

OS 019

**PLANO DE MOBILIDADE URBANA
Município de Saquarema**

Produto 14: Gestão de Programas e Projetos – Cenários



Sumário

Dados do Contrato	6
Objeto da OS.....	6
1 Introdução.....	8
2 Modelagem da Oferta	8
2.1 Sistema Viário.....	8
2.2 Zoneamento.....	10
3 Modelagem da Demanda	12
3.1 Construção da Matriz OD atual de viagens.....	12
3.1.1 Obtenção da matriz semente inicial.....	12
3.1.2 Preenchimento das lacunas da matriz semente	13
3.1.3 Determinação da matriz OD atual	15
3.1.4 Calibração e validação do modelo	16
3.2 Projeção da Matriz OD de viagens	19
3.2.1 Definições Básicas	19
3.2.2 Procedimento de Projeção.....	20
3.2.3 Distribuição das viagens geradas nos anos-horizonte	29
3.3 Simulação dos Cenários	29
3.3.1 Definições Básicas	29
3.3.2 Premissas das Simulações	30
3.3.3 Cenários Simulados.....	33
4 Resultados	36
4.1 Simulação individual dos projetos	36
4.2 Simulação dos cenários	39
4.2.1 Nada a fazer (Cenários 1 e 2).....	39
4.2.2 Com projetos (Cenários 3 e 4).....	48
5 Considerações Finais.....	58
6 Referências Bibliográficas	59



Índice de Figuras

Figura 1: Rede viária principal utilizada no modelo de transporte (rede modelo).....	8
Figura 2: Tempo de viagem modelado x tempo de viagem observado – em minutos	9
Figura 3: Conexão dos centroides das zonas a rede viária principal (rede modelo) .	10
Figura 4: Rede utilizada na modelagem de transporte	11
Figura 5: Imagem do modelo gravitacional (calibração do modelo)	14
Figura 6: Pontos de contagem volumétrica utilizados na determinação da matriz OD atual	15
Figura 7: Representação esquemática dos conceitos de produção e atração de viagens.	20
Figura 8: Projeção da geração total de viagens no município de Saquarema para os anos-horizonte, considerando as duas tendências de crescimento (moderado e Acelerado)	26
Figura 9: Geração de viagens por zona nos anos horizonte (2024, 2027 e 2032) – tendência moderada de crescimento	27
Figura 10: Geração de viagens por zona nos anos horizonte (2024, 2027 e 2032) – tendência Acelerado de crescimento	28
Figura 11: Função de atraso ($t \times V/C$) – função inicial e função calibrada.....	30
Figura 12: Mapa do percentual de vias com distância maior de 500 metros da rede de transporte público.....	33
Figura 13: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 1	36
Figura 14: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 2.....	36
Figura 15: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 3.....	37
Figura 16: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 4	37
Figura 17: Carregamento da rede – ano base	39
Figura 18: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência moderada), ano 2024.....	41
Figura 19: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência moderada), ano 2027	41
Figura 20: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência moderada), ano 2032.....	41
Figura 21: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência Acelerado), ano 2024.....	42
Figura 22: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência Acelerado), ano 2027.....	42



Figura 23: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência Acelerado), ano 2032.....	42
Figura 18: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2024.....	49
Figura 19: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2027.....	49
Figura 20: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2032.....	49
Figura 21: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2024.....	50
Figura 22: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2027.....	50
Figura 23: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2032.....	50
Figura 18: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2024.....	51
Figura 19: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2027.....	51
Figura 20: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2032.....	51
Figura 21: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2024.....	52
Figura 22: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2027.....	52
Figura 23: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2032.....	52



Índice de Tabelas

Tabela 1: Relação de zonas de tráfego do modelo de transporte	11
Tabela 2: Unidade veículo-padrão	12
Tabela 3: Recorte da matriz semente obtida da pesquisa de mobilidade (em UVP) 13	
Tabela 4: Recorte da matriz semente resultante do modelo gravitacional (em UVP)	15
Tabela 5: Recorte da matriz OD atual utilizada na simulação – pico da tarde (em UVP)	16
Tabela 6: Valores de GEH por ponto de pesquisa e sentido	18
Tabela 7: Resultado geral do teste GEH	18
Tabela 8: Prazos e implantação dos projetos	31
Tabela 9: Premissas relacionadas aos projetos	32
Tabela 10: Volumes de viagens das matrizes OD utilizadas nas simulações com o sem o Sistema Integrado de Transporte (SIT)	33
Tabela 11: Cenários de simulação	34
Tabela 12: Composição dos cenários nos anos-horizonte	35
Tabela 13: Resultados globais das simulações dos projetos	38
Tabela 14: Medidas de velocidade média nos corredores de maior carregamento .40	
Tabela 15: Resultados globais dos cenários 1 e 2 (nada a fazer)	43
Tabela 16: Resultados globais dos cenários 3 e 4 (com projetos)	54



Dados do Contrato

Contrato nº: 006/2022

Concorrência Pública: Nº005/2021

Processo Administrativo Nº7.361/2021

Objeto do Contrato: SERVIÇOS DE CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA APOIO À GESTÃO, CONTEMPLANDO A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS TÉCNICOS, RELATÓRIOS, MODELAGENS E PROJETOS NECESSÁRIOS À IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, GERENCIAMENTO, SUPERVISÃO E ASSESSORAMENTO TÉCNICO DOS PROGRAMAS, PROJETOS E OBRAS DA PREFEITURA MUNICIPAL DE SAQUAREMA, VISANDO O ESTABELECIMENTO DE ALIANÇAS PÚBLICO-PRIVADAS, PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS, CONCESSÕES, OPERAÇÕES URBANAS CONSORCIADAS COM FOCO NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, URBANO E REGIONAL, DO MUNICÍPIO DE SAQUAREMA - RJ.

Objeto da OS

O serviço tem como objetivo a realização do **Plano de Mobilidade Urbana** do município de Saquarema conforme disposições da Lei Federal 12.587/2012 e em conformidade com Plano Diretor Municipal de Desenvolvimento Sustentável, instituído na Lei Complementar 71/2021 e com a Lei Orgânica do Município de Saquarema de 05 de abril de 1990.





Produto 14

Gestão de Programas e Projetos

Cenários

Plano de Mobilidade Urbana de Saquarema.

Saquarema- RJ
Mês Ref. julho 2023



1 Introdução

Este relatório apresenta o modelo de transporte do Plano de Mobilidade de Saquarema elaborado com o objetivo de simular as alternativas de rede e fornecer informações necessárias para avaliar alguns dos projetos propostos no âmbito do plano. Foi construído um modelo macroscópico em ambiente virtual utilizando-se o software Transcad que contou com a rede viária principal de Saquarema, incluindo aproximadamente 255 km de vias, 49 zonas de tráfego, compreendendo os bairros do município e os acessos para os municípios vizinhos. Nos capítulos seguintes descritos os processos de construção do modelo, abordando os aspectos da modelagem da oferta e da demanda, bem os resultados preliminares obtidos. As simulações foram feitas considerando o período de maior carregamento do sistema viário, identificado nas pesquisas de contagem volumétrica classificada (CVC) como sendo entre 17h00 e 18h00.

2 Modelagem da Oferta

2.1 Sistema Viário

A oferta de transporte foi representada pela rede viária principal do município. Como rede principal foram selecionadas as vias classificadas como Arterial e Coletora e as vias por onde trafegam as linhas do transporte coletivo. Ao final foram incluídas na seleção algumas vias que representavam o fechamento de alguns elos visando a continuidade dos principais caminhos interzonais. A Figura 1 mostra a rede principal utilizada no modelo de transporte.

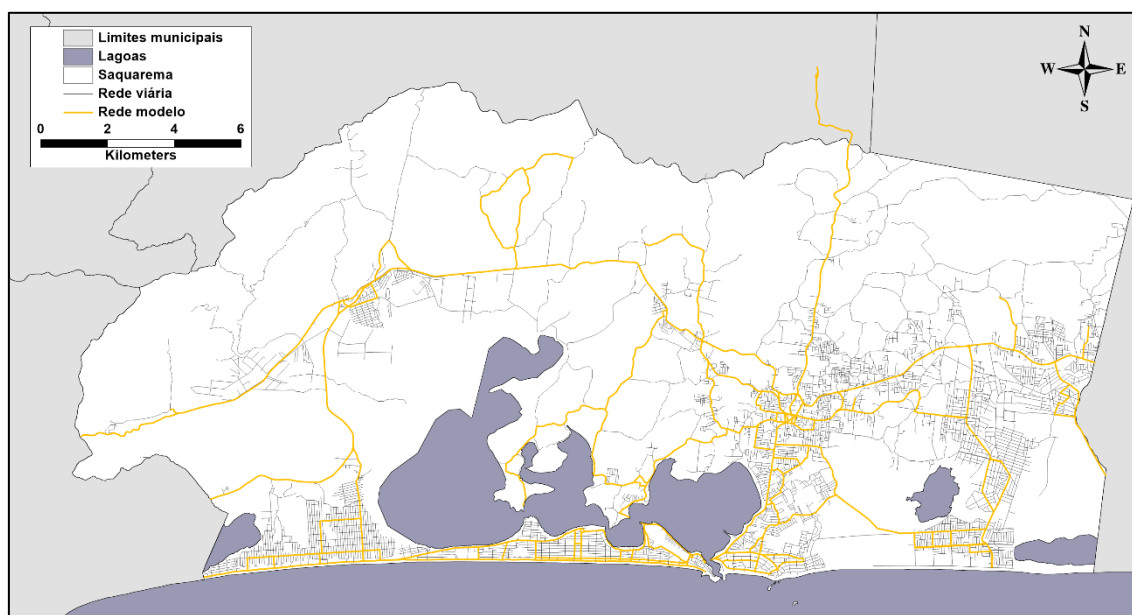


Figura 1: Rede viária principal utilizada no modelo de transporte (rede modelo)

A rede foi configurada com atributos de capacidade e tempo de viagem referente ao período de operação abrangido nas simulações. Para estimar a capacidade efetiva das vias, consideraram-se alguns fatores de correção para a capacidade básica, conforme recomendado pelos manuais de tráfego usuais (HCM, 2010). A capacidade do sistema viário principal foi calculada de acordo com o número de faixas das vias, considerando-se uma capacidade básica total de 1800 veículos/faixa/hora (fluxo de saturação ideal) multiplicada por alguns fatores, como o fator de ajuste devido à largura da faixa de tráfego e o fator de ajuste devido à porcentagem de veículos pesados. As faixas foram medidas pelas ferramentas do Google Earth e o percentual de pesados foram calculados pelas pesquisas de CVC. Posteriormente foram feitos outros ajustes na capacidade provocados pelas interrupções do tráfego nas interseções. Nas vias semaforizadas estimou-se um tempo de verde de 50% do ciclo e nas vias secundárias considerou-se que os veículos podem cruzar o fluxo principal somente nas brechas, correspondente à capacidade ociosa. As velocidades das vias foram levantadas por meio da camada de trânsito do Google Maps que mostra as condições do trânsito local típico de diferentes horários¹.

Depois de inseridos os atributos, as velocidades dos links foram calibradas pelo tempo de viagem entre zonas, medidos pelo API Distance Matrix do Google². O gráfico da Figura 2 mostra o ajuste do tempo de viagem modelado ao tempo de viagem observado (medido). Verifica-se um bom ajuste do modelo quanto aos tempos de viagem, com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,96.

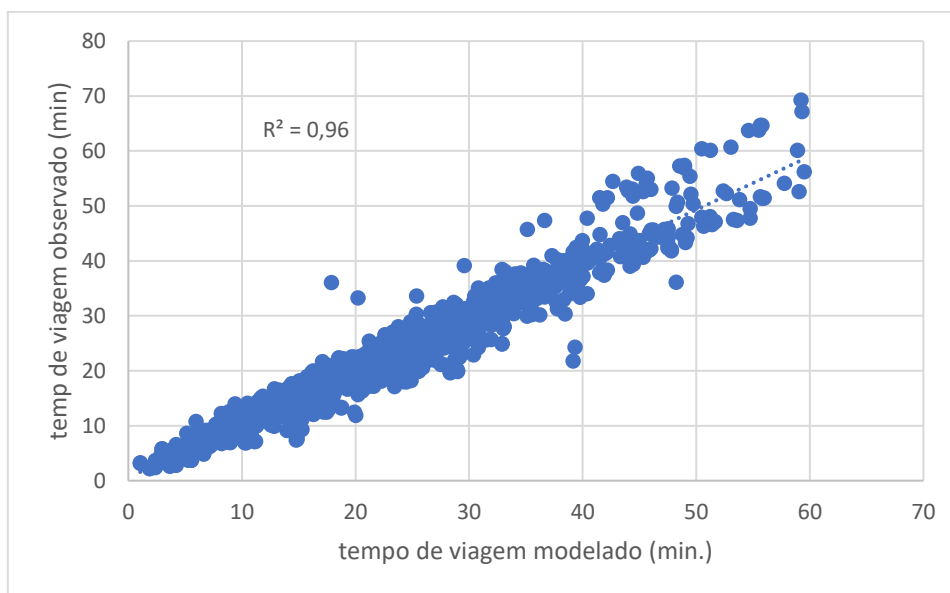


Figura 2: Tempo de viagem modelado x tempo de viagem observado – em minutos

¹<https://support.google.com/maps/answer/3092439?hl=pt-BR&co=GENIE.Platform%3DDesktop#zippy=%2Ctr%C3%A2nsito>

²<https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview?hl=pt-br>



2.2 Zoneamento

A área de estudo foi subdividida em zonas de tráfego, unidades espaciais básicas de análise utilizadas com a finalidade de estabelecer a origem e o destino das viagens. O zoneamento foi elaborado a partir do abairramento do município, divisão utilizada na pesquisa de mobilidade. Cada zona de tráfego foi representada por seu centroide, pontos de concentração das atividades da região. Além dos bairros, foram incluídos três centroides para representar os pontos de entrada e saída de Saquarema nas divisas com os municípios vizinhos de Araruama, Rio Bonito e Maricá. Todos os centroides foram conectados à rede viária no ponto que melhor representasse as vias de acesso de cada zona, por meio de uma ou mais ligações denominadas conectores, como exemplificado na Figura 3.

