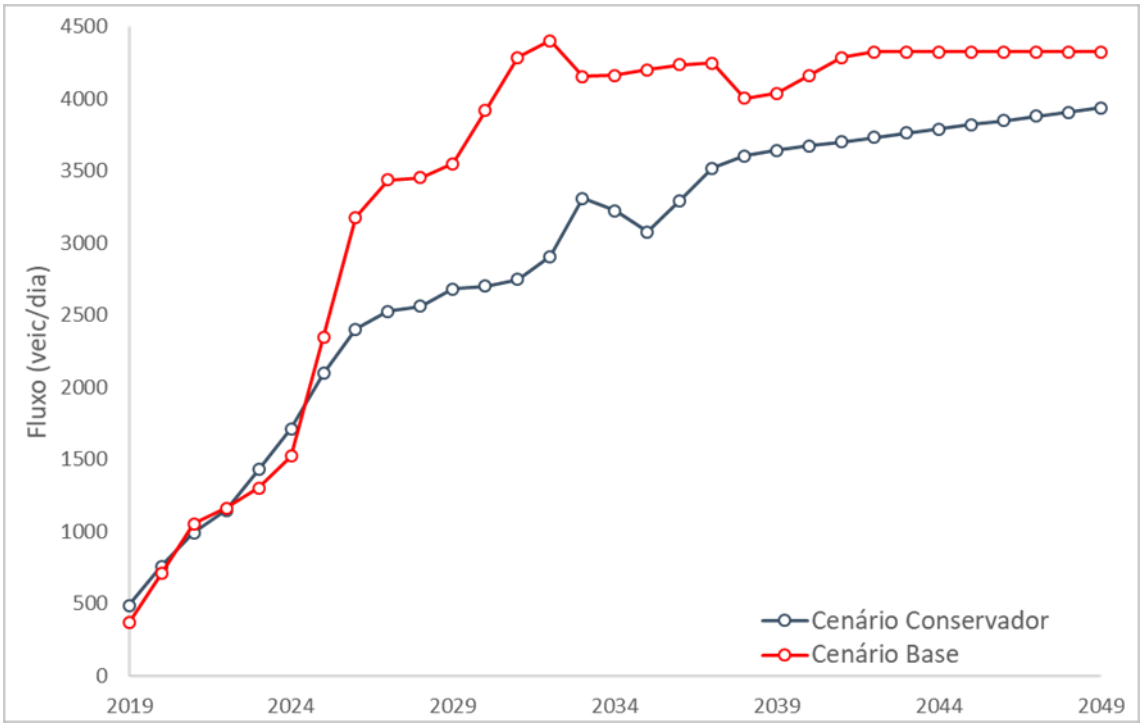


Figura 115 – Tráfego total de caminhões gerado pelo transporte de cargas com origem/destino ao Porto do Açu na RJ-244 – Cenário Base x Cenário Conservador

Fonte: Elaboração própria

A movimentação de cargas no Porto não é feita exclusivamente por um sentido de carga, ou seja, existe uma parcela de carretas que chegam carregadas ao Porto e saem também carregadas – aqui chamadas de cargas de retorno. Essa carga de retorno otimiza a movimentação de cargas, porém reduz o número de carretas passantes na rodovia, já que uma mesma carreta poderá transportar cargas de importação/produto (sentido Campos) e de exportação/insumo (sentido Porto).

Portanto, foi calculado um percentual de carretas que movimentariam cargas nos dois sentidos de tráfego (Porto e Campos), diminuindo o número final de carretas na rodovia. Esse valor redutor foi estimado pelo percentual de caminhões vazios calculado através das pesquisas de campo. A Figura 116 apresenta o fluxo final de carretas por sentido com origem/destino no Porto do Açu considerando a carga de retorno.

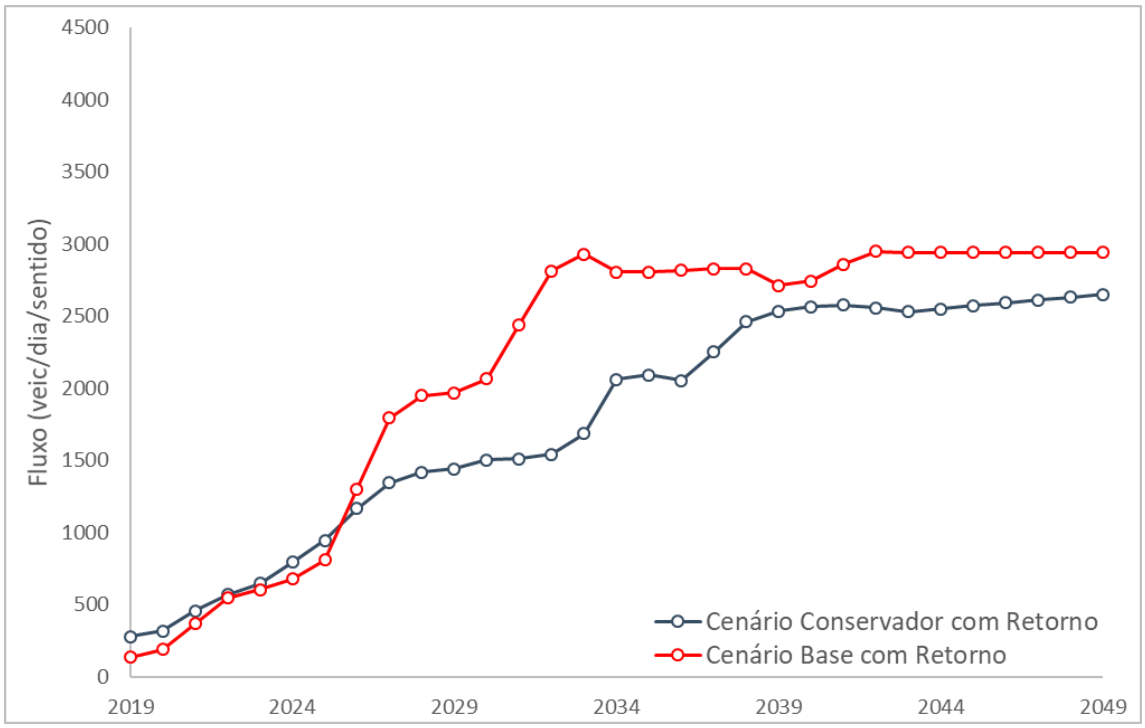


Figura 116 – Tráfego total de caminhões gerado pelo transporte de cargas com origem/destino ao Porto do Açu na RJ-244 considerando carga de retorno – Cenário Base x Cenário Conservador

Fonte: Elaboração própria

Também foram avaliadas as origens e/ou destinos de cada tipo de carga, para todo o horizonte da concessão, conforme sua localização geográfica, no intuito de compreender as rotas pelas quais essas chegariam ou sairiam da área de estudo, avaliando assim sua distribuição espacial. A evolução da relevância de cada região em termos de fluxo de carretas é apresentada na Figura 117. O fluxo no sentido Sul é o mais relevante no curto prazo, porém com o passar do tempo as cargas do Norte ganham maior importância, chegando a representar metade do fluxo de veículos em 2044.

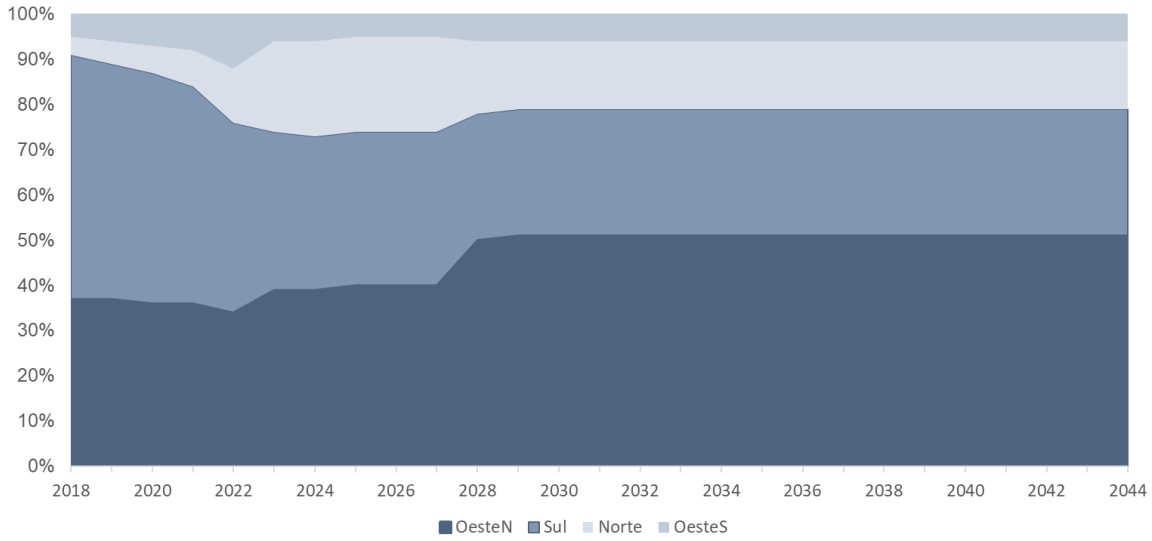


Figura 117 – Relevância de cada região em fluxo de carretas

Fonte: Elaboração própria

13 RESULTADOS DE PROJEÇÃO DO TRÁFEGO

Considerando a localização da praça de pedágio e a configuração das interseções definidas no capítulo 8, a projeção do tráfego foi calculada para cada trecho da Rodovia RJ-244 considerados 4 (quatro) tarifas de pedágio – selecionadas considerando as características da rodovia (extensão curta e grande quantidade de interseções) e tarifas praticadas rodovias com características semelhantes – assim como os dois cenários de demanda (Base e Conservador), para todo o horizonte da concessão. As quatro tarifas da praça de pedágio avaliadas são:

- R$9,90 – tarifa quilométrica de R$0,230/km;
- R$12,15 – tarifa quilométrica de R$0,282/km;
- R$14,85 – tarifa quilométrica de R$0,345/km;
- R$18,00 – tarifa quilométrica de R$0,419/km;

A extensão final da rodovia após avaliação apresentada no RT 1.2 – Avaliação do projeto proposto para a RJ-244 ficou em aproximadamente 43 km. As tarifas de pedágio selecionadas variam em torno de R$10,00, R$12,00, R$15,00 e R$18,00 e foram alteradas em função da alteração de traçado da rodovia, sendo simuladas com o valor atualizado conforme apresentado acima.

A depender da tarifa, no cenário base o volume seria entre 15,1 e 13,1 mil veículos, enquanto que no cenário conservador o tráfego diário seria de 13,8 à 11,9 mil veículos em 2044, para o mesmo ano, conforme apresentado na Figura

118. Vale ressaltar que não estão sendo considerados os eixos suspensos no volume de veículos equivalentes, já que estes não são tarifados.

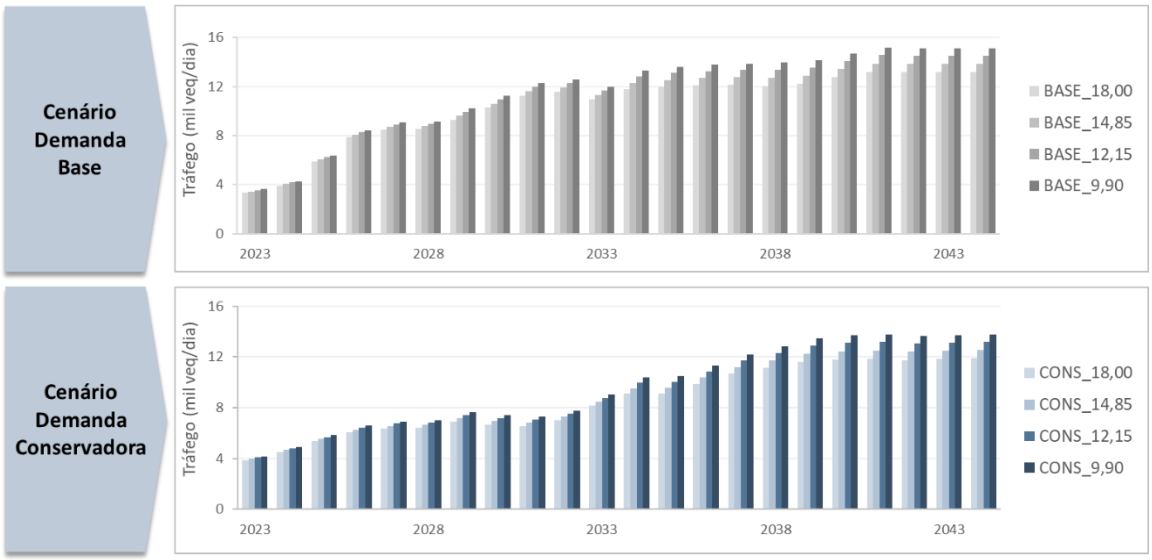


Figura 118 – Resumo Cenários – Tráfego diário

Fonte: Elaboração própria

Comparando a receita dos cenários, quanto maior a tarifa, maior é a receita anual obtida, sendo que, na média, o cenário base tende a ser de 22% a 23% maior em termos de receita anual se comparado com o cenário conservador, a depender da tarifa de pedágio, conforme mostra a Figura 119.

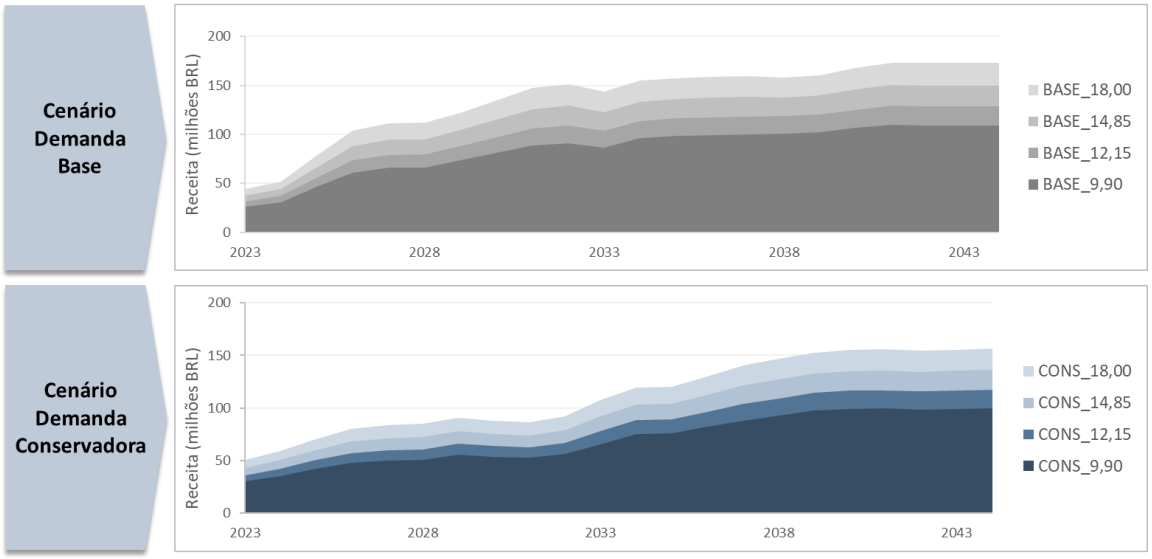


Figura 119 – Resumo Cenários – Receita Anual

Fonte: Elaboração própria

Como consequência da projeção da receita anual, as maiores receitas totais seriam obtidas para os cenários com maior tarifa de pedágio. Vale ressaltar que o modelo de simulação não considera restrição de capacidade nas vias alternativas à RJ-244. Esta premissa, portanto, é conservadora, já que as condições de infraestrutura atuais das rotas de fuga poderiam saturar pelo excesso de veículos pesados, diminuindo o percentual de fuga da RJ-244. Outros fatores que também poderiam aumentar a receita não foram considerados no cenário escolhido, como a impedância de congestionamento para as rotas de fuga e a restrição de veículos pesados em direção ao porto nas vias urbanas de Campos.

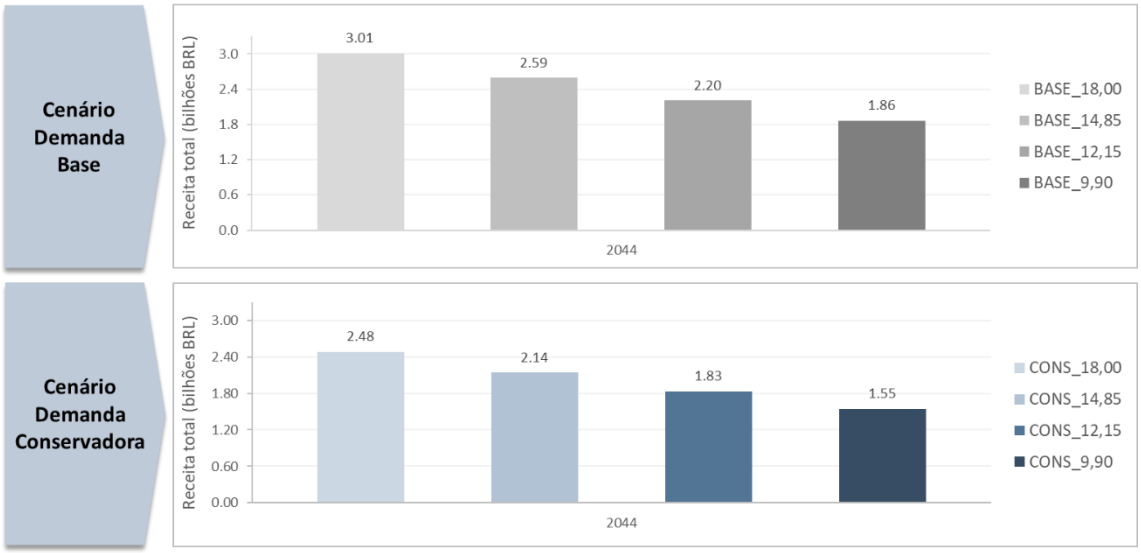


Figura 120 – Resumo Cenários – Receita Total

Fonte: Elaboração própria

Para efeito comparativo, também foi considerado um cenário crítico, onde a configuração das interseções se mantém conforme o cenário anterior, porém havendo a implementação de uma nova estrada de acesso ao aeroporto de Campos dos Goytacazes, gerando uma nova rota de fuga principalmente para os veículos de carga que chegam pelo Norte e Noroeste da cidade. O tráfego diário neste cenário mais crítico atingiria o patamar de 9,8 mil veículos em 2044, inferior a todos os demais cenários, como era de se esperar. É possível notar que a projeção da sua receita anual seria significativamente abaixo à do cenário conservador com a menor tarifa de pedágio (Figura 122) e, portanto, considerando a projeção da receita total obtida, o cenário crítico apresentaria desempenho inferior em relação a todos os cenários.

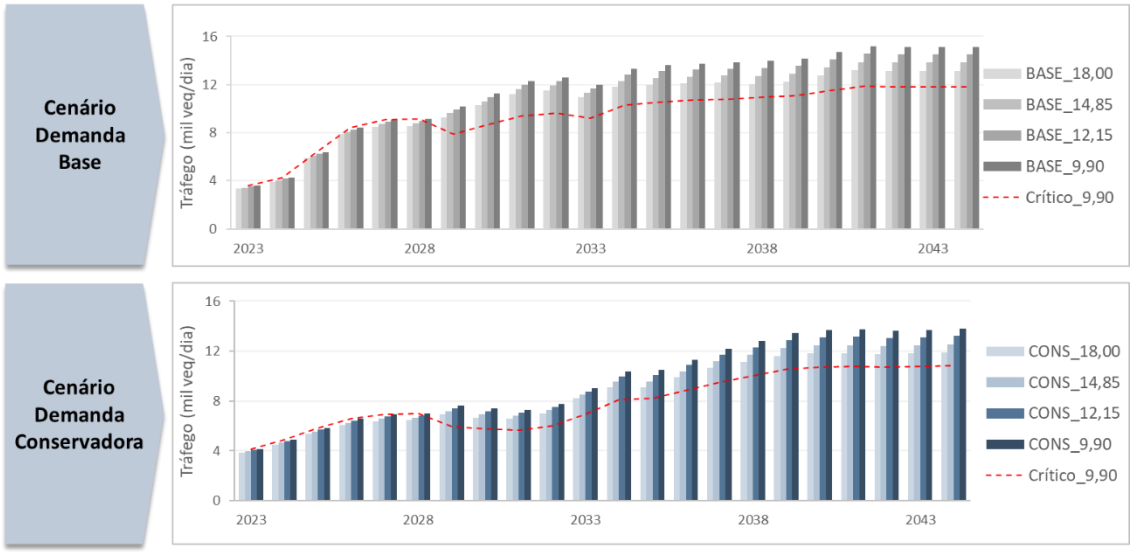


Figura 121 – Resumo Cenários – Tráfego diário – Com cenário crítico

Fonte: Elaboração própria

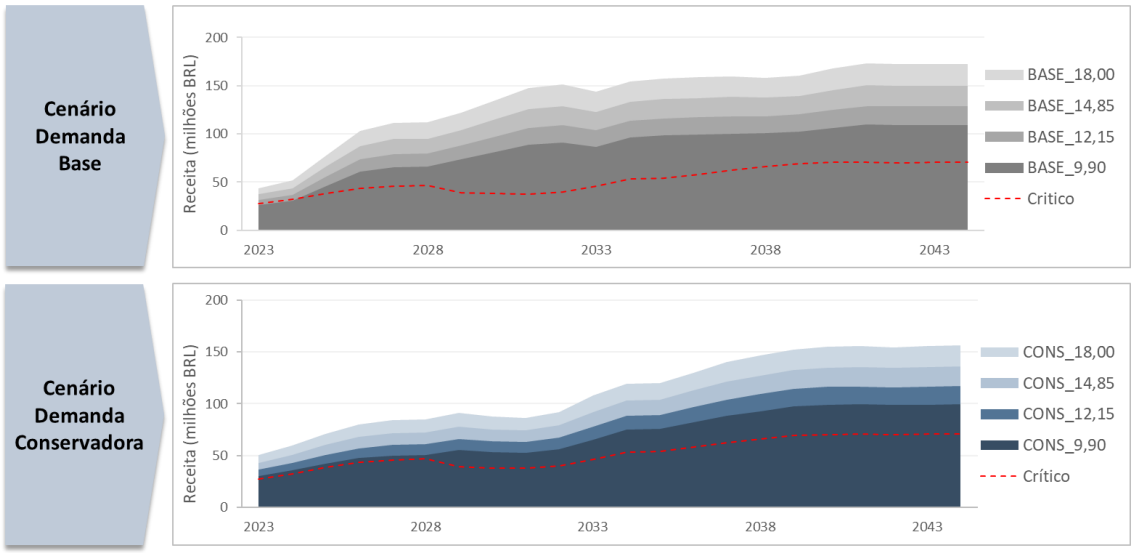


Figura 122 – Resumo Cenários – Receita Anual – Com cenário crítico

Fonte: Elaboração própria

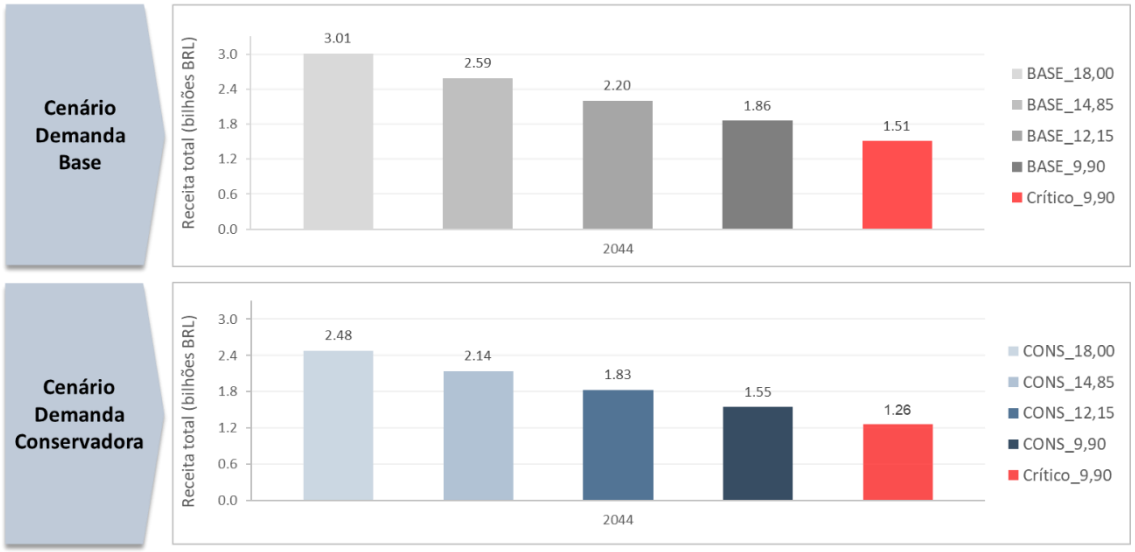


Figura 123 – Resumo Cenários – Receita Total – Com cenário crítico

Fonte: Elaboração própria

Considerando o cenário de demanda com as projeções de carga conforme apresentado no plano diretor do Porto do Açu (cenário de demanda Base), os valores tarifários praticados em concessões com características que se assemelhem minimamente à concessão da RJ-244 e a avaliação da modelagem econômico-financeira explanada nos próximos relatórios, optou-se por um valor de tarifa a ser cobrada de R$18,00 (tarifa quilométrica de R$0,419/km). Nesse cenário escolhido, chega-se a uma receita acumulada ao longo da concessão de R$3,01 bi. A Tabela 39 apresenta os percentuais de fuga de cada zona de tráfego do cenário definido.