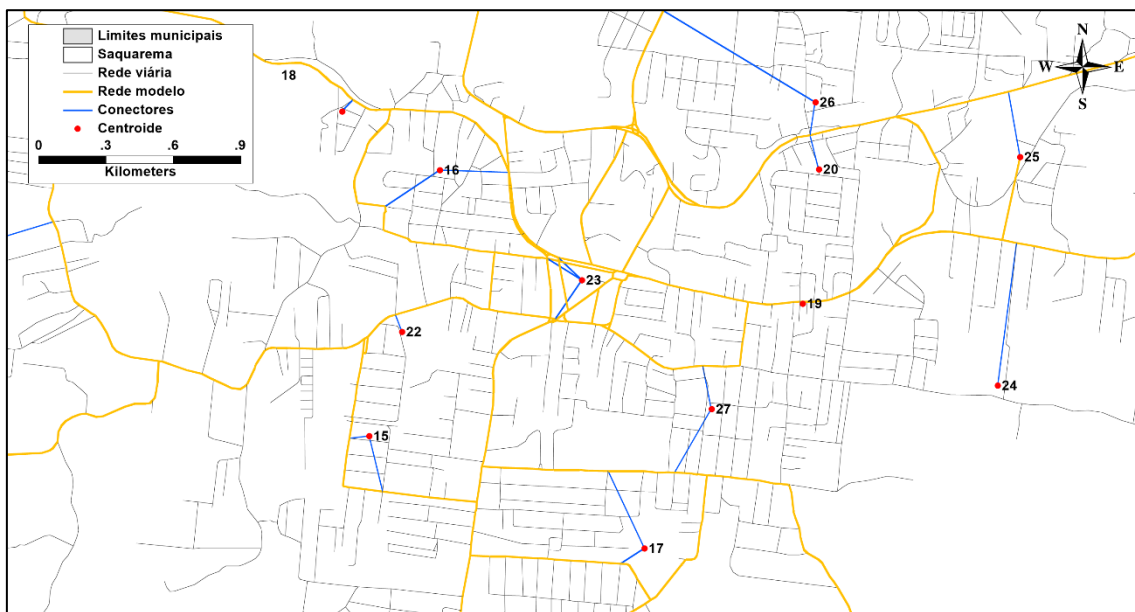


Figura 3: Conexão dos centroides das zonas a rede viária principal (rede modelo)

A rede utilizada na modelagem de transporte é formada por 255 km de vias, 49 centroides e 63 conectores (Figura 4). A Tabela 1 mostra a numeração e o nome das zonas de tráfego do modelo.



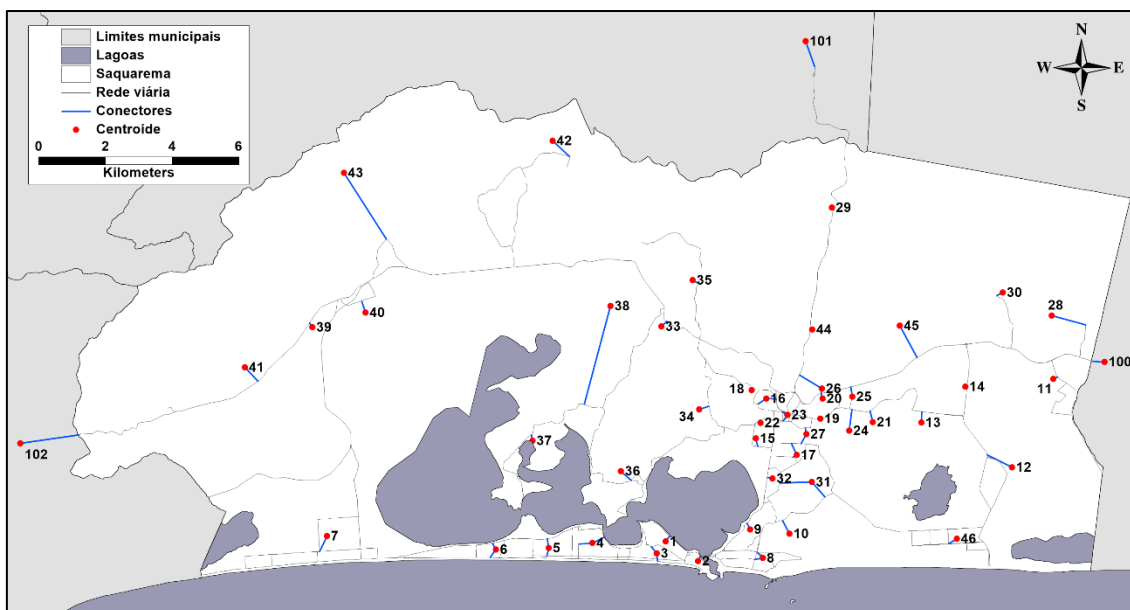


Figura 4: Rede utilizada na modelagem de transporte

Tabela 1: Relação de zonas de tráfego do modelo de transporte

Zona de tráfego	Nome	Zona de tráfego	Nome
1	Areal	26	Retiro
2	Centro	27	Raia
3	Gravatá	28	Engenho Grande
4	Boqueirão	29	Palmital
5	Coqueiral	30	Bicuíba
6	Barra Nova	31	Guarani
7	Jaconé	32	Porto da Roça I
8	Itaúna	33	Alvorada
9	Porto Novo	34	Madressilva
10	Leigos	35	Rio Seco
11	Jardim Ipitangas	36	Jardim
12	Ipitangas	37	Mombaça
13	Comum	38	Morro dos Pregos
14	Água Branca	39	Sampaio Correia
15	Verde Vale	40	Basiléa
16	São Geraldo	41	Serra de Mato Grosso
17	Porto da Roça II	42	Rio Mole
18	Parque Marina	43	Tinguí
19	De Fátima	44	Rio d' Areia
20	Condado de Bacaxá	45	Bonsucesso
21	Caixa d' Água	46	Vilatur
22	Barreira	100	Araruama
23	Bacaxá	101	Rio Bonito
24	Aterrado	102	Marica
25	Asfalto Velho		



3 Modelagem da Demanda

Nesta etapa de trabalho foi aplicado procedimento clássico para planejamento de transportes compreendendo coleta de dados e modelagem sequencial de demanda. Dentre os principais dados coletados utilizados na modelagem da demanda estão os provenientes da pesquisa de mobilidade e os de contagem veicular classificada.

A modelagem sequencial da demanda envolveu o desenvolvimento das seguintes atividades, cujas descrições são apresentadas nas seções deste capítulo:

- Construção da Matriz OD atual de viagens
- Projeção da Matriz OD de viagens
- Simulação dos Cenários

3.1 Construção da Matriz OD atual de viagens

A matriz origem-destino de viagens (matriz OD) foi construída com base na pesquisa de mobilidade feita por meio de entrevistas à população de Saquarema. Os resultados da pesquisa serviram como semente para a determinação da matriz OD atual utilizada nas simulações do ano base. Na construção da matriz OD atual foram desenvolvidas as tarefas de obtenção da matriz semente inicial, preenchimento das lacunas da matriz semente e determinação da matriz OD atual.

3.1.1 Obtenção da matriz semente inicial

As viagens identificadas na pesquisa de mobilidade foram relacionadas às zonas de tráfego de acordo com o os locais de origem e destino respondidos. Assim, para cada viagem foi atribuída uma zona de origem e uma zona de destino conforme numeração apresentada na Tabela 1. As viagens baseadas fora de Saquarema tiveram a zona externa numerada em 100, 101 e 102 conforme o ponto de acesso ao município, Araruama, Rio Bonito e Macaé, respectivamente. As viagens foram convertidas em UVP (unidade veículo-padrão), pelas unidades da Tabela 2.

Tabela 2: Unidade veículo-padrão

Modo	UVP
Carro	1,0
Ônibus	2,5
Bicicleta	0
Moto	0,5
A pé	0
Van fretada	1,0
Moto Táxi	0,5
Outros	0



Em seguida, foram removidas as viagens internas às zonas, por não serem representadas nas simulações e, assim, foi obtida uma matriz semente com 49 linhas e 49 colunas totalizando 267.2888 UVP, conforme mostrado no recorte da Tabela 3.

Tabela 3: Recorte da matriz semente obtida da pesquisa de mobilidade (em UVP)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	Total
1	0	1.659	0	0	0	0	0	0	0	0	...	5.353
2	0	0	0	112	0	60	189	202	0	0	...	5.773
3	0	778	0	108	0	0	0	0	0	0	...	4.598
4	0	379	0	0	0	0	87	0	0	0	...	2.491
5	0	1.100	0	87	0	0	0	0	0	0	...	3.301
6	0	474	0	620	0	0	1.094	145	0	0	...	10.628
7	0	3.585	0	0	0	537	0	1.289	0	215	...	14.167
8	0	3.968	0	409	0	59	175	0	213	0	...	13.257
9	0	457	0	0	0	0	0	0	0	0	...	914
10	0	286	0	0	0	0	0	115	0	0	...	1.090
11	0	453	0	0	0	0	0	0	0	0	...	5.039
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	453
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0
14	0	658	0	0	0	0	265	501	0	0	...	7.350
15	0	616	0	0	0	0	0	67	0	0	...	2.632
...
Total	0	47.380	0	2.918	0	656	7.291	11.264	466	215	...	267.288

3.1.2 Preenchimento das lacunas da matriz semente

Matrizes construídas a partir de pesquisas de campo geralmente apresentam lacunas referentes a pares origem-destinos não respondidos nas entrevistas. Assim, aplicou-se um modelo gravitacional à matriz resultante do processo anterior visando completar todas as combinações de pares.

O modelo gravitacional considera a hipótese de que o número de viagens produzidas pela zona i e atraídas pela zona j é proporcional: ao total de viagens produzidas por i ; ao total de viagens atraídas por j ; e à facilidade de interação entre as zonas i e j . Neste modelo, as viagens entre cada par origem-destino (T_{ij}) são calculadas pela função:

$$V_{ij} = P_i \cdot \frac{A_j \cdot f(d_{ij})}{\sum_{\text{todas as zonas } z} A_z \cdot f(d_{iz})}$$

V_{ij} : viagens produzidas pela zona i e atraídas pela zona j

P_i : total de viagens produzidas pela zona i

A_j : total de viagens atraídas pela zona j



$f(d_{ij})$: fator de fricção entre a zona i e a zona j

d_{ij} : impedância entre a zona i e a zona j

Segundo Caliper (2018), diferentes medidas de impedância podem ser utilizadas para representar a “desutilidade” de viagens entre zonas. Na modelagem de Saquarema foi utilizado o tempo de viagem dirigindo cujos valores foram obtidos da rede modelada.

Uma vez que se tem a matriz de impedância d_{ij} , a matriz do fator de fricção $f(d_{ij})$ que contém o fator de fricção para as viagens entre cada par de zona pode ser gerada. Os fatores de fricção foram calculados pela função apresentada a seguir:

$$f(d_{ij}) = d_{ij}^{-b} \quad b > 0$$

O modelo gravitacional foi aplicado em duas etapas, a primeira de calibração e a segunda de aplicação do modelo. Na etapa de calibração foram calculados o coeficiente b da função $f(d_{ij})$ e a matriz do fator de fricção. O valor de b que melhor se ajustou aos dados do modelo foi 0,0809. A Figura 5 mostra uma imagem da calibração do modelo gravitacional no Transcad.

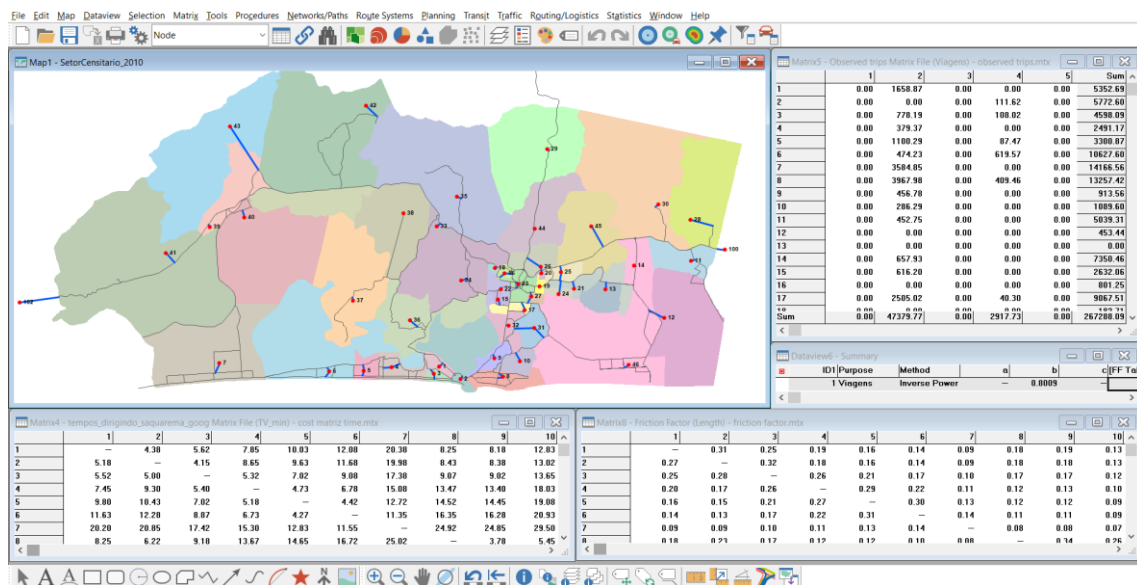


Figura 5: Imagem do modelo gravitacional (calibração do modelo)

Com os dados de atração e produção de viagens por zona, advindos da pesquisa de mobilidade, e com a matriz do fator de fricção pôde-se aplicar o modelo gravitacional. O resultado é a matriz de viagens entre todos os pares de zona, conforme recorte apresentado na Tabela 4.



Tabela 4: Recorte da matriz semente resultante do modelo gravitacional (em UVP)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	Total
1		2.108	0	85	0	15	131	325	12	4	...	5.353
2	0		0	142	0	28	240	576	20	8	...	5.773
3	0	1.717		105	0	17	135	273	10	4	...	4.598
4	0	761	0		0	16	110	145	5	2	...	2.491
5	0	928	0	105		30	168	182	6	3	...	3.301
6	0	2.849	0	297	0		645	580	20	9	...	10.628
7	0	3.407	0	282	0	90		756	27	12	...	14.167
8	0	4.223	0	145	0	31	294		57	23	...	13.257
9	0	253	0	8	0	2	17	90		1	...	914
10	0	260	0	11	0	2	23	103	3		...	1.090
11	0	625	0	34	0	8	100	181	6	3	...	5.039
12	0	73	0	4	0	1	10	23	1	0	...	453
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0
14	0	924	0	49	0	11	143	290	9	6	...	7.350
15	0	365	0	16	0	4	35	101	4	2	...	2.632
...
Total	0	47.395	0	2.919	0	656	7.292	11.266	467	215	...	267.288

3.1.3 Determinação da matriz OD atual

Um dos métodos utilizados para estimar uma matriz OD de viagens busca estimar as viagens entre pares de zonas a partir de contagens de tráfego obtidas em seções da rede viária (Bertoncini, 2007). Grande parte desses métodos utiliza uma matriz inicial, denominada matriz semente que pode ser obtida de uma pesquisa amostral (Abrahamsson, 1998). Sendo assim, este tipo de modelo pode ser utilizado de forma complementar a outros. Os métodos de estimação de viagens a partir de contagens volumétricas implementados no Transcad foram propostos por Nielsen (1998) e são denominados no software como *OD Matrix Estimation*.

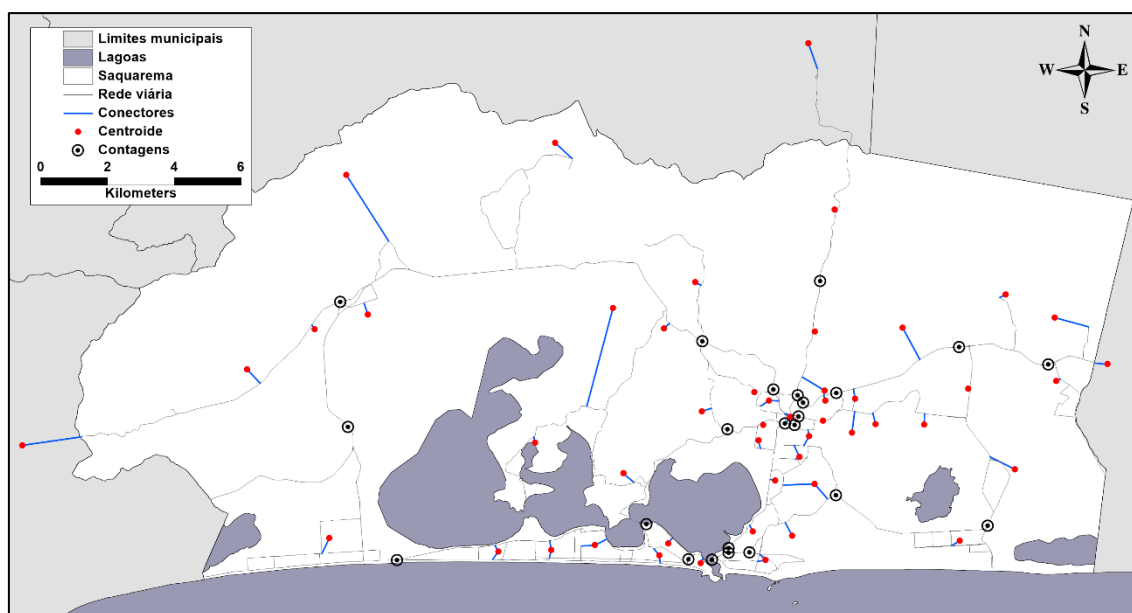


Figura 6: Pontos de contagem volumétrica utilizados na determinação da matriz OD atual

Esse método foi utilizado na determinação da matriz OD atual de viagens de Saquarema. Como semente foi utilizada a matriz resultante do modelo gravitacional e como contagem foram utilizados 24 pontos das pesquisas de campo (Figura 6) com os volumes do período das 17h00 às 18h00 para representar o pico da tarde em que o sistema viário é mais solicitado. Como resultado obteve-se uma matriz OD com 6.810 viagens

Tabela 5: Recorte da matriz OD atual utilizada na simulação – pico da tarde (em UVP)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	Total
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	...	6
2	45	0	3	1	1	4	59	92	6	6	...	914
3	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	...	10
4	41	54	3	0	5	7	30	5	0	0	...	199
5	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	...	8
6	1	10	0	0	0	0	10	1	0	0	...	32
7	6	51	7	5	9	35	0	13	1	1	...	231
8	22	45	4	2	2	8	26	0	132	4	...	425
9	1	1	0	0	0	0	1	62	0	0	...	73
10	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	...	5
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	7
12	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	...	21
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	22
14	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	...	70
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	5
...
Total	217	431	53	33	49	159	266	320	150	24	...	6.810

3.1.4 Calibração e validação do modelo

A validação do modelo foi feita pela comparação entre os volumes observados – coletados por meio da pesquisa de Contagem Volumétrica Classificada – e modelados – resultantes da alocação da matriz OD na rede. A ferramenta utilizada para avaliar a semelhança entre as variáveis foi o teste GEH, que leva o nome de seu desenvolvedor Geoffrey E. Havers.

O GEH é uma fórmula utilizada em engenharia de tráfego para comparar dois conjuntos de demanda. Consiste em uma forma do teste estatístico qui-quadrado que, segundo Chaudhry e Ranjitkar (2009), foi desenvolvida para ser tolerante às maiores diferenças em baixos fluxos e segue a seguinte forma:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(D_m - D_r)^2}{(D_m + D_r)}}$$

Onde: D_m = demanda modelada

D_r = demanda real (observada)

Os valores recomendados do GEH são os seguintes:

- Pelo menos 60% das linhas devem ter GEH menor que 5;



- Pelo menos 95% das linhas devem ter GEH menor que 10;
- Todas as linhas devem ter GEH menor que 12.

Os resultados do teste GEH aplicados à rede de Saquarema mostra que o modelo foi validado. A Tabela 6 mostra o valor do GEH por ponto de pesquisa e por sentido e a Tabela 7 mostra o resultado geral do teste.



Tabela 6: Valores de GEH por ponto de pesquisa e sentido

Trecho	Via	Sentido	Volume observado	Volume modelado	GEH
7486	RJ-106 (trecho central)	1	502	634	5,56
7896	RJ-118	1	105	106	0,06
7363	RJ-106 (trecho oeste)	1	104	163	5,11
3635	Av. Av. Beira Mar	1	290	266	1,43
657	Rua Coronel Catarino	1	122	122	0,02
4219	Av. Saquarema	1	547	551	0,16
7448	Av. Saquarema	1	694	675	0,73
2093	Av. Vila Mar	1	42	96	6,49
8284	Av. Vila Mar	1	149	96	4,80
7086	Rua Capitao Nunes	1	222	222	0,00
6925	RJ-106 (trecho oeste)	1	392	369	1,18
5995	Av. Saquarema	1	643	652	0,34
8584	Rua Beatriz Amaral Pereira	1	258	258	0,01
7463	Centro	1	234	233	0,04
8443	Centro	1	372	371	0,03
6373	RJ-106 (trecho oeste)	1	383	369	0,73
4584	Estrada dos Cajueiros	1	76	75	0,17
7988	RJ-106 (trecho central)	1	806	634	6,39
6281	RJ-106 (trecho leste)	1	661	671	0,38
5045	Av. Nova Saquarema	1	64	60	0,45
6840	RJ-106 (trecho leste)	1	646	752	4,01
8026	Est. Latino Melo	1	139	185	3,65
6643	RJ-106 (trecho leste)	1	469	491	1,00
8005	RJ-106 (trecho leste)	1	621	549	2,96
7896	RJ-118	2	117	119	0,23
7363	RJ-106 (trecho oeste)	2	266	244	1,40
3635	Av. Beira Mar	2	217	217	0,03
657	Rua Coronel Catarino	2	240	241	0,07
4219	Av. Saquarema	2	619	645	1,02
7448	Av. Saquarema	2	685	655	1,17
2093	Av. Vila Mar	2	79	154	6,91
8284	Av. Vila Mar	2	234	154	5,78
7086	Rua Capitao Nunes	2	166	166	0,01
6925	RJ-106 (trecho oeste)	2	338	383	2,39
5995	Av. Saquarema	2	621	617	0,15
8584	Rua Beatriz Amaral Pereira	2	365	362	0,17
6373	RJ-106 (trecho oeste)	2	403	383	0,99
4584	Estrada dos Cajueiros	2	55	56	0,10
6281	RJ-106 (trecho leste)	2	855	787	2,37
5045	Av. Nova Saquarema	2	100	110	0,97
6840	RJ-106 (trecho leste)	2	504	505	0,06
8026	Est. Latino Melo	2	195	196	0,04

Tabela 7: Resultado geral do teste GEH

Valores GEH	GEH<5	GEH<10	GEH<12
Recomendado	60%	90%	100%
Calculado	90%	100%	100%
Resultado	OK	OK	OK



3.2 Projeção da Matriz OD de viagens

Esta seção trata da projeção da geração de viagens no município de Saquarema para os anos-horizonte do Plano de Mobilidade, o que inclui tanto as viagens que são produzidas no interior do município quanto as viagens cuja origem está em outras partes, como, por exemplo, nos municípios vizinhos de Maricá, Araruama e Rio Bonito. Os anos-horizonte foram definidos em 2, 5 e 10 anos, correspondendo às ações de curto, médio e longo prazos, respectivamente.

Assim, esta seção desdobra-se em dois itens. Primeiro, o Item 3.2.1 contém alguns conceitos básicos, para que então o Item 3.2.2 trate do procedimento metodológico para estimar a quantidade de viagens que será produzida no futuro, tomando o cuidado de fazer isso com base em cenários plausíveis, dada a incerteza associada a esse tipo de exercício. Enfim, apresentam-se os resultados preliminares obtidos até o momento no Item 1.3.

3.2.1 Definições Básicas

Antes de tratar diretamente da projeção da demanda, ou da geração de viagens é necessário estabelecer algumas definições e conceitos que estarão presentes ao longo de todas as análises, o que é feito a partir de Ortúzar e Willumsem (2011, p. 140):

- **Viagem:** movimento unidirecional de um ponto de origem até um ponto de destino;
- **Viagem de base domiciliar** (*home-based trip*, **HB**): viagem na qual o domicílio está em uma das pontas da viagem;
- **Viagem de base não-domiciliar** (*non-home-based trip*, **NHB**): viagem em que nenhuma das pontas é o domicílio do viajante;
- **Produção de viagens:** ponta domiciliar de uma viagem HB ou a origem de uma viagem NHB, conforme Figura 2.35.
- **Atração de viagens:** ponta não residencial de uma viagem HB ou o destino de uma viagem NHB; e
- **Geração de viagens:** total de viagens geradas por um domicílio numa zona, sejam elas HB ou NHB.



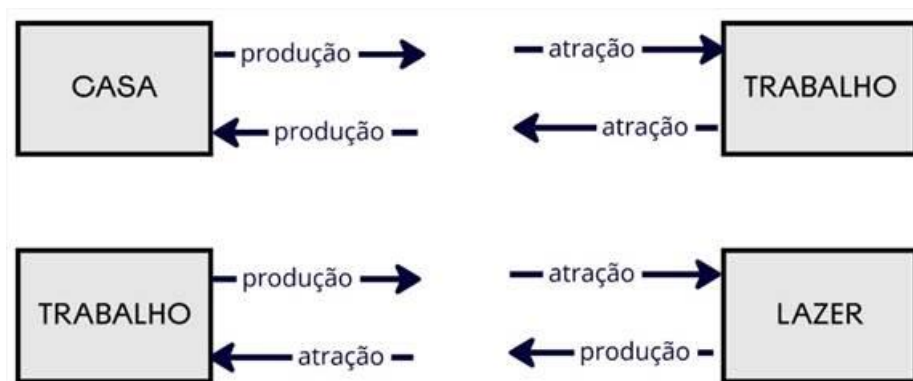


Figura 7: Representação esquemática dos conceitos de produção e atração de viagens.

Fonte: Ortúzar e Willumsen (2011).

Os modelos de transportes cujo objetivo é a modelagem da demanda e do padrão de viagens costumam estar preocupados com a geração de viagens: a geração é o resultado da maioria dos modelos e, assim, restaria alocar as viagens NHB a outras zonas, incorporando-as nas viagens lá produzidas.

Nesse contexto, é evidente que há uma conexão estreita entre a população de cada zona de tráfego e as viagens geradas. De fato, há outros fatores intervenientes que influenciam nessa relação, mas modelos simplificados podem fazer — e têm feito — essa relação direta, como é o caso, por exemplo, do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Niterói (PMUS/Niterói) e do PDTU/RMRJ.

Os detalhes do procedimento utilizado em Saquarema divergem um pouco do que foi utilizado naqueles documentos, mas as premissas e ideias gerais se mantêm. Os detalhes constam a seguir, no Item 3.2.2.

3.2.2 Procedimento de Projeção

A premissa básica do modelo é semelhante ao que foi feito no Relatório 2 do PMUS/Niterói: assume-se que a produção de viagens cresce proporcionalmente à população de cada zona de tráfego. Nesse caso, o do PMUS/Niterói, foi feito um estudo específico para se chegar às taxas de crescimento populacional de cada zona de tráfego. Aqui, parte-se do nível do município para que, então, se chegue ao nível básico da zona de tráfego, tomando como principal insumos dados referentes aos Censos Demográficos de 2010 e 2022.

O primeiro passo envolve fazer uso dos dados populacionais de 2022 já divulgados pelo IBGE. Os resultados completos do último Censo, a nível de setor censitário ainda não estão disponíveis, mas já há dados consolidados de população total do município e da taxa média estimada de crescimento da última década. Assim, tanto para Saquarema quanto para os demais municípios da área de influência — Rio Bonito, Maricá e Araruama —, adota-se a premissa de que as viagens totais irão crescer de acordo com a taxa média de crescimento verificada na última década:



entende-se que como o horizonte de projeto é relativamente curto, não haveria grandes problemas com essa premissa.

No caso de Saquarema em si, contudo, é importante fazer uma verificação mais minuciosa e desagregada, isto é, é importante avaliar mais de um cenário e, ainda, examinar o crescimento diferencial entre as diferentes partes do território do município.