Tabela 39 – Fugas para cada zona de tráfego no cenário definido (tarifa de R$18,00)

Zona de Tráfego	Auto	C2R	C3R	C4R	C5R	C6R	C7+R
3	97%	64%	46%	31%	29%	28%	27%
4	93%	43%	26%	15%	14%	14%	13%
5	99%	75%	58%	42%	40%	38%	38%
6	98%	71%	52%	37%	35%	33%	33%
7	98%	67%	47%	31%	29%	27%	28%
8	100%	87%	75%	63%	61%	59%	59%
9	99%	84%	72%	61%	59%	58%	56%
12	91%	41%	26%	16%	15%	14%	13%

13	90%	39%	25%	15%	14%	13%	13%
14	91%	39%	24%	15%	14%	13%	13%
15	94%	46%	30%	18%	17%	16%	15%
16	91%	42%	27%	17%	16%	15%	14%
19	99%	75%	57%	42%	39%	38%	38%
21	96%	63%	45%	31%	30%	28%	27%
23	96%	52%	33%	20%	18%	17%	17%
50	99%	84%	72%	61%	59%	57%	56%
51	98%	70%	52%	37%	35%	33%	33%
52	99%	77%	59%	44%	42%	40%	40%
53	98%	69%	52%	38%	35%	34%	33%
54	97%	62%	44%	30%	28%	27%	26%
Norte	99%	73%	54%	39%	36%	34%	35%
Noroeste	98%	64%	44%	29%	27%	25%	25%
Sudoeste	96%	49%	31%	18%	17%	16%	16%
Sul	90%	39%	24%	14%	13%	13%	12%

Fonte: Elaboração própria

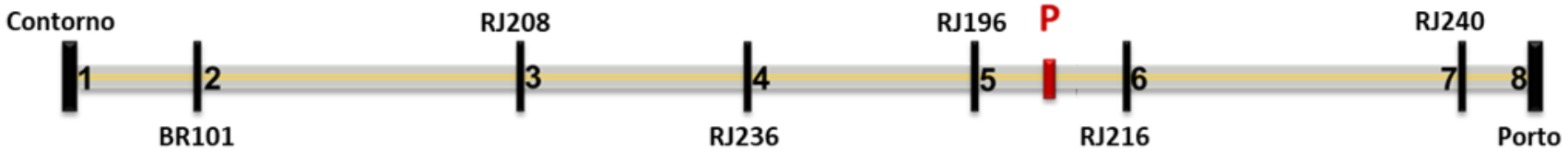
Um esquemático de cada trecho da rodovia com a localização final da praça de pedágio, assim como os VDMAs, volumes equivalentes, volumes equivalentes desconsiderando eixos suspensos e receita anual para os anos de 2023 (início considerado para a cobrança tarifária) e 2044 (último ano da concessão) são apresentados na Figura 124. Os trechos pedagiados estão em destaque. Os volumes específicos para cada categoria de veículo ao longo do horizonte da concessão na seção da praça de pedágio estão apresentados no arquivo em anexo, confome classificação apresentada na Tabela 40. Para a Categoria 9, o multiplicador foi estimado com base na proporção entre veículos de 7, 8 e 9 eixos obtidas na pesquisa de campo realizada no ponto D (entrada do Porto do Açu).

Tabela 40 – Categorias e respectivos tipos de veículos e multiplicadores

Categoria	Tipo de Veículo	Número de Eixos	Multiplicador da Tarifa
1	Automóvel, Caminhoneta, Furgão	2	1.0
2	Caminhão Leve, Ônibus, Caminhão Trator e Furgão	2	2.0
3	Automóvel com semi-reboque e Caminhonete com semi-reboque	3	1.5
4	Caminhão, Caminhão Trator, Caminhão Trator com semi-reboque e Ônibus	3	3.0
5	Automóvel com reboque e Caminhonete com reboque	4	2.0
6	Caminhão com reboque e CaminhãoTrator com semi-reboque	4	4.0
7	Caminhão com reboque e CaminhãoTrator com semi-reboque	5	5.0
8	Caminhão com reboque e CaminhãoTrator com semi-reboque	6	6.0

9	Caminhão com reboque e CaminhãoTrator com semi-reboque	7, 8, 9	7,6
10	Motocicleta, Motoneta e Bicicleta a motor	2	0.5

Fonte: Elaboração própria



Tipo	Seção	2023						2044					
		Auto	Rígidos	Articulados	Veq	VeqSusp	Receita	Auto	Rígidos	Articulados	Veq	VeqSusp	Receita
Seção	T1-2	3.264	200	554	7.268	6.633	R$ -	6.895	1.521	2.339	22.617	20.678	R$ -
Seção	T2-1	3.658	200	554	7.638	7.003	R$ -	7.666	1.521	2.339	23.341	21.401	R$ -
Seção	T2-3	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção	T3-2	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção	T3-4	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção	T4-3	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção	T4-5	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção	T5-4	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção (P)	T5-6	26	161	525	3.933	3.332	R$59.983	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$236.759
Seção (P)	T6-5	26	161	525	3.933	3.332	R$59.983	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$236.759
Seção	T6-7	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção	T7-6	26	161	525	3.933	3.332	R$ -	200	1.224	2.231	14.997	13.153	R$ -
Seção	T7-8	57	175	554	4.194	3.559	R$ -	435	1.334	2.339	16.055	14.121	R$ -
Seção	T8-7	57	175	554	4.194	3.559	R$ -	435	1.334	2.339	16.055	14.121	R$ -

	Auto	Rígidos	Articulados
CAGR	10.1%	10.2%	7.1%

Eixos Equivalentes Diários	Total	Sem Suspensos
Pedágio 2023	7,866	6,665
Pedágio 2044	29,995	26,307

Receita Total RJ-244 R$ 3,009,041,472

Figura 124 – Tabela resumo final do cenário escolhido

Fonte: Elaboração própria

13.1 ESTUDO DE CAPACIDADE DA RODOVIA

Nesta atividade são identificadas e quantificadas as obras de melhoria necessárias para aumento da capacidade viária, visando a manutenção do nível de serviço durante o horizonte de concessão. São identificadas a localização, extensão, tipo (duplicação ou terceira faixa) e momento em que a melhoria será implementada, definindo assim um cronograma de investimentos relativo às obras para melhoria da capacidade viária.

A avaliação dos investimentos de ampliação de capacidade é feita considerando-se metodologia do *Highway Capacity Manual 2010* (HCM-2010). O critério de ampliação de capacidade viária se dá quando as rodovias passam a operar com um número de horas superior a 50 por ano com nível de serviço abaixo do nível D.

O nível de serviço é definido para cada segmento homogêneo de via, em função dos volumes de tráfego, alocados ano a ano, durante o período de estudo, e das características físicas da rodovia, como, por exemplo, o relevo predominante no terreno e a largarua das faixas de rolamento e de acostamento. As obras de ampliação de capacidade são indicadas no momento, durante o horizonte de estudo, em que o nível de serviço for inferior ao nível aceitável.

As contagens volumétricas realizadas em campo fornecem também elementos para caracterizar a distribuição do volume diário de tráfego durante as diferentes horas do dia, permitindo a identificação da hora-pico e do percentual do volume diário que passa em cada um dos postos de contagem durante esta hora. Essa distribuição é útil para análise do nível de serviço dos segmentos homogêneos da via.

No caso da RJ-244, o Ponto B de pesquisa foi utilizado para o trecho homogêneo 1-2, mais próximo à BR-101 e com característica de tráfego mais urbana. Já para os demais trechos homogêneos, inclusive para o trecho com a implementação da praça de pedágio, o Ponto D (entrada do Porto do Açu) foi o utilizado, pela característica da demanda nesses trechos ser intimamente relacionada com o Porto. A Figura 125 e a Figura 126 apresentam os perfis de tráfego horário dos pontos B e D, respectivamente.

O Ponto B possui perfil mais constante ao longo do dia, com pico ligeiramente superior no período da manhã (7,7%% da demanda diária entre 7:00 e 8:00 da manhã, para veículos leves). Já o Ponto D possui maior variabilidade ao longo do dia, com a manhã tendo um pico expressivo de veículos leves (11,4% da demanda diária entre 7:30 e 8:30 da manhã, para veículos leves), sugerindo associação ao início das atividades de trabalho diário.

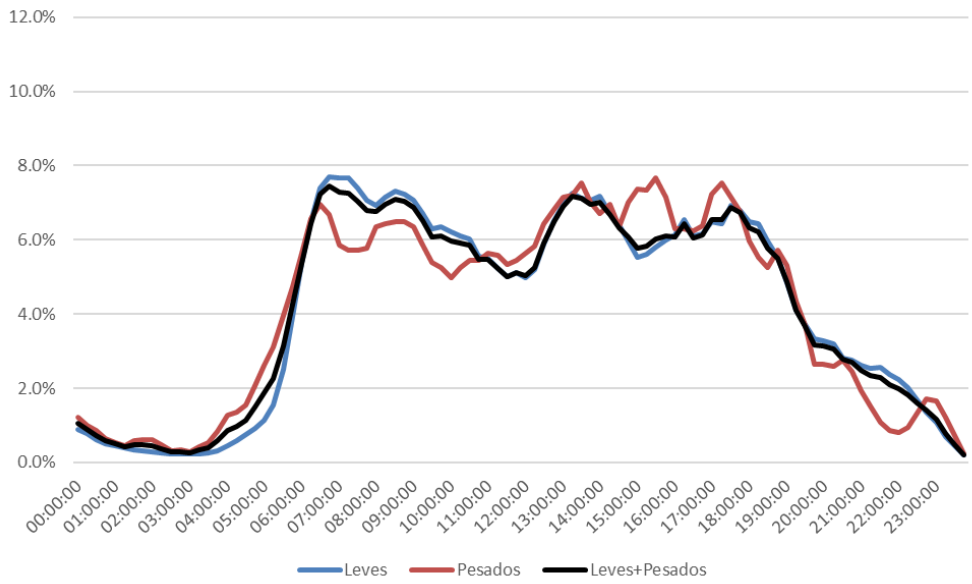


Figura 125 – Perfil horário de tráfego – Ponto B

Fonte: Elaboração própria

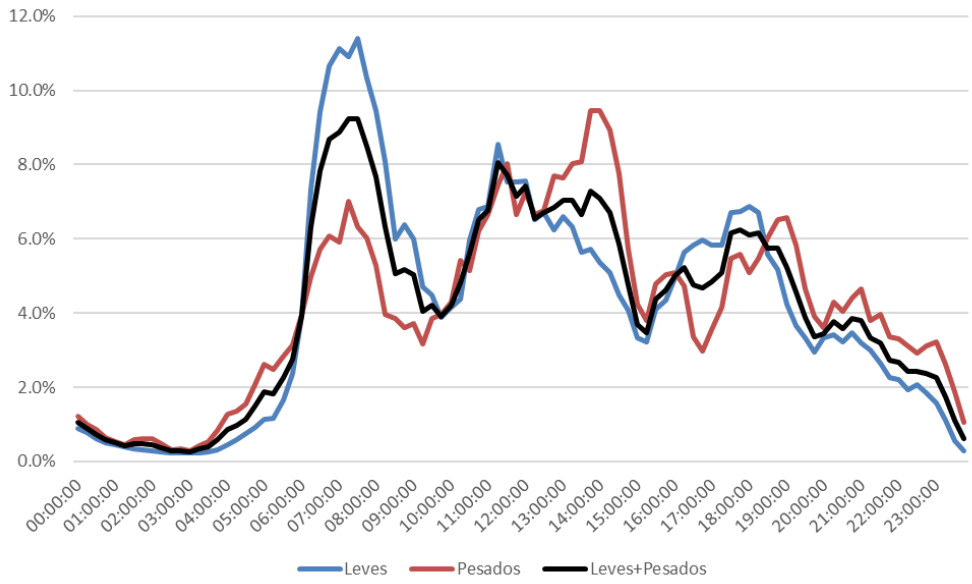


Figura 126 – Perfil horário de tráfego – Ponto D (entrada do Porto do Açu)

Fonte: Elaboração própria

Os resultados de nível de serviço, para cada ano do cenário escolhido, estão apresentadas na Tabela 41, e a

Tabela 42 já considera os níveis de serviço com as ampliações previstas no horizonte da concessão.