Em termos de cenários, serão testados dois. O primeiro consistiria em um crescimento moderado, que assume que o município crescerá às taxas verificadas pelo IBGE na última década. O segundo, Acelerado, assume que a cidade irá crescer de forma mais acelerada, tal como o município vizinho, Maricá. Isso porque o petróleo passou a ter uma centralidade na economia do município mais recentemente, em relação à Maricá, de maneira que é razoável supor que possa haver um *boom* similar de crescimento na próxima década. Posto isso, pode-se tratar, a seguir, do crescimento diferencial no espaço intra-urbano do município.

A melhor forma de fazer isso seria verificar o crescimento dos setores censitários do município e, daí, assumir que essa tendência se manterá ao longo da próxima década, tal como foi descrito anteriormente para os fluxos totais de viagens no município. Contudo, como já dito, essa informação ainda não está disponível. A saída encontrada, então, utiliza, como ponto de partida, a base de faces de logradouros do IBGE³.

Dito de forma simples, essa base georreferenciada contém, para cada setor censitário, a localização e a quantidade de endereços ali presentes. Com efeito, ao comparar os dados de 2010 com os dados da última edição, de 2021, é possível verificar as áreas em que houve um maior crescimento de residências e de estabelecimentos outros, o que por extensão permite inferir quais seriam as porções do município em que há uma maior tendência de expansão urbana.

Dessa forma, seria possível estimar, para cada uma das zonas do Plano Diretor, quais foram as taxas médias de crescimento anual da última década e, de posse desses valores, partir-se-ia da premissa de que essas taxas permaneceriam constantes ao longo dos anos-horizonte. De fato, essas taxas dizem respeito ao crescimento da quantidade de logradouros, não da população, mas, no contexto, esse poderia ser um *proxy* razoável. No entanto, uma investigação mais demorada revelou alguns empecilhos a essa correspondência. Especificamente, houve três problemas que impediram utilizar esse *proxy* diretamente, problemas esses oriundos, ao que tudo indica, de imperfeições que o próprio IBGE reconhece⁴.

Primeiro, em alguns casos, houve variações negativas na quantidade de faces de logradouros. Essas situações foram pontuais, mas poderiam distorcer um pouco os

³ Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/28971-base-de-faces-de-logradouros-do-brasil.html?=&t=sobre>

⁴ Ver https://bit.ly/base_logradouros_ibge



resultados em algumas áreas. Segundo, havia casos em que o crescimento entre os anos era perfeitamente plausível, mas a contagem inicial era pequena, o que faz com que mesmo as menores variações absolutas resultem em taxas de crescimento violentas. Por exemplo, se em 2010 havia 5 logradouros e, em 2021, 30, isso representa uma taxa de variação de 200%. Terceiro, houve casos em que a quantidade de logradouros cresceu de 0 para um valor bastante elevado entre os anos comparados, ao mesmo tempo que há regiões onde não haveria logradouros, mas onde os dados do Censo demográfico indicam que há população residente. Esses problemas, individualmente e, sobretudo em conjunto, poderiam gerar distorções, caso a base de logradouros tivesse sido utilizada diretamente.

Assim, a saída adotada envolveu identificar e descartar as anomalias e, logo após, analisar a distribuição de taxas de crescimento de logradouros no município, a fim de selecionar, *ad hoc*, taxas de crescimento que fossem compatíveis com a realidade do município e que, ao mesmo tempo, também fossem compatíveis com as prescrições do Plano Diretor.

O Plano Diretor de Saquarema apresenta prescrições específicas para cada uma das macrozonas em que se divide o município. Dentre essas prescrições estão diretrizes a respeito dos limites construtivos de cada local. Para os fins deste relatório, o enfoque está nos objetivos de cada macrozona, por um lado, e no coeficiente de aproveitamento, por outro. Primeiro, serão discutidos os objetivos de cada macrozona, fazendo a ligação com a questão das taxas de crescimento no município, dando-se assim um fecho a esse assunto. Mais à frente, em momento oportuno, tratar-se-á do coeficiente de aproveitamento, no contexto da alocação do crescimento populacional por quadra da cidade.

Há cinco tipos de macrozonas, cujos objetivos são abordados no Capítulo II do Plano Diretor:

- Macrozonas urbanas: têm por característica a diversidade de usos, **com maior densidade, alta ocupação de usos residenciais, de comércio, de serviços e de instituições;**
- Macrozonas de expansão urbana: áreas que visam a uma progressiva ocupação, mas que **devem ter seu adensamento mantido a níveis intermediários;**
- Macrozonas rururbanas: espaços de amortização onde coexistem usos rurais e urbanos, as quais **devem controlar tendências de crescimento urbano a longo prazo;**
- Macrozonas rurais: **áreas não urbanizáveis**, destinadas a atividades rurais, predominantemente; e
- Macrozonas ambientais: espaços cuja **ocupação deve ser controlada e vinculada aos planos de manejo existentes.**

A partir desses direcionamentos, é possível inferir que, se seguido o Plano Diretor, as macrozonas acima listadas estão ordenadas de acordo com o tanto de crescimento urbano elas devem conter nos anos-horizonte. Isto é, a maior parte do crescimento



populacional do município deve ser absorvido pelas macrozonas urbanas, logo em seguida, uma parte menor será absorvida pelas macrozonas de expansão urbana e assim por diante, até chegar nas macrozonas ambientais, as quais absorverão a menor parte do crescimento populacional. Nesse contexto, resta um último esclarecimento.

Apenas a utilização de taxas de crescimento *ad hoc*, conforme discussão anterior, geraria uma inconsistência importante: os totais populacionais de cada macrozona, a qualquer tempo, não seriam iguais à população total de Saquarema, o que exige um mecanismo que imponha essa restrição.

Assim, para garantir essa restrição utiliza-se método AiBi, conforme descrito pelo IBGE na nota metodológica das Estimativas da População: 2021. Sinteticamente, a ideia consiste em assumir que as tendências de crescimento de uma área continuarão ao longo dos próximos anos, mas isso é feito a partir de um sistema de equações⁵ que garante que o somatório das populações da área menor seja igual à população da área maior que as contém.

Isso ainda tem a vantagem de submeter o crescimento intra-municipais à população do município como um todo, o que é bom porque o total municipal de habitantes deriva do último Censo demográfico, assim revestindo esse dado com importante confiabilidade.

Posto isso, está posto o contingente populacional de cada uma das macrozonas do Plano Diretor. É necessário, então, descrever o processo que aloca a população de cada uma dessas macrozonas nas suas zonas de tráfego constituintes.

A alocação da população nas zonas de tráfego utiliza um modelo simplificado que assume que a probabilidade de um indivíduo se estabelecer em uma dada localização é proporcional à acessibilidade do lugar. Acessibilidade aqui é usada para se referir aos locais em que há mais condições de alcançar o restante da aglomeração urbana. Há toda uma argumentação a respeito de cidades serem invenções humanas cujo objetivo é potencializar as possibilidades de interação, mas outros documentos são recomendados para esse tipo de discussão (p. ex., Fujita et al., 2001; Netto, 2016).

Nesse sentido, entendemos que a probabilidade de alguma pessoa se localizar no território da cidade será tanto maior quanto maior for uma medida cumulativa, ativa de acessibilidade, o que aqui diz respeito ao número de pessoas da cidade que são acessíveis em determinado tempo de viagem. Esse tempo aqui será tomado como se de uma hora.

Isso acaba por direcionar o crescimento populacional, simultaneamente, para locais já ocupados e não muito distantes das vias de grande circulação. Dessa forma, também, mesmo que indiretamente, serão seguidas algumas das premissas do

⁵ Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101849.pdf>



Plano Diretor, no que diz respeito a evitar o espraiamento exagerado e de priorizar regiões não muito em que não haja precariedade nos sistemas de mobilidade urbana. É evidente, portanto, que a validade das projeções aqui contidas depende de um esforço da administração pública no sentido de fazer valer as diretrizes do Plano Diretor.

Um ponto importante é que o mecanismo de projeção populacional tem a ele embutido um fator aleatório, dado que esse tipo de decisão locacional não é tão determinístico. Em outras palavras, embora haja a premissa de que há tendência de pessoas e firmas se aglomerarem no ambiente urbano, essa decisão nem sempre é seguida. Nesse sentido, acabamos por emular *rudimentos* do modelo básico descrito em White et al. (2015).

Portanto, a cada ano ao longo dos anos-horizonte, calcula-se o acréscimo populacional que cada macrozona deve abarcar. Esse contingente é então alocado nos setores censitários de cada bairro, de acordo com os processos descritos acima.

No entanto, é importante, mais uma vez acrescentar uma camada de restrições no modelo. Caso os processos acima fossem executados indiscriminadamente, é possível que alguns setores começassem a receber população quando ali não mais coubesse ninguém. Portanto, é preciso uma estimativa do espaço disponível para abrigar mais munícipes, o que irá depender da população que atualmente reside em cada setor e do tamanho médio estimado de uma residência.

A área total ocupável de cada setor censitário foi obtida a partir processos e operações em softwares de análise espacial. Aqui houve três principais bases espaciais de dados: a malha de setores censitários do IBGE, a mancha urbana atual e a malha viária. A partir da sobreposição dessas três camadas foi possível obter o recorte aproximado dos quarteirões e o setor censitário ao qual eles pertencem. Paralelamente, com os dados dos Censos Demográficos é possível, então, identificar quantos domicílios existem em cada uma dessas quadras.

Posto isso, adota-se um valor plausível para o tamanho médio de uma residência em Saquarema, a fim de estimar o quanto da área total disponível para construir já está ocupada. Esse valor foi retirado de pesquisa da Fipe⁶, a qual estimou que o tamanho médio de uma residência que pode ser financiada no Estado do Rio de Janeiro, com base na renda das famílias, é de 66,9 m².

Dessa forma, uma vez que, eventualmente, alguma quadra chegue no seu limite de ocupação, ela deixa de estar sujeita à alocação de mais pessoas e o modelo irá preferir outras localizações.

Esse processo é repetido em cada um dos anos-horizonte, ou seja, a cada ano, calcula-se a variação populacional de cada macrozona e aloca-se essa variação de acordo com os procedimentos antepostos. Também em cada ano, novamente

⁶ Disponível em https://bit.ly/affordability_fipe



com o uso de ferramentas de geoprocessamento, imputam-se os crescimentos de cada quadra nas zonas de tráfego que as contém, de maneira que assim se tem a série de população de cada zona de tráfego ao longo dos anos de projeto.

Em seguida, por fim, adota-se a premissa de que o crescimento das viagens ali produzidas acontecerá de forma diretamente proporcional ao da população. Por exemplo, se dobra a população em dada zona, dobram as viagens ali produzidas.

Nesse ponto, cabe uma nota a respeito da informalidade. O Brasil tem um grande volume do que se chama economia subterrânea, a qual pode ser estimada, mas isso não pode ser feito com muita acurácia, especialmente em níveis mais espacialmente desagregados. Em todo caso, há evidências —de outras cidades, é verdade— no sentido de que existe uma forte correlação entre as localizações dos postos de trabalho formal e as dos postos informais (Pereira et al., 2019). Portanto, a discussão acima ainda seria válida (ver também Fujita et al., 2001; Sevtsuk, 2017).

As considerações acima dizem respeito à produção de viagens no município de Saquarema. Contudo, cabem algumas considerações finais a respeito da atração de viagens. Nesse contexto, é preciso estabelecer a noção de que os grandes centros atratores de viagem —polos de comércio e emprego, p. ex.— tendem a se aglomerar nas localizações de maior acessibilidade — locais em que há uma grande oferta de diferentes modos (p. ex., Levinson e King, 2019; Villaça, 2017). Assim, na ausência de grandes intervenções, não haveria grandes transformações na estrutura dos grandes centros e subcentros da cidade. Até porque as estruturas urbanas estão sujeitas a uma inércia espacial relevante.

Contudo, manutenção de estrutura relativa entre os centros de atração de viagens não quer dizer que os valores absolutos de emprego sejam constantes. De fato, haverá variações que dependem da interrealização de fatores diversos, desde questões locais, tais como incentivos fiscais e segurança pública, a questões mais macroeconômicas e mudanças tecnológicas. Assim, assume-se que os centros e subcentros irão acompanhar o crescimento da população da cidade como um todo, mas de forma a manter a estrutura. Isto é, se o centro de Bacaxá é duas vezes maior que o de Itaúna, hipoteticamente, ele será mantido assim. Se não fosse feito assim, correr-se-ia o risco de inflar algum subcentro local, de maneira que ele passasse a rivalizar com o centro principal de Bacaxá, o que é um resultado ousado para uma cidade do porte de Saquarema, que tende a ter uma dominância explícita de um único centro (Bertaud, 2018; Fujita et al., 2001).

Assim, para o caso da atração de viagens, está construído um cenário básico, o qual é válido principalmente na inexistência de grandes intervenções urbanas. Esse cenário básico será base de comparação para os resultados do modelo computacional que irá simular os impactos das intervenções previstas no âmbito do Plano de Mobilidade do município.



As viagens totais obtidas dos procedimentos metodológicos do Item 1.2 estão resumidas na Figura 8, que mostra as séries de crescimento tanto para o cenário moderado quanto para o cenário Acelerado.

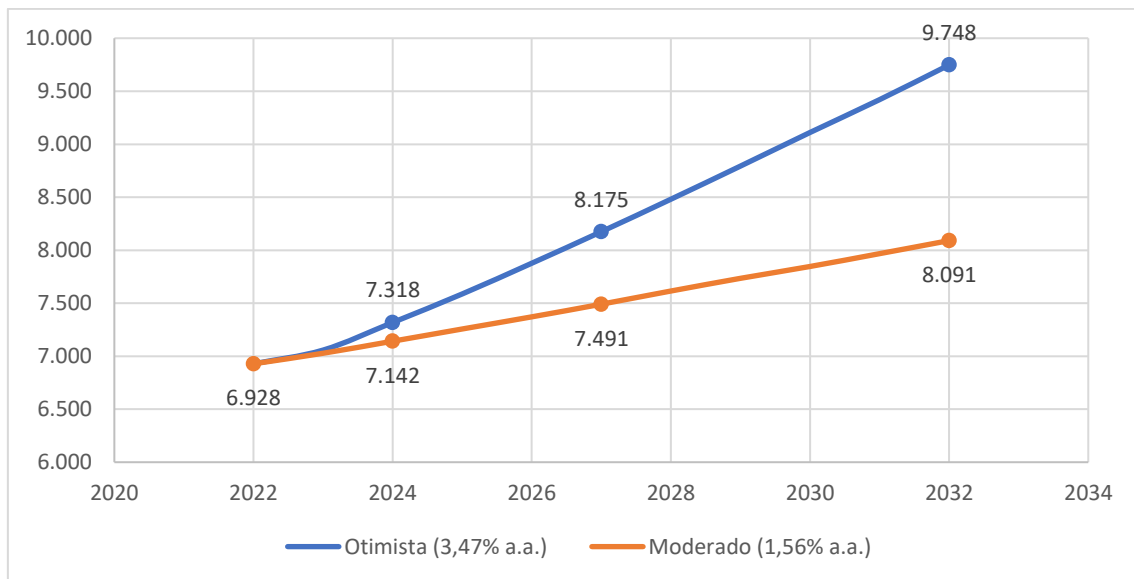


Figura 8: Projeção da geração total de viagens no município de Saquarema para os anos-horizonte, considerando as duas tendências de crescimento (moderado e Acelerado).