Tabela 41 – Nível de serviço e número de faixas por segmento

Rodovia	Trecho	Extensão (km)	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
RJ-244	T1-2	4.2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
RJ-244	T2-3	9.4	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T3-4	6.3	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T4-5	7.2	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T5-6	6.0	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T6-7	9.7	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T7-8	0.7	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

Rodovia	Trecho	Extensão (km)	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
RJ-244	T1-2	4.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T2-3	9.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T3-4	6.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T4-5	7.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T5-6	6.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T6-7	9.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T7-8	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 42 – Nível de serviço e número de faixas por segmento considerando as ampliações previstas

Rodovia	Trecho	Extensão (km)	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
RJ-244	T1-2	4.2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T2-3	9.4	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T3-4	6.3	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T4-5	7.2	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T5-6	6.0	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T6-7	9.7	B	B	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RJ-244	T7-8	0.7	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

Rodovia	Trecho	Extensão (km)	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
RJ-244	T1-2	4.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
RJ-244	T2-3	9.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T3-4	6.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T4-5	7.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T5-6	6.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T6-7	9.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RJ-244	T7-8	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria

Considerando a ampliação de capacidade no cenário escolhido, há ampliação de capacidade apenas no trecho entre o futuro contorno da BR-101 (contornando a área urbana de Campos dos Goytacazes) e a BR-101 em todo o horizonte da concessão. Essa ampliação se dá através da implantação de uma terceira faixa de 400m de extensão para os trechos T1-2 / T2-1. A implantação da terceira faixa se mostra suficiente para os trechos por todo o horizonte da concessão.

13.2 ESTIMATIVA DO NÚMERO ESTRUTURAL (NÚMERO N)

O tráfego que solicitará o pavimento de uma via durante sua vida útil é um dos fatores fundamentais para o dimensionamento de sua estrutura. Os danos de veículos isolados no pavimento são, usualmente, de pequena magnitude, entretanto o efeito cumulativo desses danos deve determinar sua resistência à fadiga.

Por esta razão, um parâmetro relacionado ao volume e característica do tráfego é necessário ao dimensionamento de pavimentos. Este parâmetro, denominado como Número N, é definido pelo o número de repetições de eixos equivalentes às solicitações do eixo padrão rodoviário de 8,2 tf durante o período considerado de vida útil do pavimento.

O número N é calculado com base em manuais nacionais de projeto de pavimentos que se referem às metodologias de determinação de fatores de carga da USACE e AASHTO. A metodologia indicada pelo DNER considera apenas os veículos comerciais nos cálculos pois os automóveis, que possuem peso total reduzido, apresentam um efeito muito pequeno na estrutura do pavimento.

Para a obtenção do número N temos a seguinte formulação

$$N = 365\ x\ VDMA\ x\ F_v\ x\ F_r\ x\ F_d$$

Onde:

- VDMA = Volume diário médio anual da rodovia
- FV = Fator de Veículos
- FR = Fator Climático Regional (usualmente = 1,0)
- FD = Fator Direcional (usualmente 50% em rodovias de pista simples)

Os volumes de tráfego resultantes do cenário escolhido, por segmento homogêneo de tráfego, são utilizados para o cálculo do número N, sendo disponibilizado para a frente de engenharia dimensionar a estrutura do pavimento e também estabelecer o programa de manutenção e recuperação do

pavimento das rodovias do lote. Temos os números N para 10 e 15 anos de vida útil, conforme Tabela 43.

Tabela 43 – Número N para 10 e 15 anos

Anos	N Flex USACE	N Flex AASHTO
10	3.09 E+07	9.40 E+06
15	5.38 E+07	1.69 E+07

Fonte: Elaboração própria

14 BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Anuário Estatístico Aquaviário**. [2017].

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Cenário da Cabotagem Brasileira 2010 a 2012**. Maio, 2013. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/BoletimPortuario/Cenario_da_Cabotagem_Brasileira_2010_2012.pdf>.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Resolução nº5510, de 01 de Novembro de 2017.** Diário Oficial da república Federativa do Brasil. Brasília, DF, 06 nov. 2017. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Ferrovia_CentroAtlantica_SA.html>.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Resolução nº5726, de 07 de Fevereiro de 2018.** Diário Oficial da república Federativa do Brasil. Brasília, DF, 06 nov. 2017. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Ferrovia_CentroAtlantica_SA.html>.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** Rio de Janeiro, RJ, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Dados Estatísticos.** Disponível em: < http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos >

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Rodadas de Licitações de Petróleo e Gás Natural.** Disponível em: < http://rodadas.anp.gov.br/pt/ >

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Relação das Bases Compartilhadas** Disponível em: < http://www.anp.gov.br/images/DISTRIBUICAO_E_REVENDA/Distribuidor/Combustiveis_liquidos/Relacao_bases_compartilhadas.xlsx >

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Relação das Bases Exclusivas** Disponível em: < http://www.anp.gov.br/images/DISTRIBUICAO_E_REVENDA/Distribuidor/Combustiveis_liquidos/Relacao_base_combustiveis_exclusiva.xls>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Estatística Mensal do Complexo Soja**. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO (ABIMILHO). **Oferta e Demanda do Milho do Brasil**. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatistica/oferta_e_demanda>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **Estatísticas Nacionais.** Disponível em < http://abal.org.br/estatisticas/>.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Anúario da Indústria Automobilística Brasileira 2018.** 2018. Disponível em < http://www.anfavea.com.br/anuarios.html >

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Focus – Relatório de Mercado**. Disponível em: < https://www.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/readout/R20161014.pdf >.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Cotações e Boletins**. Disponível em: < https://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>.

CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA (AHK). **Mapa da Mineração Brasileira 2016.** Disponível em: < http://www.ahkbrasilien.com.br/pt/mineracao/mapa-da-mineracao-brasileira/>

CIMENTO.ORG. **Cimento no Brasil.** Disponível em < https://cimento.org/cimento-no-brasil/>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Série Histórica das Safras. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Anuário Mineral Brasileiro – Principais Substâncias Metálicas**. Brasília, DF, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Economia Mineral do Brasil. Disponível em < http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-2-2013-calcario-2013-gipsita-cimento>

INSTITUTO AÇO BRASIL (IABr). **Anuário Estatístico: Brazil Steel Databook**. Rio de Janeiro, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal.** Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas >.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa da Pecuária Municipal.** Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2017>.

Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA). **AgroMT Outlook 2025.** 2015. Disponível em: <http://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/estudos-customizados/AgroMT2025.pdf>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF MOTOR VEHICLE MANUFACTURERS (OICA). **Passengers Cars World Vehicles in Use 2005 – 2015.** 2015. Disponível em : < http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/ >

MCKINSEY & COMPANY. **The current capacity shake-up in steel and how the industry is adapting.** 2018. Disponível em: < https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/the-current-capacity-shake-up-in-steel-and-how-the-industry-is-adapting>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Projeções do Agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/27 Projeções de longo prazo**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf/view >

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Economic Outlook No 103 - July 2018 - Long-term baseline projections**. 2018. Disponível em: < https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EO103_LTB>

PLANO ESTRATÉGICA DE LOGÍSTICA E CARGAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (PELC RJ 2045). **Documento 8: Modelagens e projeções, teste do modelo e da montagem do banco de dados – Calibração do modelo e projeções.** Dez/2015. Disponível em < http://arquivos.proderj.rj.gov.br/setrans_pelc_imagens/SCSEditaImprensa/arquivo/upload/D08.zip >

PLANO ESTRATÉGICA DE LOGÍSTICA E CARGAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (PELC RJ 2045). **Documento 9: Soluções Logísticas para o Setor de Óleo e Gás – Acessos Terrestres às infraestruturas de apoio às atividades offshore.** Mai/2015. Disponível em < http://arquivos.proderj.rj.gov.br/setrans_pelc_imagens/SCSEditaImprensa/arquivo/upload/D09.zip >

PETROBRAS. **Preços e Custos.** Disponível em. < http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/destaques-operacionais/precos-e-custos>

PETROBRAS. **Preços médios do gás de cozinha para botijão de 13 kg às distribuidoras sem tributos.** Disponível em. < http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos-de-venda-as-distribuidoras/glp-residencial/ >

SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR (SECEX). **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior.** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Números da Indústria**. Disponível em: < http://snic.org.br/numeros-industria.php>

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES (SIFRECA). [**Banco de Dados**]. [s./d.]. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. USP – Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://esalqlog.esalq.usp.br/sifreca/>

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Oilseeds: World Market and trade**. Washington, D.C., 2014. Disponível em: < http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/fas/oilseed-trade//2010s/2016/oilseed-trade-04-12-2016.pdf>.

WORLD BANK. **World Bank Commodities Price Forecast.** 2018. Disponível em: < http://pubdocs.worldbank.org/en/458391524495555669/CMO-April-2018-Forecasts.pdf >

WORLD BANK. **Data World Bank.** Disponível em: < https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD>

WORLDSTEEL. **Steel Statistical Yearbook.** Disponível em < https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook-.html >

WORLDSTEEL. **World Steel in Figures 2018.** 2018**.** Disponível em < https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:f9359dff-9546-4d6b-bed0-996201185b12/World+Steel+in+Figures+2018.pdf >

15 ANEXO

15.1 ZONEAMENTO INTERNO À CAMPOS DOS GOYTACAZES / SÃO JOÃO DA BARRA

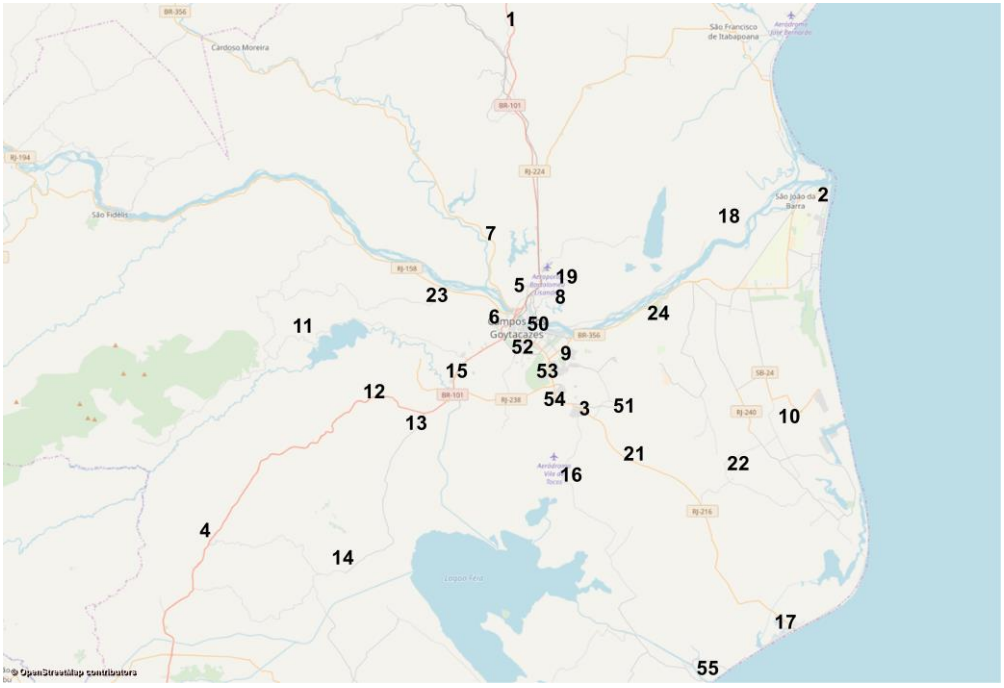


Figura 127 - Rede georreferenciada – Numeração das zonas próximas/internas à Campos dos Goytacazes / São João da Barra

Fonte: elaboração própria

15.2 ROTAS AO PORTO PELA RJ-244 E RESPECTIVAS ROTAS DE FUGA PARA CADA ZONA DE TRÁFEGO INTERNA A CAMPOS DOS GOYTACAZES

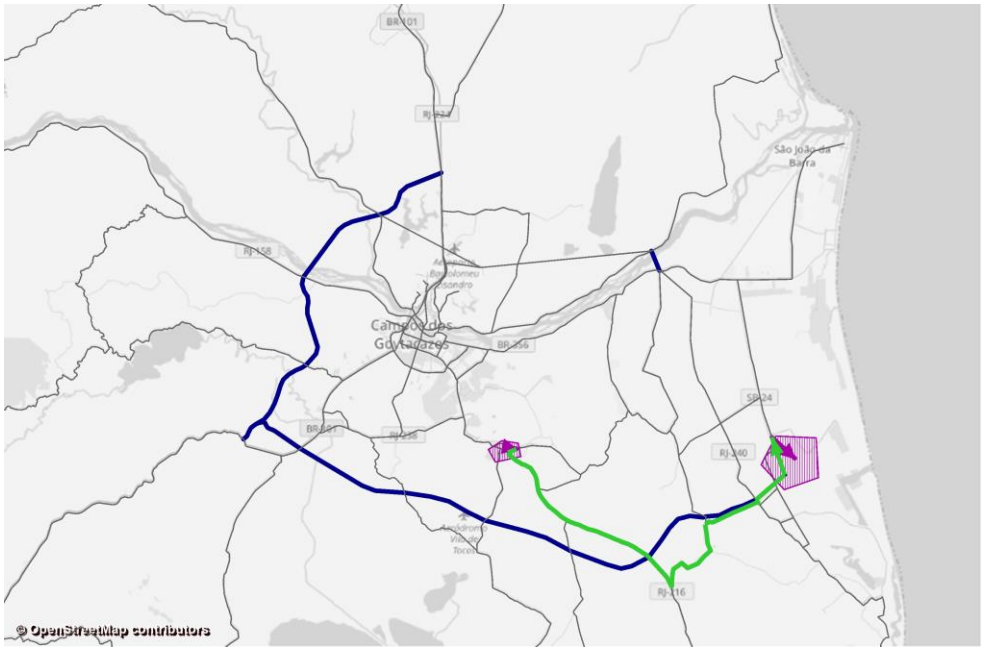


Figura 128 – Rota de Fuga – Zona 3

Fonte: Elaboração própria

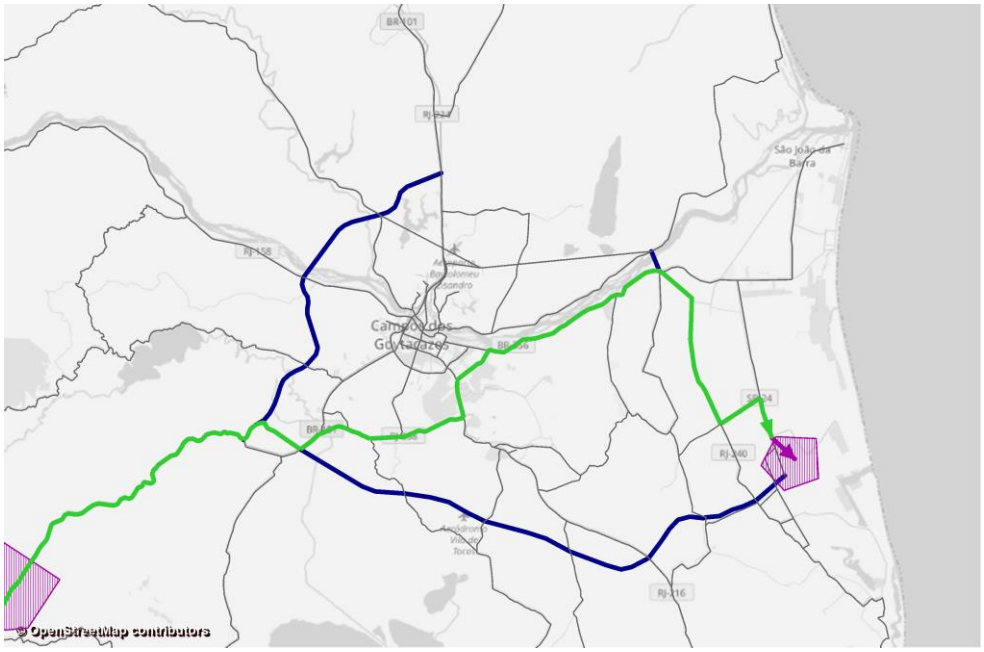


Figura 129 – Rota de Fuga – Zona 4

Fonte: Elaboração própria

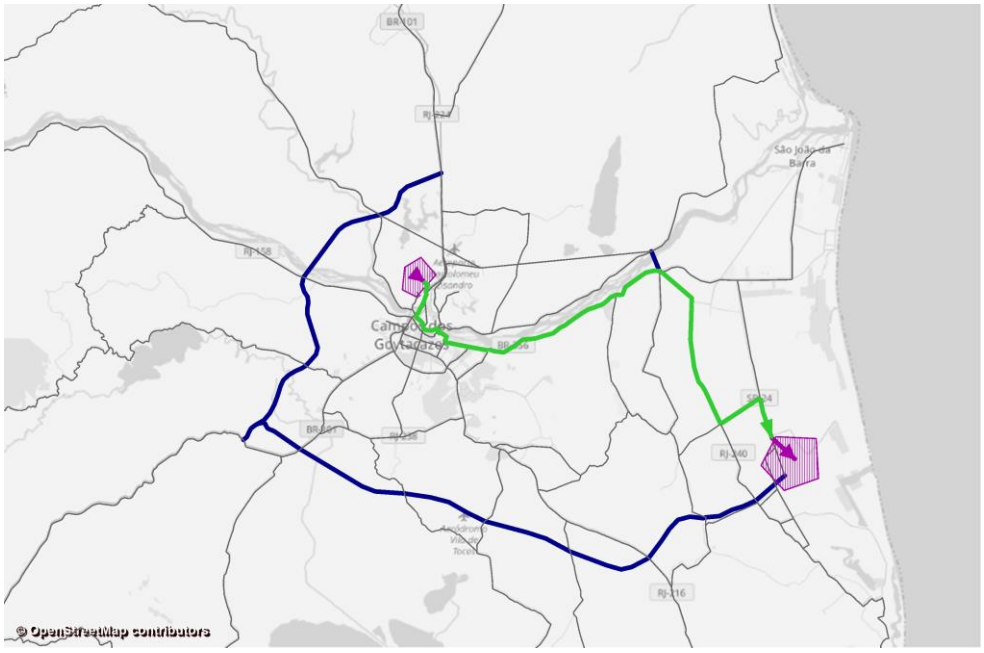


Figura 130 – Rota de Fuga – Zona 5

Fonte: Elaboração própria

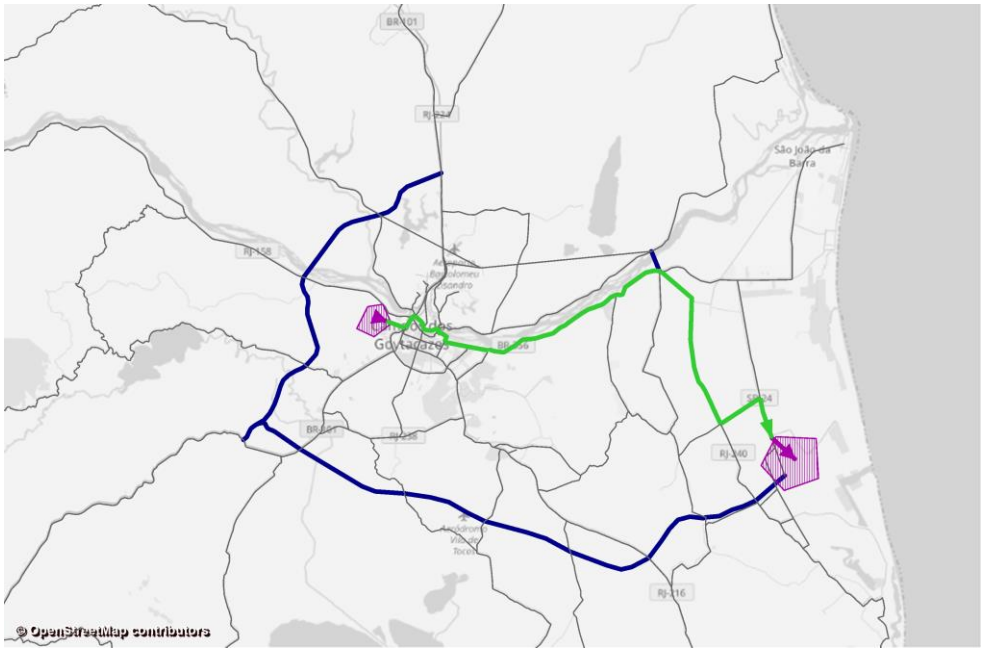


Figura 131 – Rota de Fuga – Zona 6

Fonte: Elaboração própria

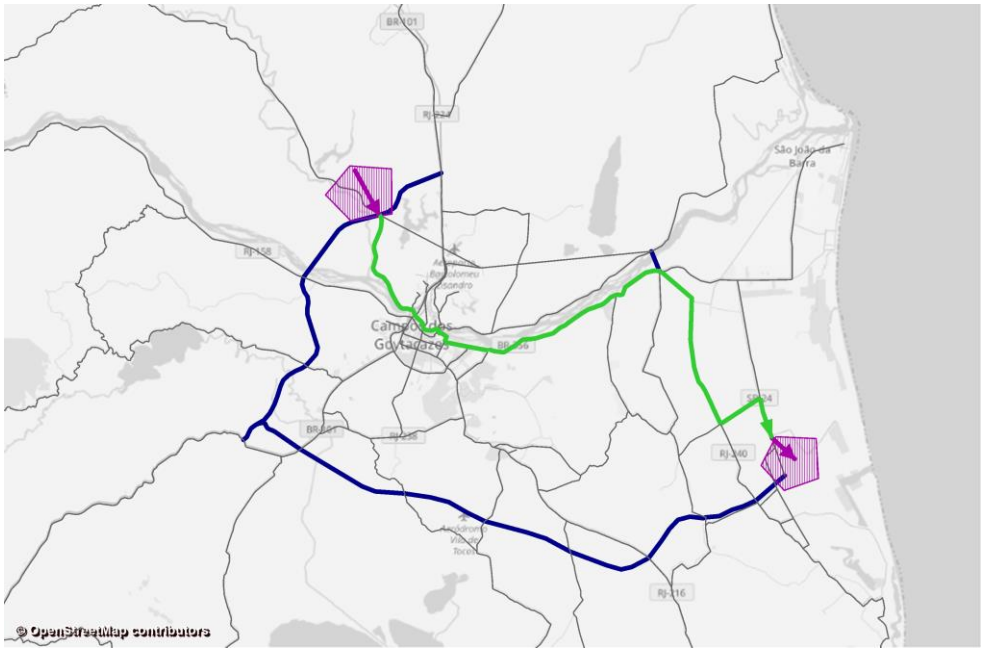


Figura 132 – Rota de Fuga – Zona 7

Fonte: Elaboração própria