O detalhamento desses resultados no nível das zonas de tráfego é apresentado nos mapas das figuras abaixo que mostram o crescimento percentual da demanda de viagens de cada ano-horizonte (2024, 2027 e 2032) em relação ao ano base (2022) para as duas tendências analisadas, moderado (Figura 9) e Acelerado (Figura 10).



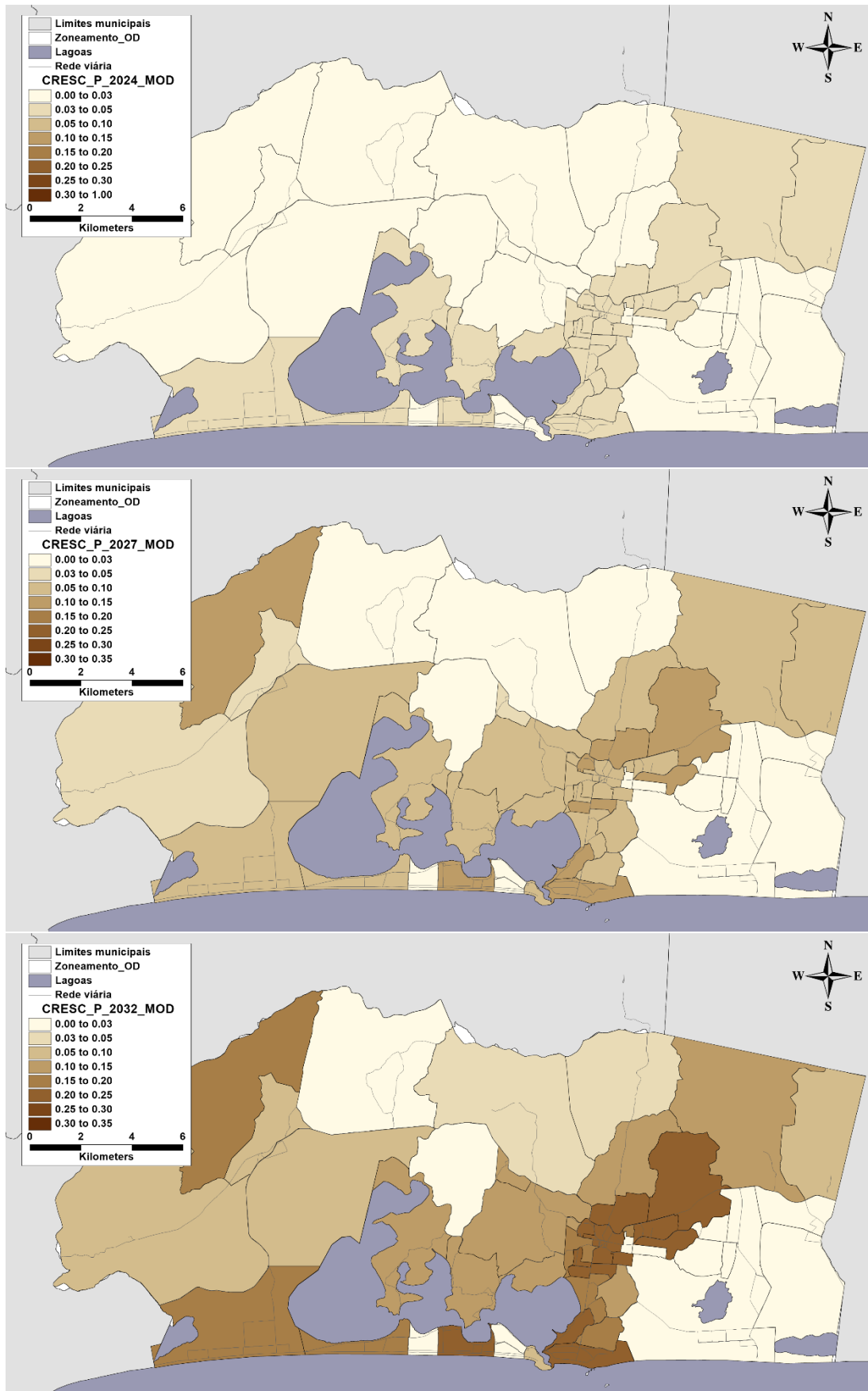


Figura 9: Geração de viagens por zona nos anos horizonte (2024, 2027 e 2032) – tendência moderada de crescimento



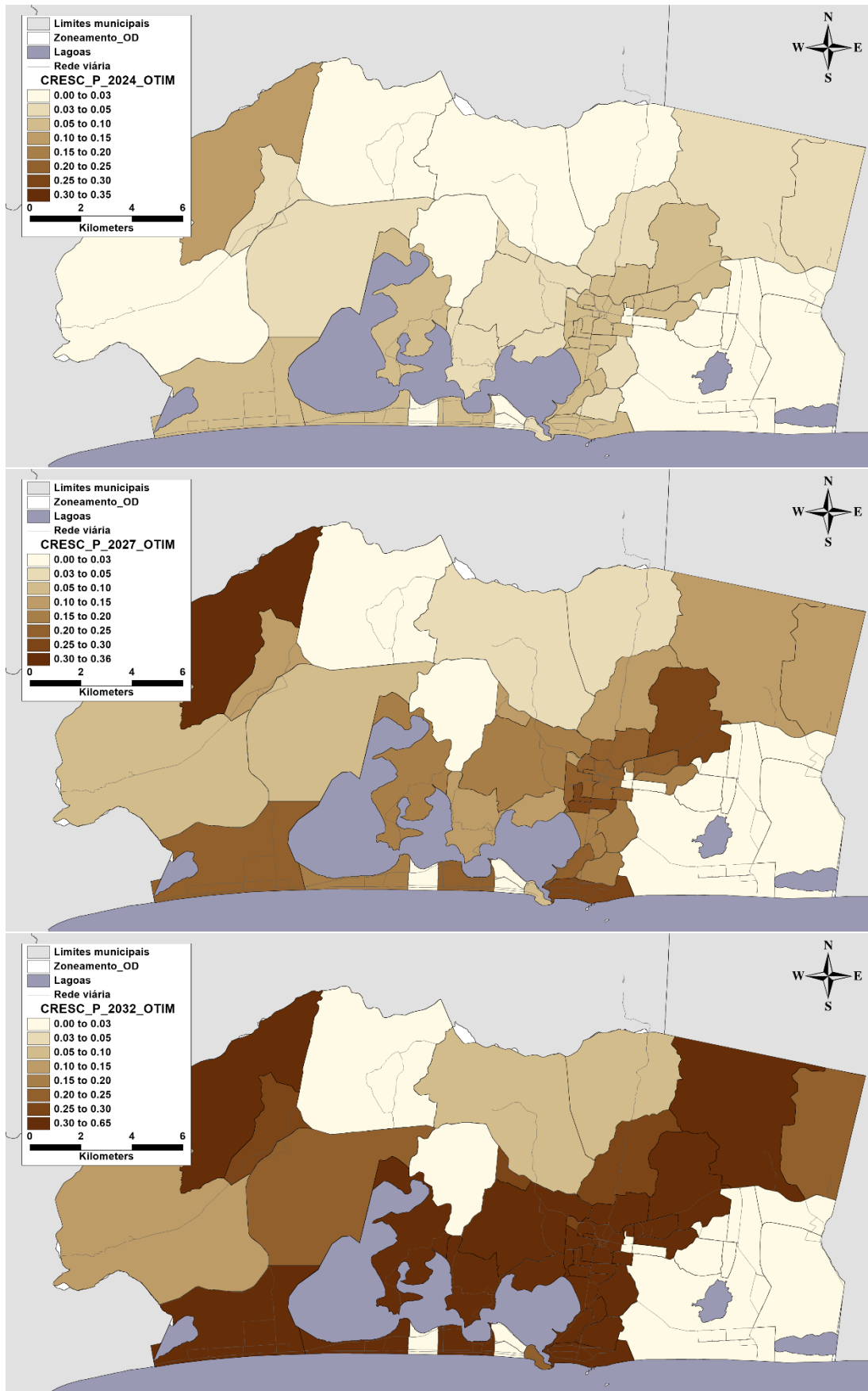


Figura 10: Geração de viagens por zona nos anos horizonte (2024, 2027 e 2032) – tendência Acelerado de crescimento



3.2.3 Distribuição das viagens geradas nos anos-horizonte

Na distribuição de viagens é estimada uma matriz de viagens a partir da produção e da atração de viagens previstas para a área de estudos. Foram projetadas 6 matrizes Origem-Destino, uma para cada ano-horizonte (2024, 2027 e 2032) em cada uma das tendências de crescimento (moderada e Acelerado). O método utilizado foi o do Fator de Crescimento, conforme descrito por Ortúzar e Willumsen (2011). Este método envolve a multiplicação de cada célula de uma matriz por um fator derivado da produção e da atração de viagens futuras. Quando se tem previsão de produção e atração para cada zona, como é o caso deste estudo, pode-se aplicar um fator de crescimento em um nível mais desagregado espacialmente.

Como insumos são necessários uma matriz de viagens no ano base e os vetores de produção e atração em cada ano-horizonte. Os fatores são aplicados de forma que a soma das viagens produzidas na matriz resultante seja igual à produção total prevista para cada zona. A equação utilizada a mostrada a seguir:

$$T_{ij} = \left[\frac{P_i}{\sum_{\text{zonas } z} t_{iz}} \right] \times t_{ij}$$

Onde:

T_{ij} : o fluxo previsto da zona i para a zona j

P_i : a produção de viagens prevista para a zona i

t_{ij} : o fluxo original (ano base) da zona i para a zona j

As matrizes produzidas foram utilizadas nas simulações dos cenários, conforme explicado na próxima seção.

3.3 Simulação dos Cenários

3.3.1 Definições Básicas

A simulação dos cenários utilizou de um modelo de alocação de tráfego para avaliar o impacto dos projetos na mobilidade urbana de Saquarema. O modelo utilizado foi o *N Conjugate User Equilibrium* do Transcad que, segundo Caliper (2018) utiliza um processo iterativo para alcançar uma solução convergente, na qual os viajantes podem melhorar seu tempo de viagem mudando de rota. Em cada iteração são computados os fluxos nos links baseado nos tempos de viagem da rede congestionada.

Os tempos de viagem com a rede congestionada são calculados por uma função de atraso a partir dos fluxos de tráfego dos links. A *Bureau of Public Roads* é uma das



funções mais utilizadas que relaciona os tempos de viagem como função da razão entre volume e capacidade, conforme equação.

$$t = t_i \left[1 + \alpha_i \left(\frac{V_i}{C_i} \right)^{\beta_i} \right]$$

Onde: t : tempo de viagem no link i

t_i : tempo de viagem em fluxo livre no link i

V_i : volume no link i

C_i : capacidade no link i

α_i : constante

β_i : constante

Os valores iniciais de α e β são definidos em 0,15 e 4, respectivamente. Entretanto diferentes valores podem ser usados para representar melhor a realidade da região em estudo. Na rede de Saquarema os valores adotados foram de 0,22 e 4, respectivamente. Os valores da constante foram calibrados pela diferença dos tempos de viagem observados na condição de fluxo livre e na condição de congestionamento. O gráfico da Figura 11 mostra a função de atraso com as constantes iniciais e a função de atraso com as constantes calibradas. Na função calibrada verifica-se que os tempos de viagem aumentam a uma taxa mais alta em comparação com a função inicial quando o volume se aproxima da capacidade e os congestionamentos são formados.

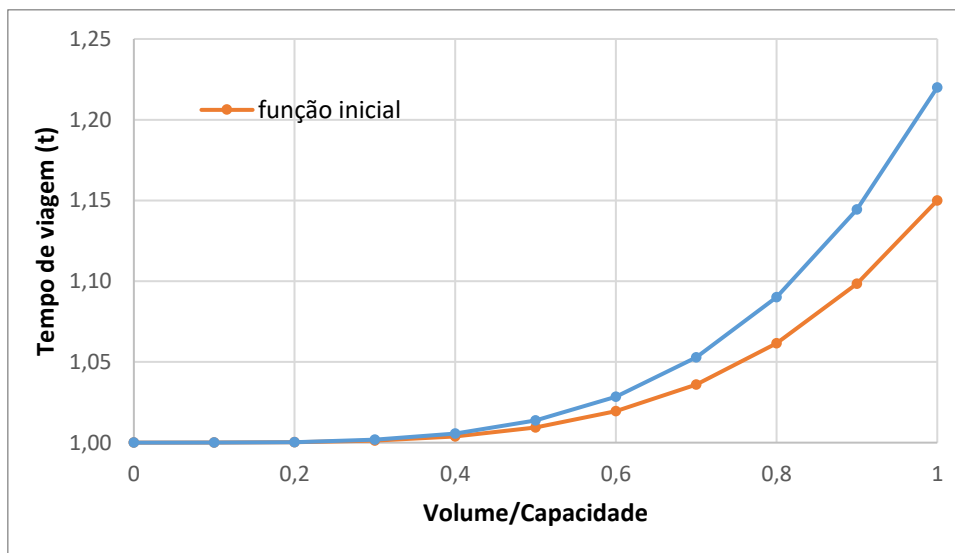


Figura 11: Função de atraso ($t \times V/C$) - função inicial e função calibrada

3.3.2 Premissas das Simulações

Dentre os projetos propostos no Plano de Mobilidade foram selecionados para a simulação aqueles relacionados a infraestrutura e serviços, dos quais:

- Projeto 1: Reestruturação do Eixo de Comércio e Serviços;



- Projeto 2: Reestruturação dos Eixos Turísticos;
- Projeto 3: Projeto de circulação viária nas centralidades – centro de Bacaxá;
- Projeto 4: Sistema de Transporte Integrado.