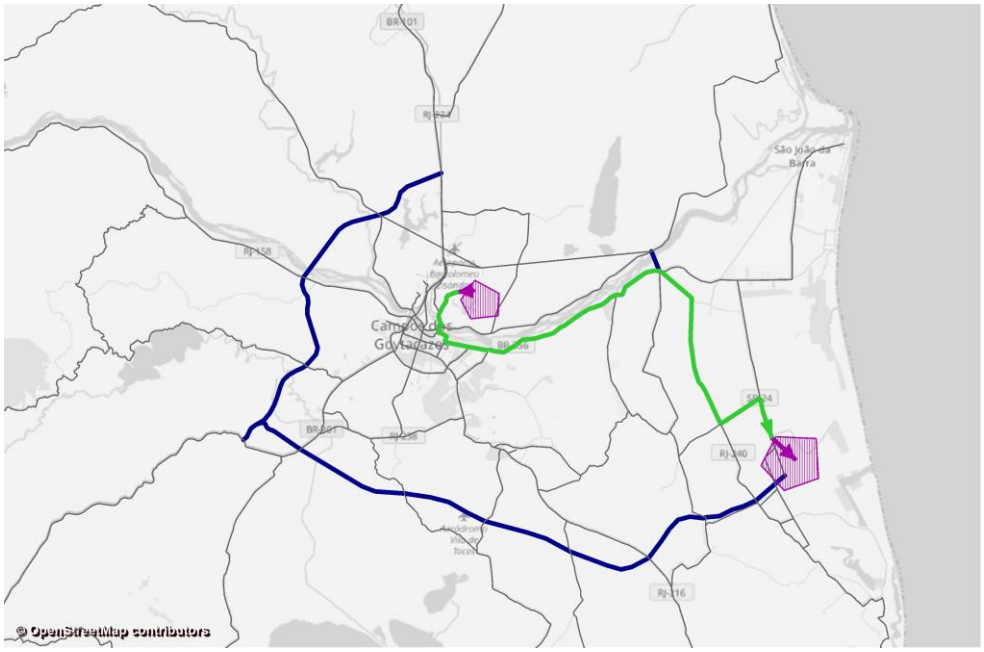


Figura 133 – Rota de Fuga – Zona 8

Fonte: Elaboração própria

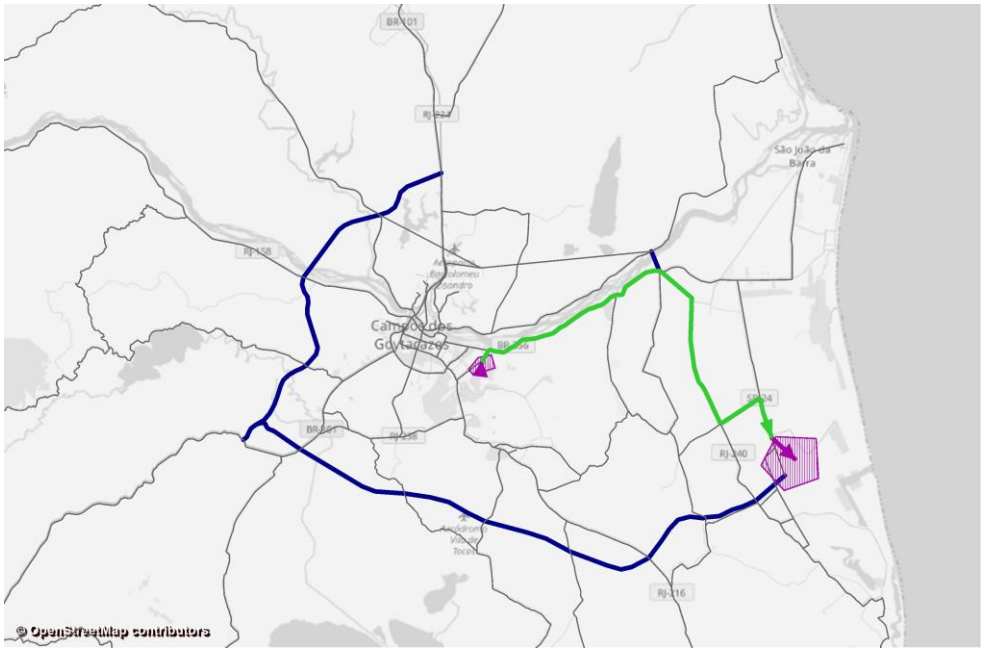


Figura 134 – Rota de Fuga – Zona 9

Fonte: Elaboração própria

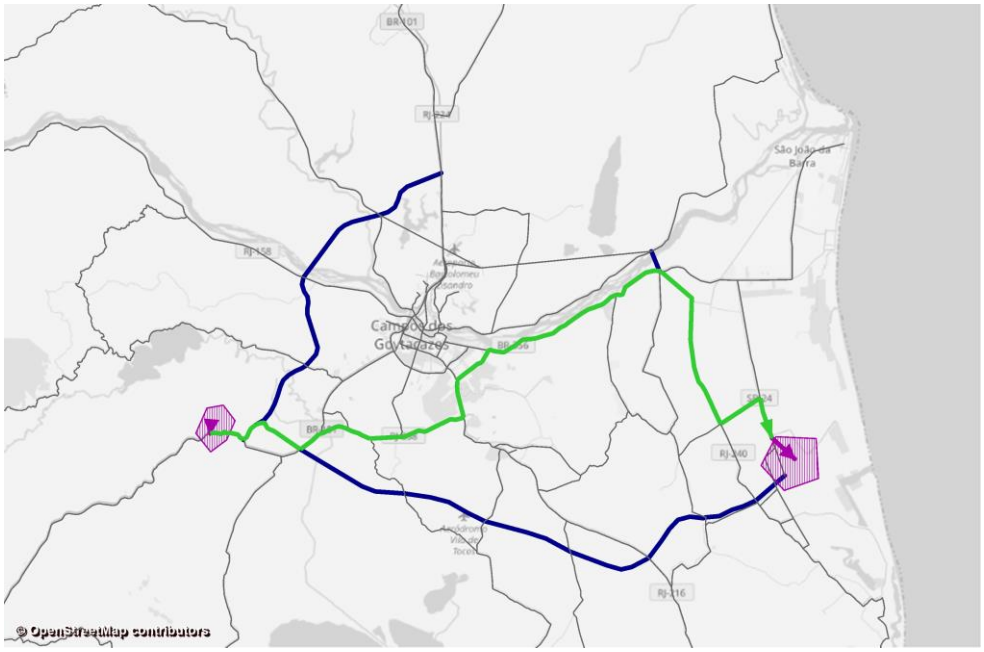


Figura 135 – Rota de Fuga – Zona 12

Fonte: Elaboração própria

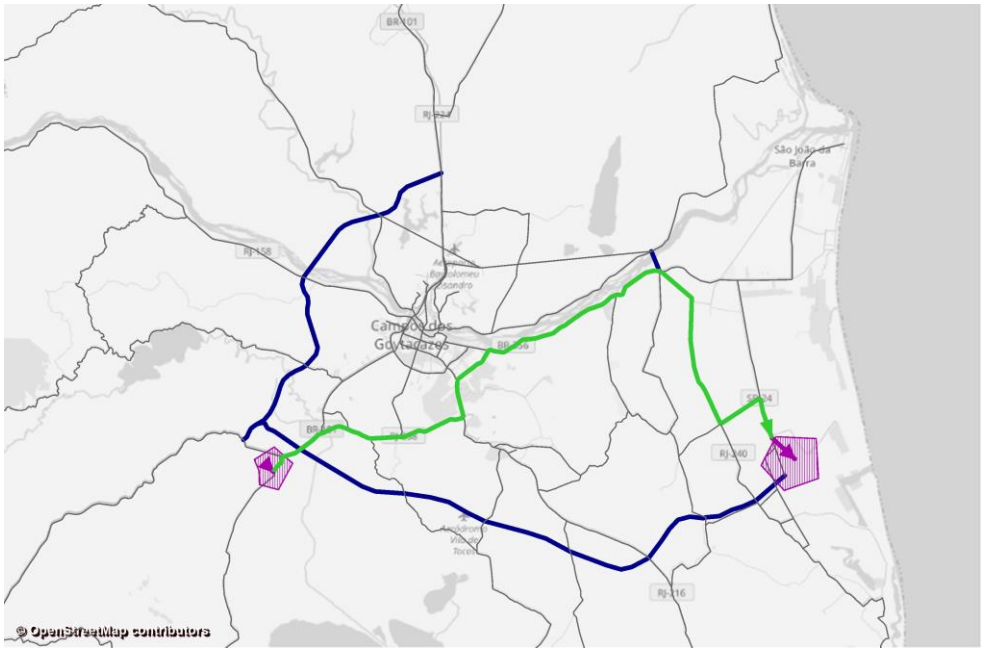


Figura 136 – Rota de Fuga – Zona 13

Fonte: Elaboração própria

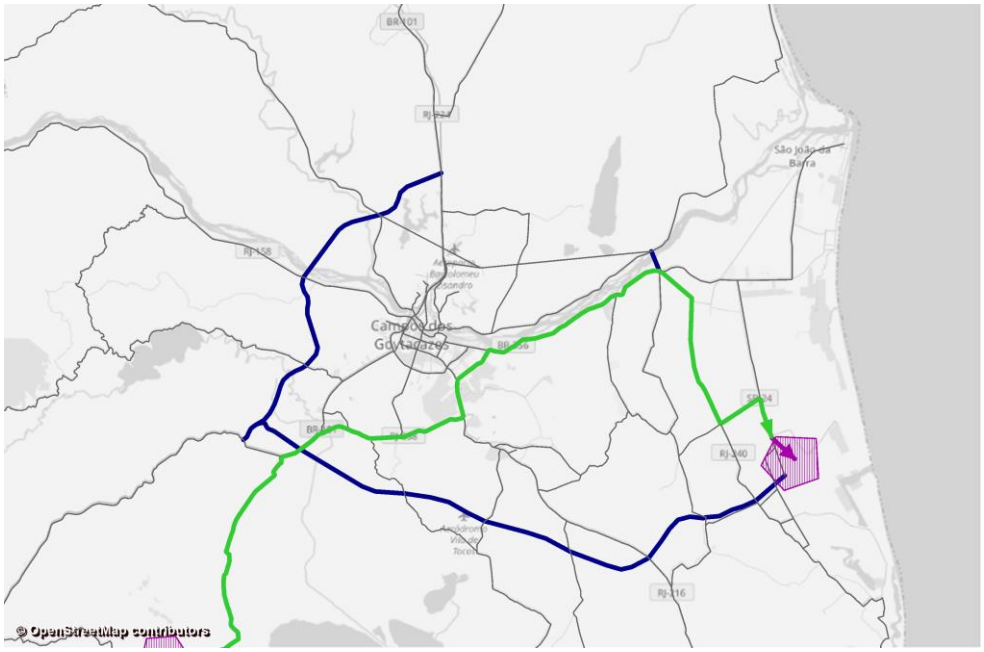


Figura 137 – Rota de Fuga – Zona 14

Fonte: Elaboração própria

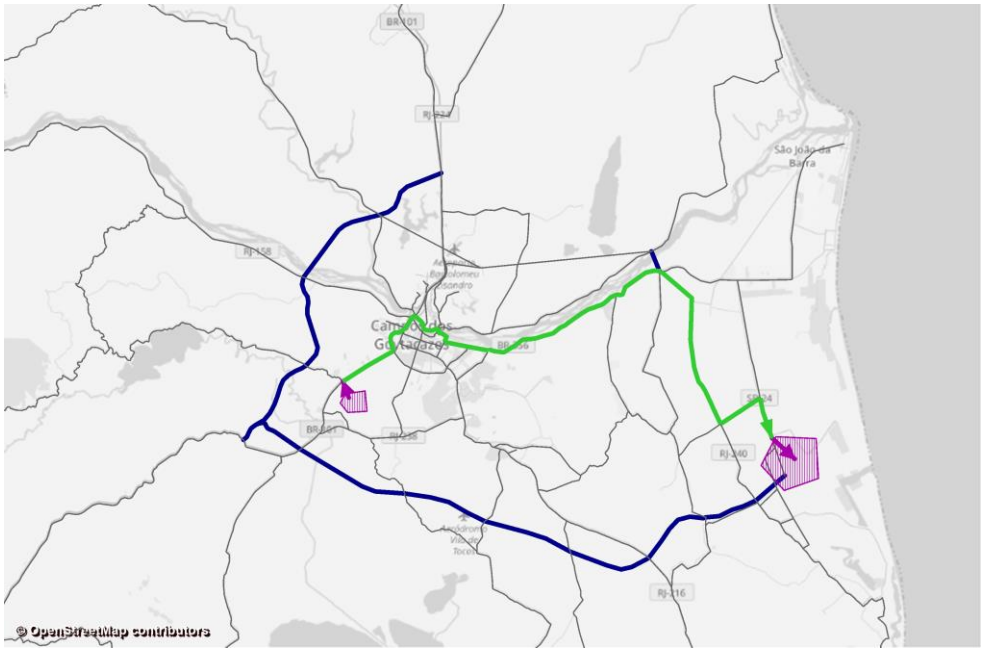


Figura 138 – Rota de Fuga – Zona 15

Fonte: Elaboração própria

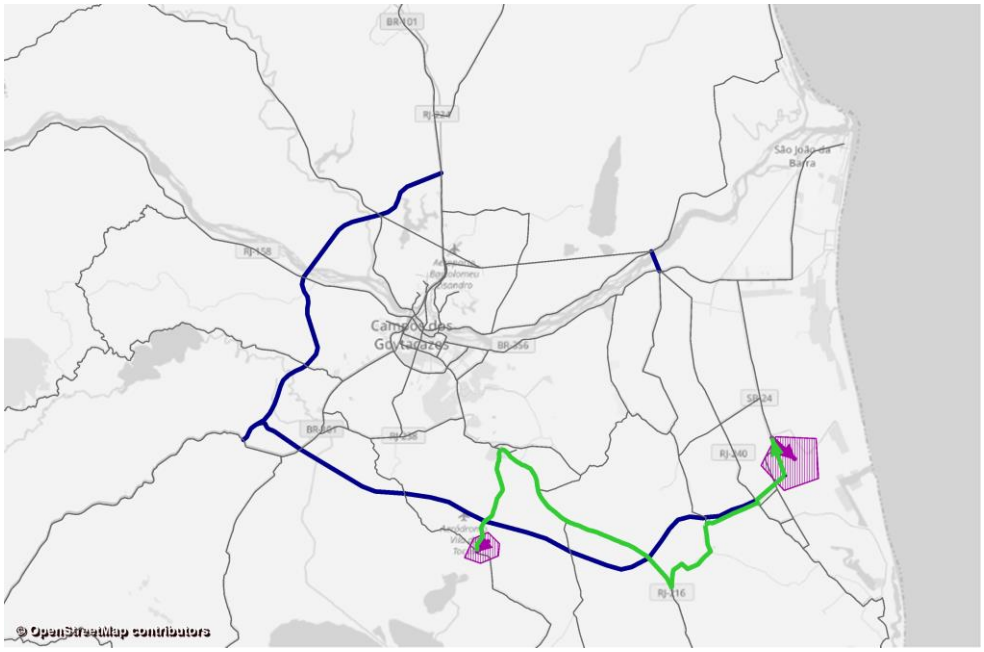


Figura 139 – Rota de Fuga – Zona 16

Fonte: Elaboração própria

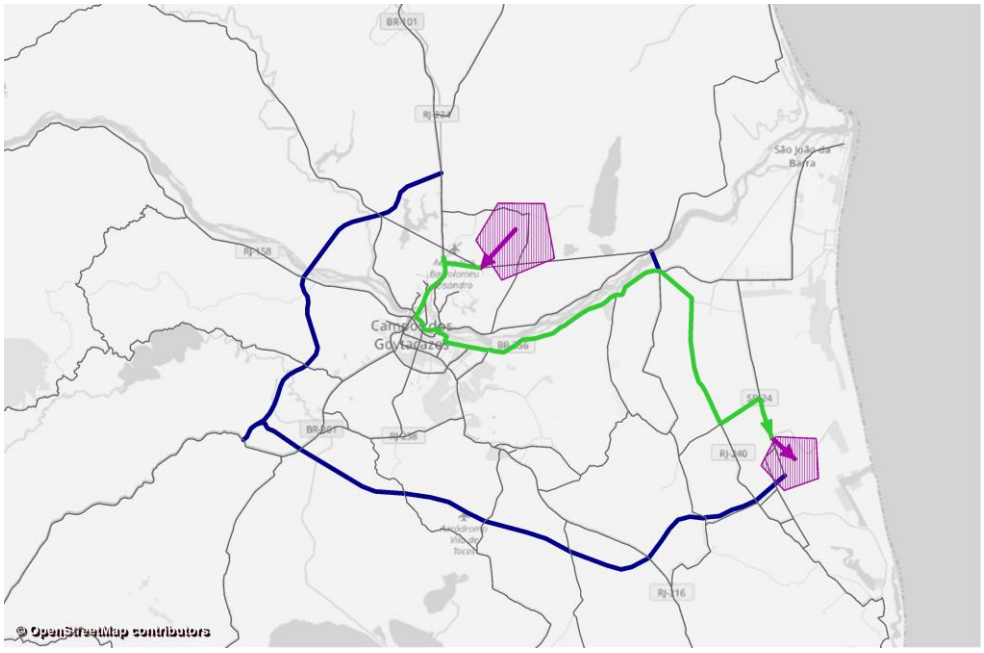


Figura 140 – Rota de Fuga – Zona 19

Fonte: Elaboração própria

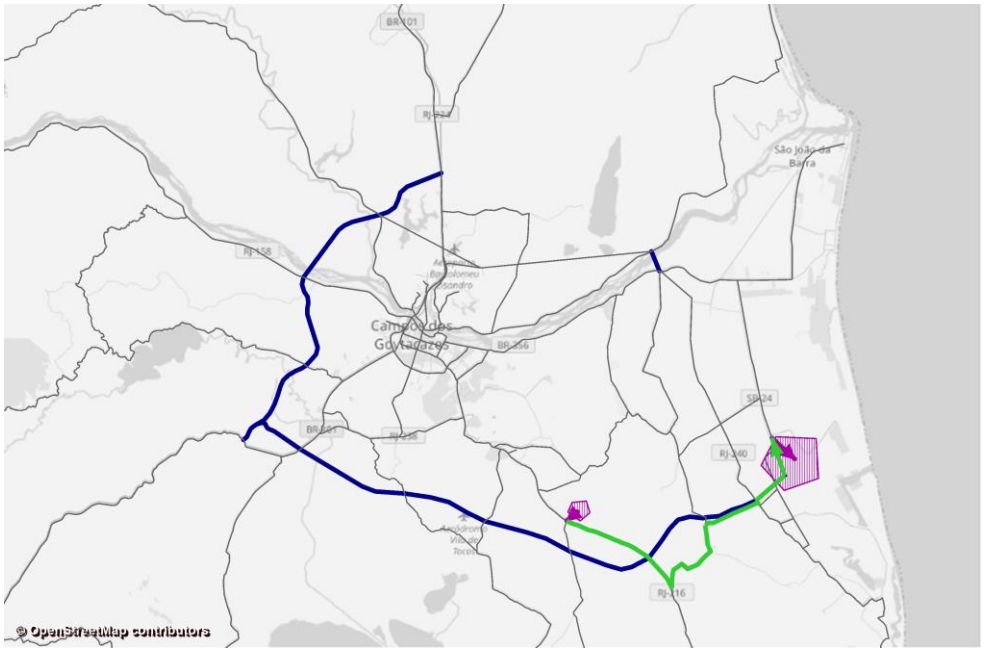


Figura 141 – Rota de Fuga – Zona 21

Fonte: Elaboração própria

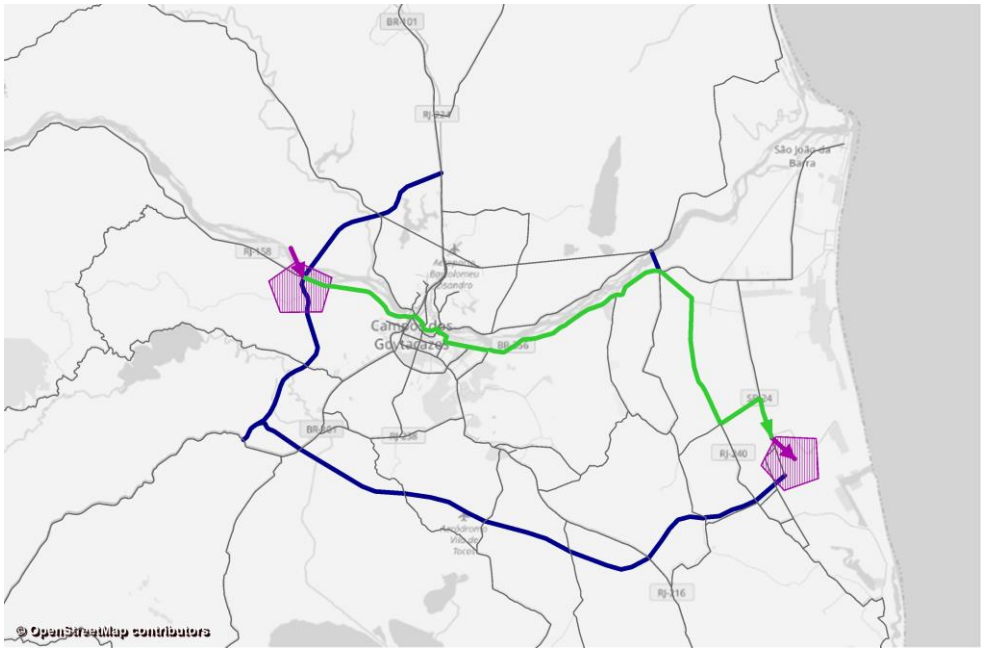


Figura 142 – Rota de Fuga – Zona 23

Fonte: Elaboração própria

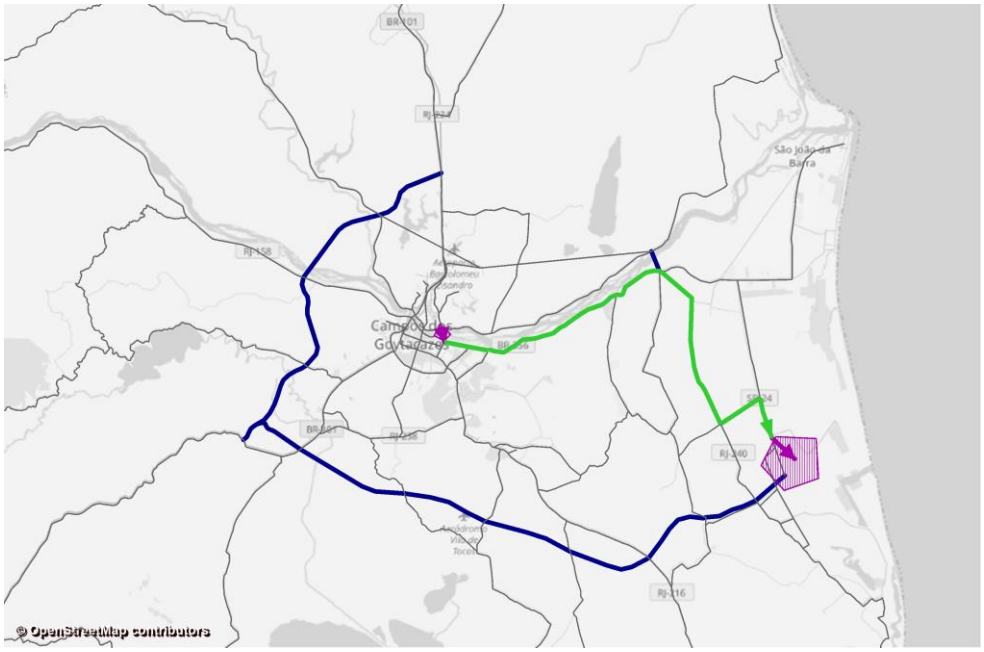


Figura 143 – Rota de Fuga – Zona 50

Fonte: Elaboração própria

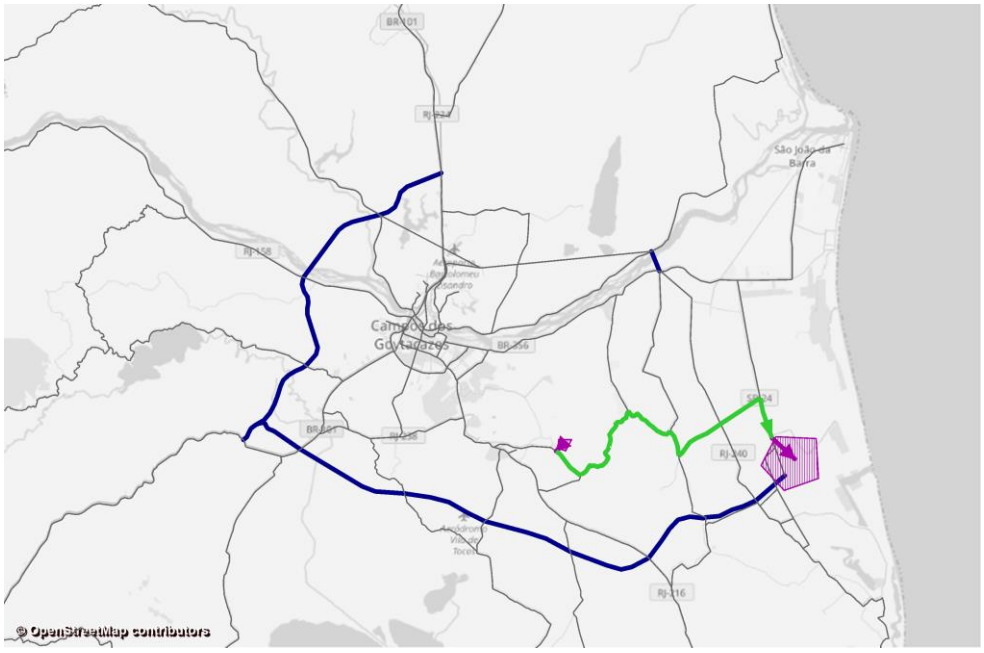


Figura 144 – Rota de Fuga – Zona 51

Fonte: Elaboração própria

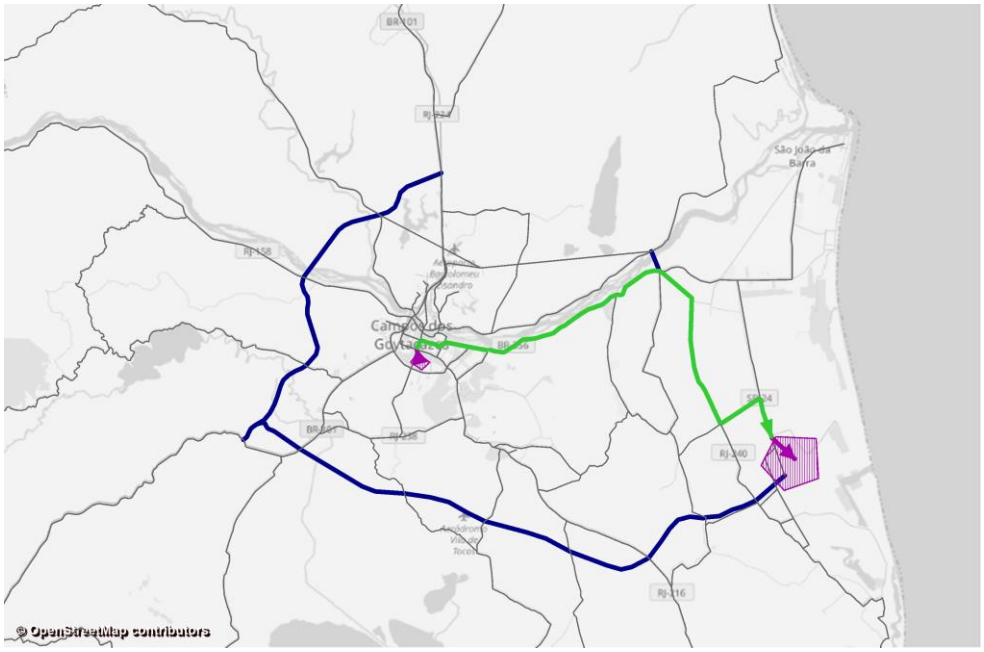


Figura 145 – Rota de Fuga – Zona 52

Fonte: Elaboração própria