As simulações foram realizadas nos locais onde foi mais indicado começar a execução dos projetos. No caso do Eixo de Comércio e Serviço, por exemplo, apesar do projeto ser mais amplo, a simulação se concentrou na Avenida Saquarema que precisa de reestruturação prioritária, por indicação do diagnóstico.

Cada projeto possui um horizonte de implantação próprio, assim, foi repassado pela Prefeitura de Saquarema qual seria prazo a ser considerado em cada um deles, como mostrado na tabela seguinte:

Tabela 8: Prazos e implantação dos projetos

Projeto		Prazo
1	Reestruturação do Eixo de Comércio e Serviços	Médio prazo (5 anos)
2	Reestruturação dos Eixos Turísticos	Curto prazo (2 anos)
3	Projeto de circulação viária nas centralidades	Médio prazo (5 anos)
4	Sistema de Transporte Integrado	Curto a médio prazo (2 a 5 anos)

Por se tratar de projetos que estão em fase de desenvolvimento ou que ainda não foram iniciados, não se tem detalhes das soluções que serão implantadas. Assim, tornou-se necessário definir algumas premissas para se estimar as melhorias provocadas pela implantação de cada projeto. A Tabela 9 mostra as premissas adotadas e a forma de representá-las no modelo.



Tabela 9: Premissas relacionadas aos projetos

Projeto		Premissas	Representação no modelo
1	Reestruturação do Eixo de Comércio e Serviços	As. ações da reestruturação levariam a um aumento da capacidade viária devido a medidas como: redução dos conflitos nas interseções, reprogramação semafórica, reorganização dos estacionamentos nas vias etc.	Aumento de 25% na capacidade viária da Av. Saquarema.
2	Reestruturação dos Eixos Turísticos	Ações da reestruturação causariam o aumento da velocidade de tráfego levando a Av. Litorânea operar em velocidade próxima à da Av. Ministro Salgado Filho.	Aumento da velocidade média da Av. Litorânea de 28km/h para 35km/h.
3	Projeto de circulação viária nas centralidades	Reorganização da circulação levaria a um aumento da velocidade de tráfego nas vias da região do centro de Bacaxá.	Aumento de 20% na velocidade das vias, limitado a 22km/h, maior velocidade medida na região.
4	Sistema de Transporte Integrado	Melhorias da reestruturação atrairiam mais passageiros para o transporte coletivo.	Redução de 2 a 5% nas viagens transporte individual internas ao município devido à migração de passageiros para o transporte coletivo.

Com a implantação do Sistema de Transporte Integrado, estima-se que aconteça uma migração de passageiros do transporte individual motorizado para o transporte coletivo. Essa migração, quando da implantação de sistemas de metrô, não ultrapassa os 12% na área diretamente atendida, segundo dados de sistemas recentemente inaugurados no Brasil. Diante disso, por se tratar de um sistema de transporte público por ônibus já em operação na cidade, nesse estudo foi adotado um percentual médio mais conservador, igual a 5% para as viagens realizadas no interior do município. Para as viagens externas (com origem ou destino fora do município) não foi considerada a transferência entre modos de transporte. Como a implantação do Sistema Integrado de Transporte inicia-se com 2 anos, mas é concluída somente com 5 anos, foi adotada uma taxa de migração intermediária no curto prazo igual a 2%.

Devido às lacunas de oferta no serviço de transporte público de Saquarema identificadas no diagnóstico, estima-se que essa migração ocorra em intensidade diferente nas diversas regiões do município. Dessa forma, estabeleceu-se um critério baseado na cobertura da rede de transporte público para se definir taxas de migração distintas. Assim, foi calculado um indicador para cada zona de tráfego, equivalente ao percentual de vias que está a uma distância superior a 500 metros da rede de transporte público. Essa medida representa a cobertura do serviço de



transporte público em cada zona e quanto maior seu valor, mais desatendida está aquela zona (Figura 12).

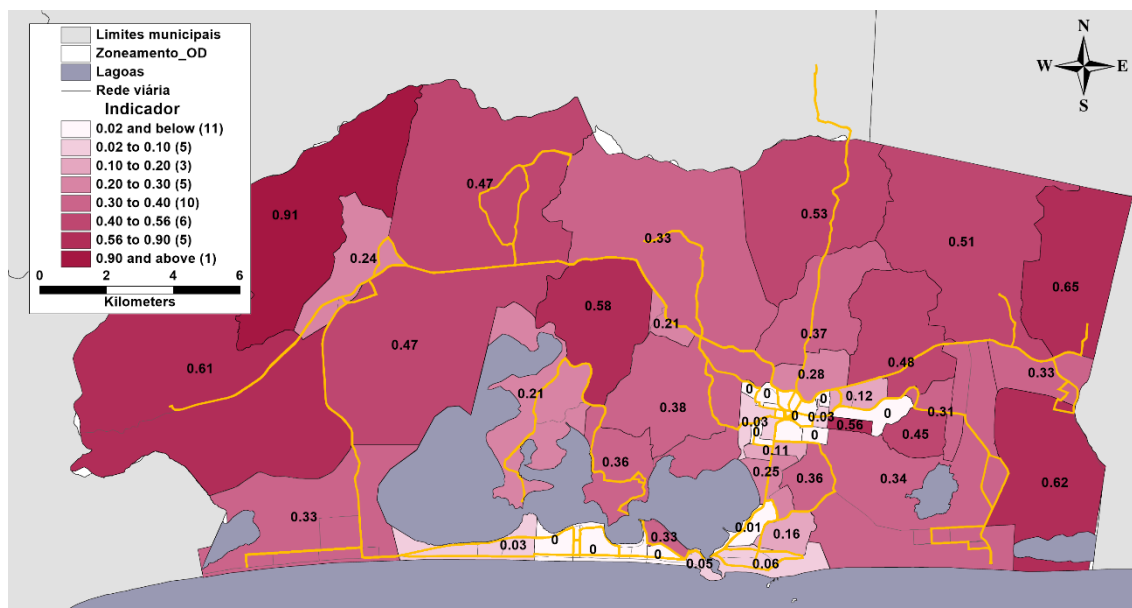


Figura 12: Mapa do percentual de vias com distância maior de 500 metros da rede de transporte público

Definidas as taxas de migração do transporte individual para o coletivo por zona, foram produzidas novas matrizes de viagens a serem utilizadas nos cenários que consideram o Sistema de Transporte Integrado. Os volumes totais de viagem das matrizes utilizadas nas simulações dos cenários são mostrados na Tabela 10

Tabela 10: Volumes de viagens das matrizes OD utilizadas nas simulações com o sem o Sistema Integrado de Transporte (SIT)

Tendência	Ano	Percentual de migração (viagens internas)	Sem migração para o SIT	Com migração para o SIT
Moderada	2022	0%	6.928	6.928
	2024	2%	7.142	7.015
	2027	5%	7.491	7.159
	2032	5%	8.091	7.732
Acelerado	2022	0%	6.928	6.928
	2024	2%	7.318	7.189
	2027	5%	8.175	7.813
	2032	5%	9.748	9.317

3.3.3 Cenários Simulados

Tendo em vista as premissas adotadas nas simulações, foram construídos os cenários a serem simulados nos 3 anos-horizonte do projeto. Além das premissas apresentadas foram duas novas suposições para que fosse possível realizar as



análises das melhorias operacionais decorrentes da implantação dos projetos. Na primeira, supõe-se que nenhuma nova infraestrutura ou serviço de transporte que possa aliviar a demanda futura seja implantada (nada a fazer). Na segunda, analisa-se o desempenho do sistema com melhorias operacionais (com projetos). Assim, foram construídos 4 cenários, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11: Cenários de simulação

Cenário	Tendência de crescimento	Melhorias operacionais
1	Moderada	Nada a fazer
2	Acelerado	Nada a fazer
3	Moderada	Com projetos
4	Acelerado	Com projetos

A Tabela 12 detalha a composição dos cenários em cada ano-horizonte.



Tabela 12: Composição dos cenários nos anos-horizonte

Cen.	Item	Detalhamento	Ano-horizonte				
			2022	2024	2027	2032	
1	Melhoria operacional: nada a fazer	Projeto 1	-	-	-	-	
		Projeto 2	-	-	-	-	
		Projeto 3	-	-	-	-	
		Projeto 4	-	-	-	-	
	Tendência moderada	Matriz OD	6.928 viagens	7.142 viagens	7.491 viagens	8.091 viagens	
2	Melhoria operacional: nada a fazer	Projeto 1	-	-	-	-	
		Projeto 2	-	-	-	-	
		Projeto 3	-	-	-	-	
		Projeto 4	-	-	-	-	
	Tendência Acelerado	Matriz OD	6.928 viagens	7.318 viagens	8.175 viagens	9.748 viagens	
3	Melhoria operacional: com projetos	Projeto 1	-	-	Aumento de 25% na capacidade da Av. Saquarema		
		Projeto 2	-	Aumento da velocidade média da Av. Litorânea para 35km/h.			
		Projeto 3	-	-	Aumento de 20% na velocidade, limitado a 22km/h.		
		Projeto 4	-	Redução de 2% nas viagens internas	Redução de 5% nas viagens internas da matriz		
	Tendência moderada	Matriz OD	6.928 viagens	7.015 viagens	7.159 viagens	7.732 viagens	
4	Melhoria operacional: com projetos	Projeto 1	-	-	Aumento de 25% na capacidade viária da Av. Saquarema		
		Projeto 2	-	Aumento da velocidade média da Av. Litorânea para 35km/h.-			
		Projeto 3	-	-	Aumento de 20% na velocidade, limitado a 22km/h.		
		Projeto 4	-	Redução de 2% nas viagens internas	Redução de 5% nas viagens internas da matriz		
	Tendência moderada	Matriz OD	6.928 viagens	7.189 viagens	7.813 viagens	9.317 viagens	

4 Resultados

4.1 Simulação individual dos projetos

Este capítulo apresenta os primeiros resultados referentes às simulações individuais de cada projeto para que seja possível visualizar o impacto de cada um deles de forma isolada. O indicador utilizado para medir esse impacto foi o tempo de viagem nas situações com e sem projeto. Os mapas seguintes mostram o resultado de cada projeto no nível das zonas de tráfego (Figura 13 a Figura 16). A escala de cores representa a redução percentual da duração das viagens que tem determinada zona como origem ou como destino, quanto mais escura a cor maior a redução percentual da duração das viagens.

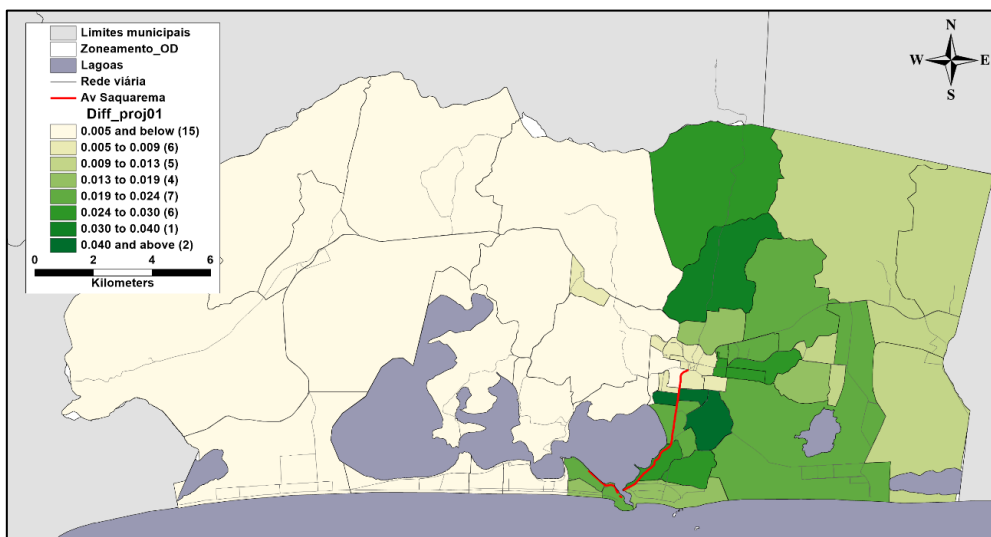


Figura 13: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 1

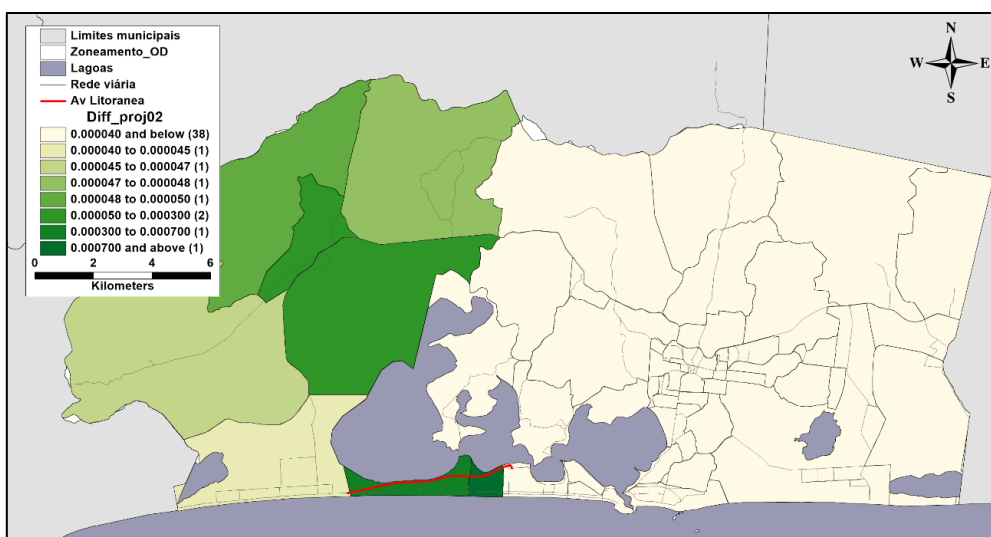


Figura 14: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 2



O mapa da Figura 13 mostra o resultado da simulação do projeto 1. Observa-se que a redução do tempo de viagem foi maior nas zonas do entorno da Av. Saquarema e nas zonas da porção leste do município. Os valores oscilaram entre 0,16% e 5,15% de redução.

O projeto 2 repercutiu em pouco ganho de tempo de viagem e em termos espaciais a abrangência ficou restrita aos bairros da região oeste (Figura 14). As reduções dos tempos de viagem foram todas inferiores a 0,07%.

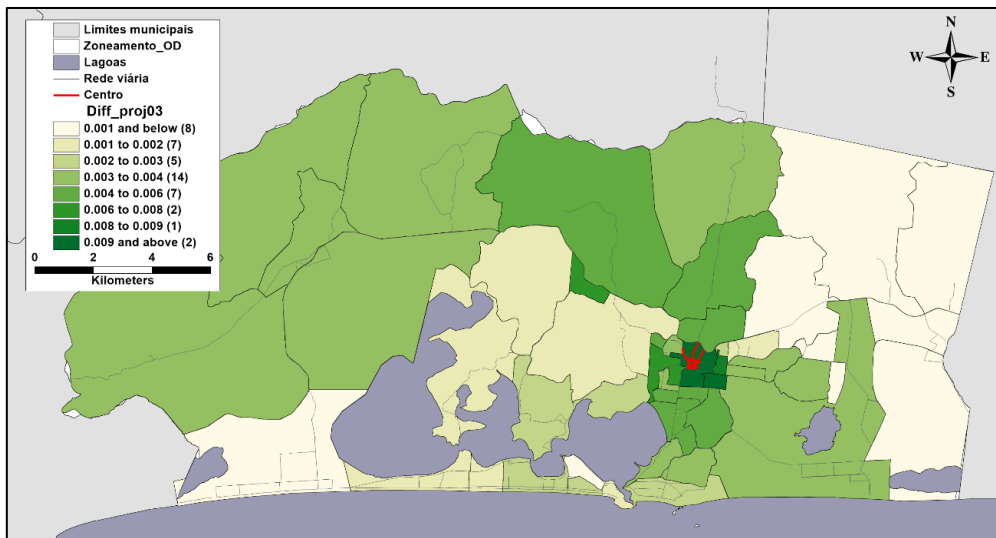


Figura 15: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 3

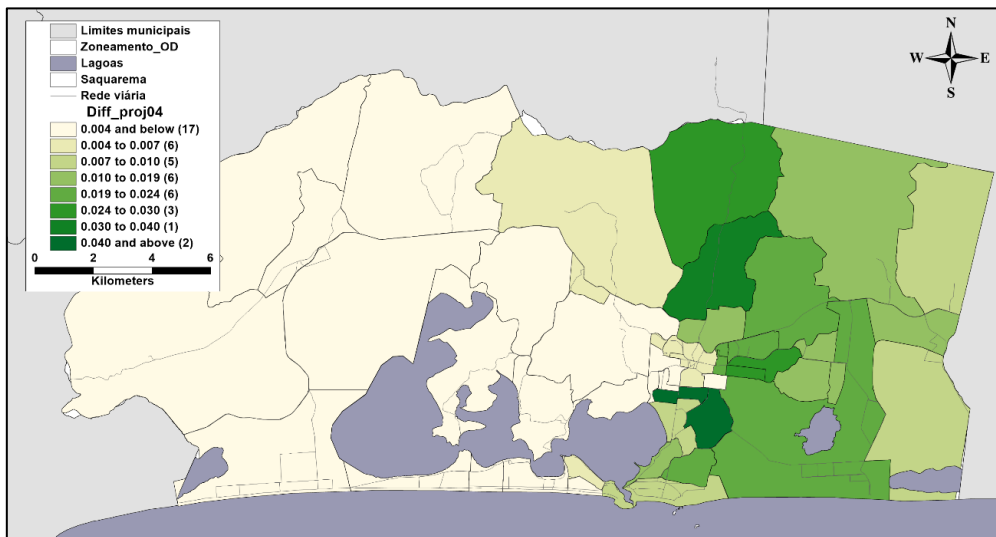


Figura 16: Melhoria do tempo de viagem relacionado a cada zona devido ao projeto 4

As reduções no tempo de viagem associadas ao projeto 3 não foram tão intensas quanto às do projeto 1, sendo os maiores valores observados da ordem de 1%. Isso é devido ao projeto se restringir uma pequena área no centro de Bacaxá. Apesar disso, a abrangência foi bastante ampla englobando zonas de todas as partes do município (Figura 15) já que a maior parte das viagens atravessa a região do projeto.



A Figura 16 mostra o resultado da simulação do projeto 4. As zonas com maiores reduções dos tempos de viagem foram aquelas com maior potencial de melhoria do transporte coletivo e que apresentam um volume mais alto de viagens em relação às demais. Os valores variaram entre 0,14% e 4,5%, sendo que as zonas com valores mais elevados, localizadas ao sul do centro comercial da cidade (bairros de Guarani e Porto da Roça II), referem-se a bairros que conjugam uma baixa oferta de transporte (alto potencial de melhoria) com alto volume de viagens.

A Tabela 13 reúne os resultados globais das simulações do cenário atual (sem projeto) e dos quatro projetos estudados, sendo possível compará-los com maior facilidade. As três linhas iniciais da tabela mostram os valores médios de tempo (min.), distância (km) e velocidade (km/h). No cenário atual observa-se que as viagens duram em média 19,92 minutos para percorrer 11,92km, o que resulta em uma velocidade média de 35,41km/h.

As três colunas finais da tabela mostram indicadores que comparam o resultado da simulação de cada um dos projetos ao cenário atual. Os indicadores apresentados são:

- Tempo médio: diferença entre o tempo de viagem médio com o projeto e o tempo de viagem médio sem o projeto, correspondendo à redução média do tempo de viagem (em minutos);
- Tempo percentual: percentual médio de redução do tempo de viagem;
- Tempo total: resultado do produto entre o valor unitário (média por viagem) da redução do tempo de viagem pelo volume de viagens (em horas).

Os resultados globais mostram que, a partir das premissas adotadas, o projeto 1 é o que apresentou melhores resultados quanto à melhoria da velocidade das viagens, repercutindo em uma redução de aproximadamente 65 horas no total de viagens que acontecem no período de pico da tarde. Em segundo lugar ficou o projeto 4, com redução de 46 horas, em terceiro o projeto 3, com quase 17 horas de redução e, por último, o projeto 2 que não apresentou resultados importantes no contexto geral do município.

Tabela 13: Resultados globais das simulações dos projetos

Item		Atual	Projeto 01	Projeto 02	Projeto 03	Projeto 04
Valores médios	Tempo (min.)	19,92	19,64	19,92	19,85	19,85
	Distância (km)	11,92	11,84	11,92	11,92	11,92
	Velocidade (km/h)	35,41	35,70	35,41	35,56	35,56
Diferença sobre o atual	Tempo médio (min.)		0,28	0,00	0,07	0,20
	Tempo percentual		1,43%	0,00%	0,36%	1,01%
	Tempo total (horas)		64,79	0,07	16,68	46,05



4.2 Simulação dos cenários

Esta seção apresenta os resultados obtidos das simulações dos cenários construídos neste estudo para o ano base e os anos-horizontes, 2024, 2027 e 2032. Conforme mostrado anteriormente (Tabela 11), os cenários são:

- Cenário 1: Nada a fazer com crescimento moderado;
- Cenário 2: Nada a fazer com crescimento Acelerado;
- Cenário 3: Implantação de projetos com crescimento moderado;
- Cenário 4: Implantação de projetos com crescimento Acelerado.

Nos itens a diante apresentados serão analisados os resultados para os cenários Nada a Fazer (Cenários 1 e 2) e Com Projetos (Cenários 3 e 4), respectivamente.

4.2.1 Nada a fazer (Cenários 1 e 2)

Os resultados das simulações para os cenários 1 e 2 demonstram que sem nenhuma melhoria na infraestrutura e nos serviços de transporte, há uma degradação progressiva das condições de mobilidade no período de pico da tarde. Nos mapas estão os carregamentos da rede no ano base (Figura 17), e em cada um dos anos-horizontes do Cenário 1 (Figura 18 a Figura 20) e do Cenário 2 (Figura 21 a Figura 23).

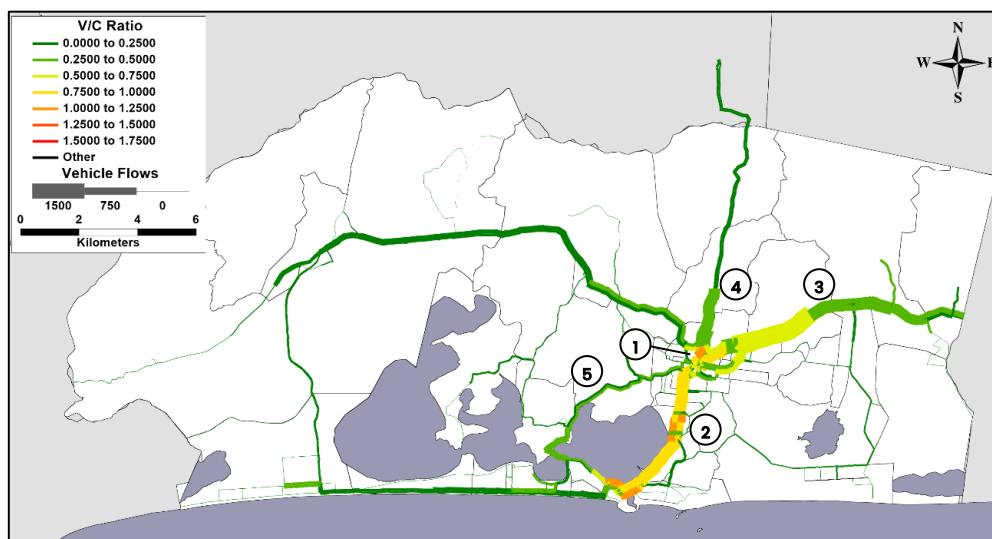


Figura 17: Carregamento da rede – ano base

Verifica-se no ano base que as vias mais congestionadas são localizadas na região central de Bacaxá (ponto 1 do mapa), na Av. Saquarema (ponto 2 do mapa) e nos trechos central e leste da rodovia RJ-106 (ponto 3 do mapa).

Com o decorrer dos anos, tanto na tendência moderada quanto na Acelerado, prevê-se uma piora gradativa no nível de serviço – representado pela relação volume/capacidade (V/C), mostrada na escala de cores na legenda dos mapas – dos trechos já congestionado dessas vias e uma expansão do congestionamento para trechos mais periféricos do município.



Particularmente, no horizonte de 10 anos (2032) do cenário 2 (Figura 23) verifica-se ainda o surgimento de congestionamentos em vias que até então apresentaram um bom nível de serviço nas previsões realizadas, com a Estrada Bacaxá-Palmital e a Rua Capitão Nunes, numeradas em 4 e 5, respectivamente, no mapa anterior.

Para quantificar a perda de desempenho operacional nos corredores de maior carregamento, a Tabela 14 relaciona as demandas (fluxo no trecho de maior carregamento) e velocidades médias medidas pelo modelo na Av. Saquarema e na rodovia RJ-106, sendo esta dividida em três partes: central, trecho localizado nas imediações do centro de Bacaxá, leste e oeste.

Tabela 14: Medidas de velocidade média nos corredores de maior carregamento

Corredor	Cenário	Volume (uvp/h/sent.)		Velocidade média (km/h)	
		Valor	Aumento (%)	Valor	Redução (%)
Av. Saquarema	Ano Base	795		26,7	
	Cenário 1 2024	803	1%	26,5	1%
	Cenário 1 2027	819	3%	26,2	2%
	Cenário 1 2032	865	8%	25,7	4%
	Cenário 2 2024	803	1%	26,4	1%
	Cenário 2 2027	867	8%	25,6	4%
	Cenário 2 2032	940	15%	24,1	10%
RJ-106 central	Ano Base	997		37,8	
	Cenário 1 2024	1.010	1%	37,6	1%
	Cenário 1 2027	1.022	2%	37,2	2%
	Cenário 1 2032	1.082	8%	36,1	5%
	Cenário 2 2024	1.012	1%	37,5	1%
	Cenário 2 2027	1.094	9%	35,9	5%
RJ-106 leste	Ano Base	1.033		47,0	
	Cenário 1 2024	1.065	3%	47,0	0%
	Cenário 1 2027	1.114	7%	46,8	0%
	Cenário 1 2032	1.203	14%	46,6	1%
	Cenário 2 2024	1.086	5%	46,9	0%
	Cenário 2 2027	1.214	15%	46,6	1%
	Cenário 2 2032	1.407	27%	45,7	3%
RJ-106 oeste	Ano Base	476		44,2	
	Cenário 1 2024	492	3%	44,2	0%
	Cenário 1 2027	518	8%	44,2	0%
	Cenário 1 2032	564	16%	44,2	0%
	Cenário 2 2024	506	6%	44,2	0%
	Cenário 2 2027	571	17%	44,2	0%
	Cenário 2 2032	733	35%	44,2	0%

Nas duas vias estima-se um aumento importante na demanda de veículos. No horizonte de 10 anos, cenário Acelerado, o aumento em relação ao ano base foi de 15% na Av. Saquarema e de 14%, 27% e 35% nos trechos central, leste e oeste da rodovia RJ-106, respectivamente. Apesar da demanda ter aumentado mais nos trechos periféricos, estes não sofreram queda significativa na velocidade operacional. Em contrapartida, a Av. Saquarema e o trecho central da rodovia estima-se uma redução de 10% e 15%, respectivamente.