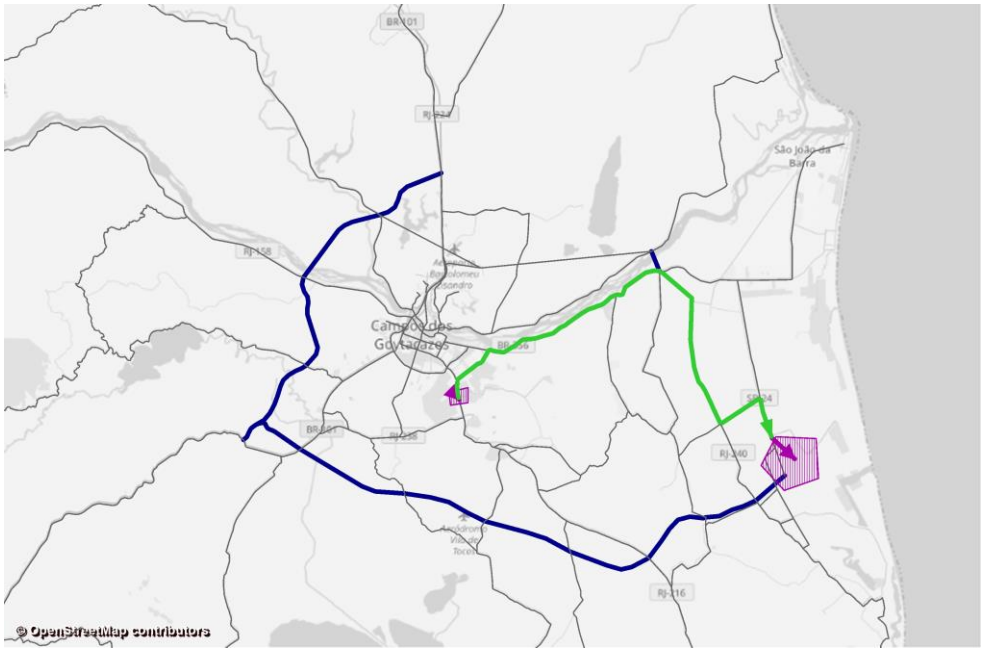


Figura 146 – Rota de Fuga – Zona 53

Fonte: Elaboração própria

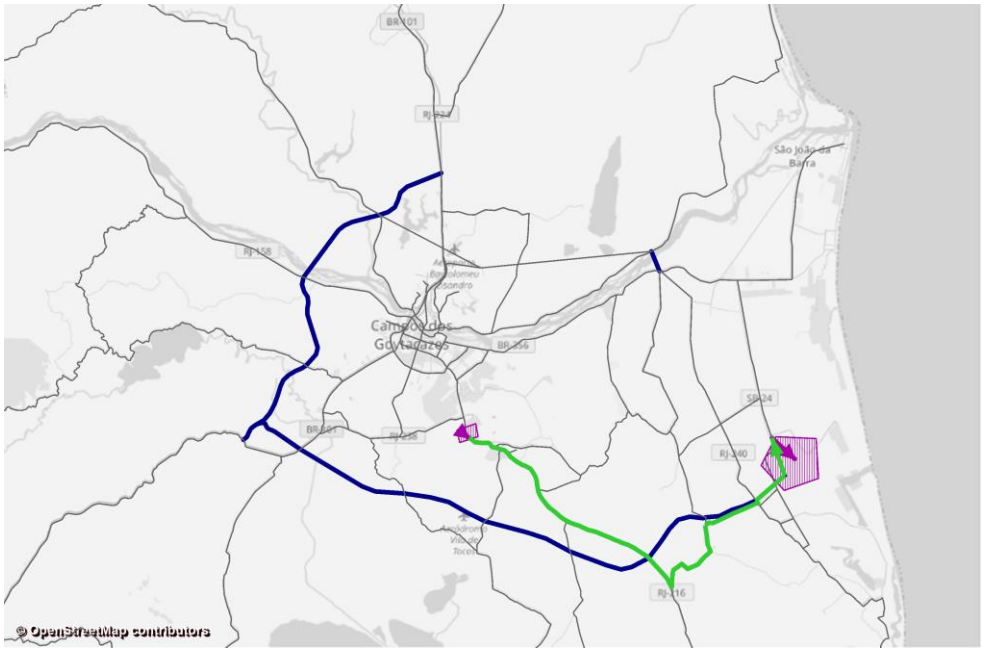


Figura 147 – Rota de Fuga – Zona 54

Fonte: Elaboração própria

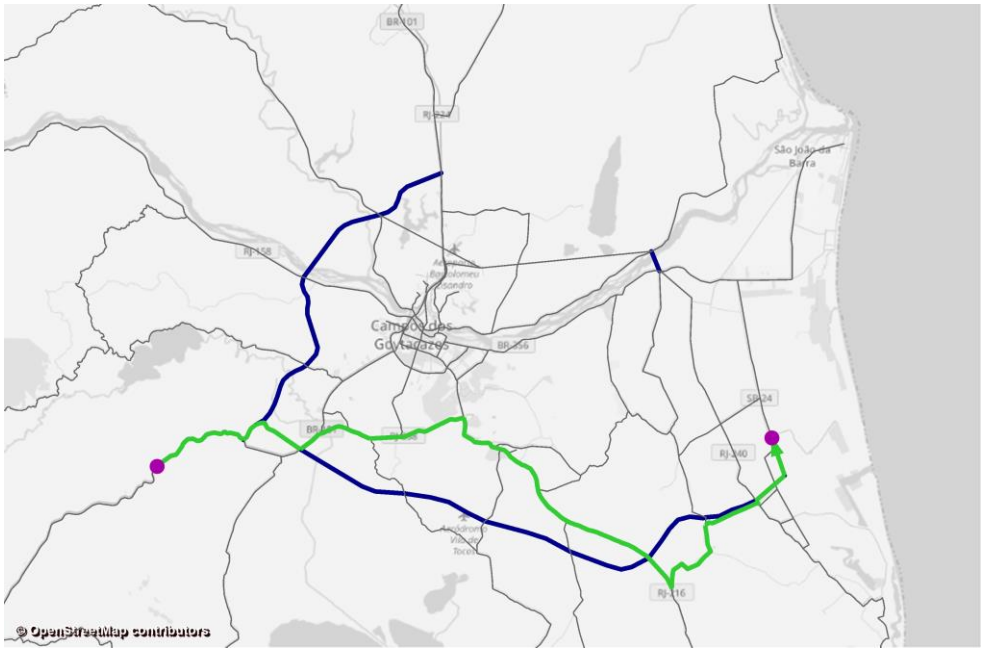


Figura 148 – Rota de Fuga – Zonas ao Sul

Fonte: Elaboração própria

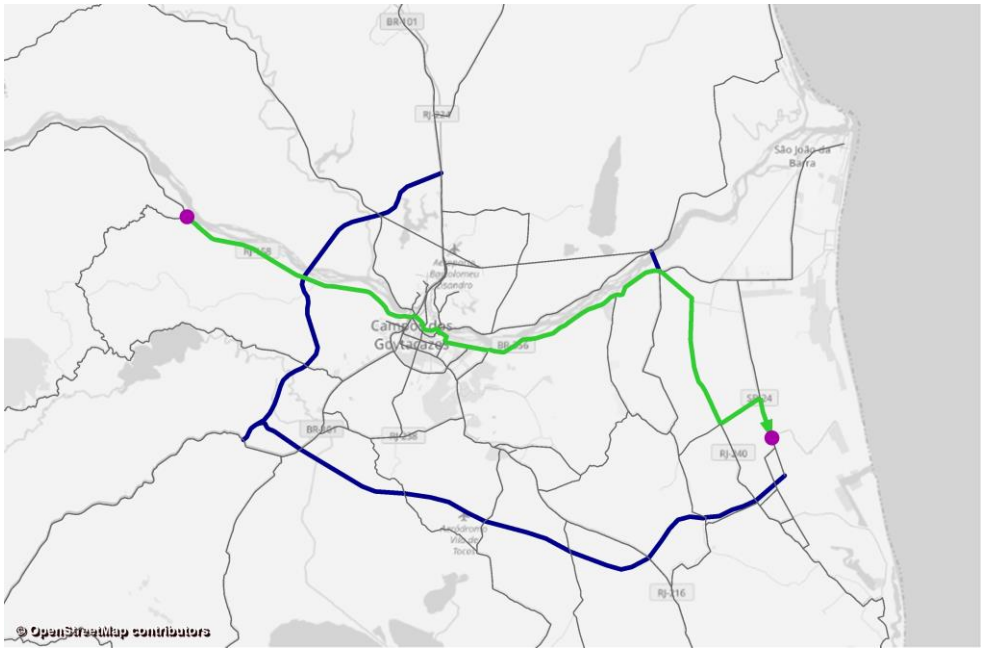


Figura 149 – Rota de Fuga – Zonas ao Sudoeste

Fonte: Elaboração própria

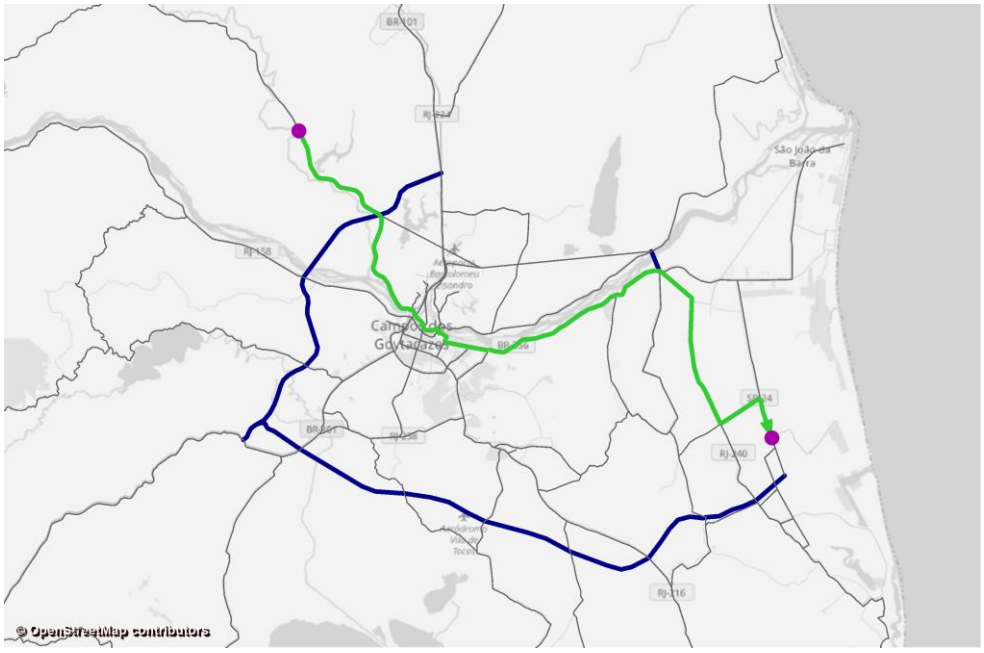


Figura 150 – Rota de Fuga – Zonas ao Noroeste

Fonte: Elaboração própria

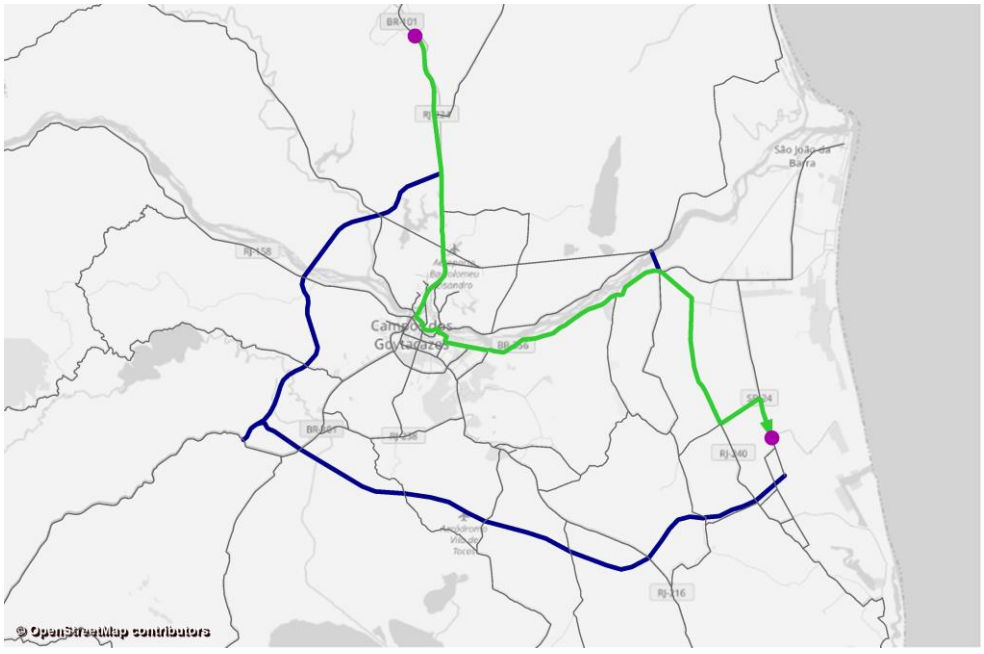


Figura 151 – Rota de Fuga – Zonas ao Norte

Fonte: Elaboração própria