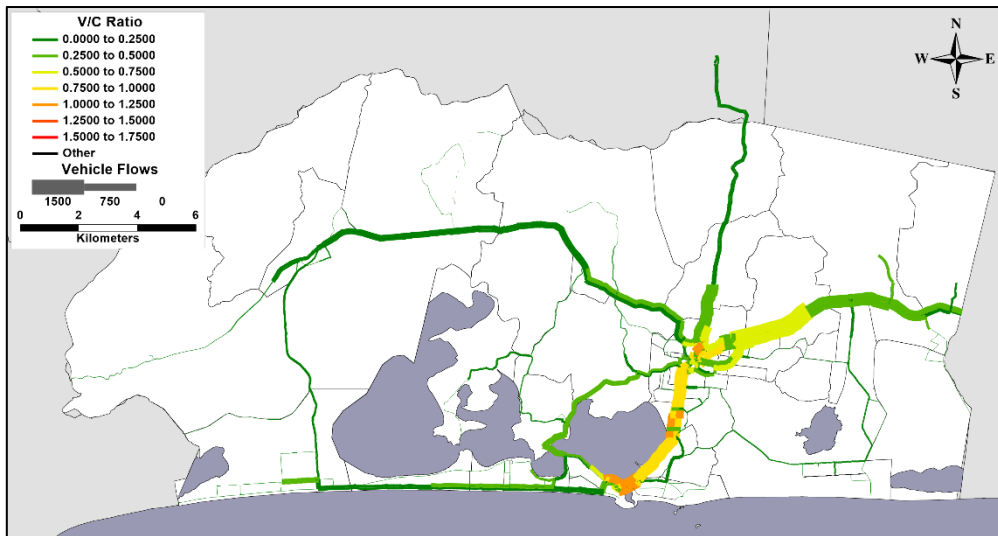


Figura 18: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência moderada), ano 2024

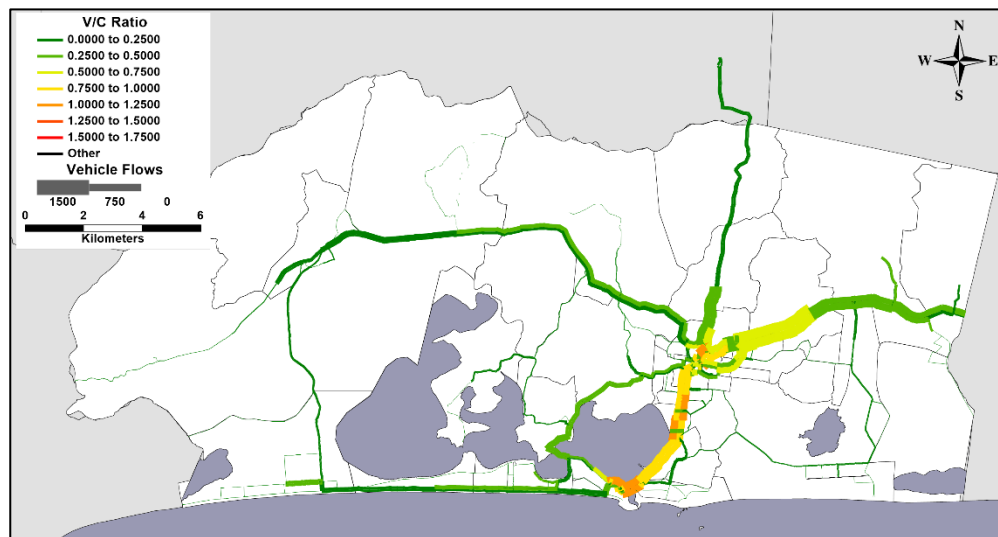


Figura 19: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência moderada), ano 2027

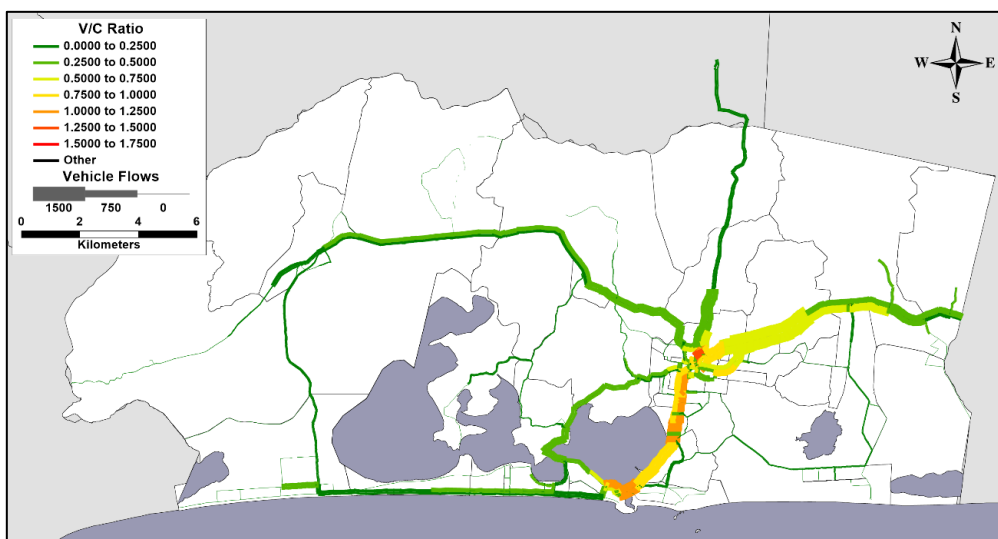


Figura 20: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência moderada), ano 2032



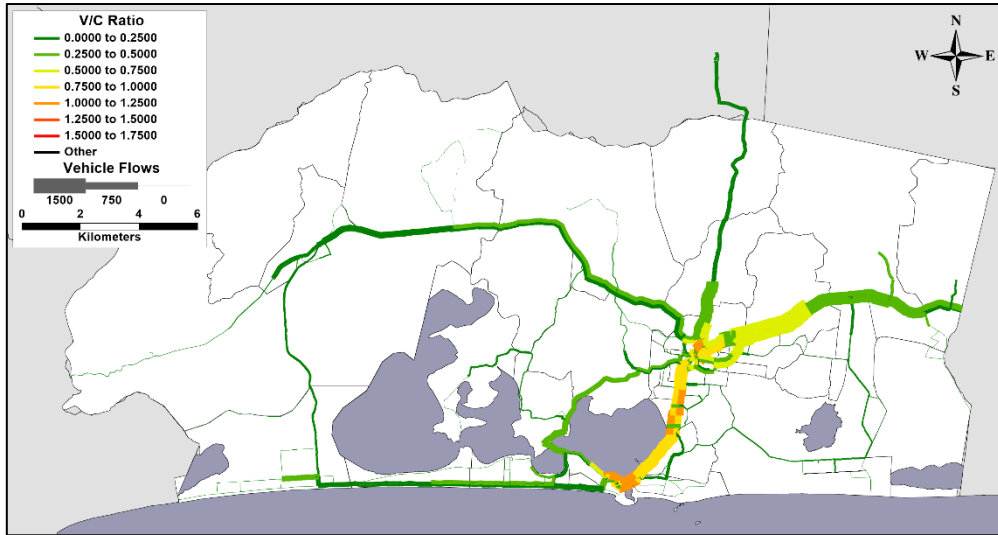


Figura 21: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência Acelerado), ano 2024

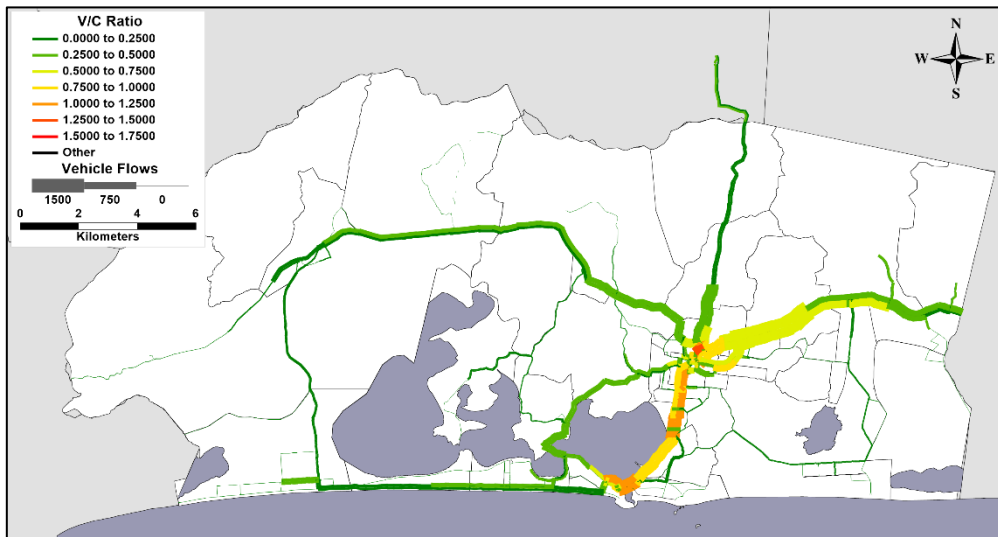


Figura 22: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência Acelerado), ano 2027

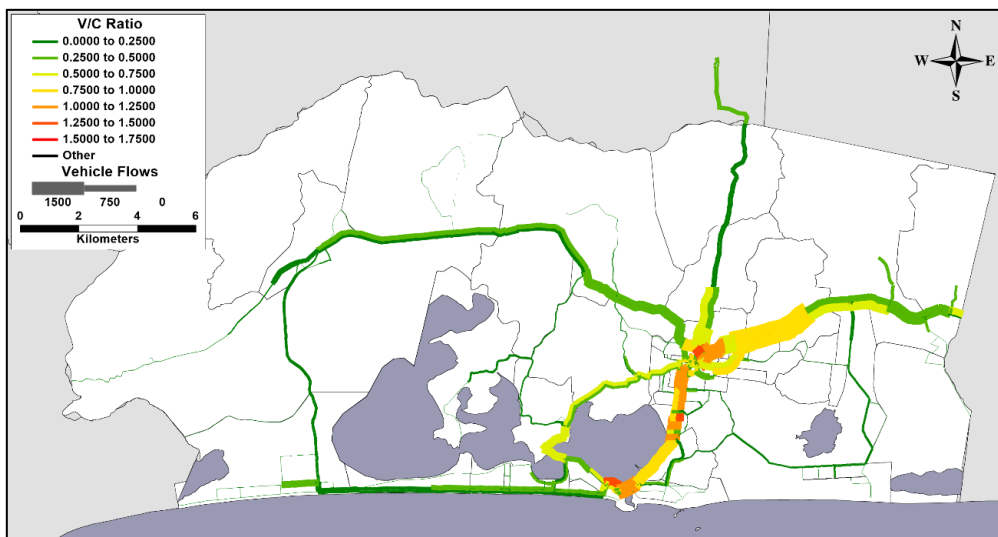


Figura 23: Carregamento da rede – cenário 1 (nada a fazer, tendência Acelerado), ano 2032



A Tabela 15 apresenta as medidas globais de tempo, distância e velocidade para que se possa comparar os resultados dos cenários 1 e 2 entre os anos simulados.

Tabela 15: Resultados globais dos cenários 1 e 2 (nada a fazer)

		Ano Base	Cenário 1 (moderado)			Cenário 2 (Acelerado)		
		2022	2024	2027	2032	2024	2027	2032
Média por par de zona	Tempo (min.)	21,44	21,47	21,51	21,61	21,48	21,62	21,93
	Distância (km)	13,11	13,11	13,11	13,13	13,11	13,13	13,16
	Velocidade (km/h)	36,68	36,65	36,58	36,47	36,62	36,44	35,99
Média por indivíduo	Tempo (min.)	16,84	16,87	16,93	17,06	16,92	17,11	17,56
	Distância (km)	9,73	9,73	9,71	9,74	9,75	9,76	9,77
	Velocidade (km/h)	34,67	34,59	34,43	34,27	34,57	34,23	33,39
Valores globais	Viagens	6.928	7.142	7.491	8.091	7.318	8.175	9.748
	Tempo (horas)	1.945	2.008	2.114	2.300	2.064	2.331	2.853
	Distância (km)	67.425	69.472	72.764	78.826	71.352	79.807	95.236

O primeiro bloco da tabela (três primeiras linhas), mostram as medidas médias estimadas para os pares de zonas. Observa-se que em ambos os cenários, o tempo de viagem aumenta progressivamente a cada ano simulado com o aumento das viagens projetadas para o transporte individual. No cenário 2, de crescimento Acelerado, no intervalo de 10 anos, observou-se um aumento médio dos tempos de viagem de 2,3% (de 21,44 minutos em 2022 para 21,93 minutos em 2032). Embora pareça pouco expressivo quando observado em termos médios, o aumento do tempo de viagem nas zonas próximas às vias mais congestionadas da região central do município foi superior a 10%, chegando a 18%.

O aumento dos tempos de viagem também é observado nas médias por indivíduo (bloco central da tabela, linhas 4 a 6). Essas médias foram calculadas pelos tempos de viagem ponderados pelo volume de viagens em cada par de zona. Como os volumes de viagem estão concentrados nos pares impactados pelos congestionamentos, o aumento percentual é maior que o apresentado no parágrafo anterior. No cenário 2, de crescimento Acelerado, no intervalo de 10 anos, aumento médio dos tempos de viagem é estimado em 4,3% (de 16,84 minutos em 2022 para 17,56 minutos em 2032).

Em termos globais, conforme parte final da tabela (três últimas linhas), quando observadas todas as viagens realizadas na hora pico da tarde (entre 17h00 e 18h00), há um aumento estimado em 355 horas no cenário 1 (moderado) e em 908 horas no cenário 2 (Acelerado).

Na análise espacial desagregada é possível verificar o aumento dos tempos médios das viagens com origem e destino em cada zona. A Tabela 16 mostra qual foi o aumento percentual do tempo de viagem nos anos-horizontes em relação ao ano base. Tomando como referência o ano de 2032 do Cenário 2, simulação em que os



impactos são mais intensos, estima-se que as zonas com maiores variações no tempo de viagem são localizadas no entorno do centro de Bacaxá e da Av. Saquarema, além de bairros periféricos das regiões leste e nordeste do município como Palmital, Rio d'Areia, Retiro, Bonsucesso, Água, Branca, Bicuiba, Engenho Grande, Jardim Ipitangas e Ipitangas.

Os dados da tabela foram plotados nos mapas seguintes (Figura 24 a Figura 29) para possibilitar a identificação espacial.



Tabela 16: Variação média do tempo de viagem por zona em relação ao ano base – Cenários 1 e 2 (2024, 2027 e 2032)

Zona	Nome	Cenário 1			Cenário 2		
		2024	2027	2032	2024	2027	2032
1	Areal	0,26%	0,62%	1,20%	0,40%	1,29%	3,15%
2	Centro	0,38%	0,97%	2,14%	0,60%	2,27%	5,73%
3	Gravata	0,10%	0,27%	0,62%	0,18%	0,67%	1,90%
4	Boqueirao	0,09%	0,24%	0,56%	0,16%	0,60%	1,73%
5	Coqueiral	0,08%	0,22%	0,51%	0,14%	0,55%	1,62%
6	Barra Nova	0,08%	0,21%	0,49%	0,14%	0,53%	1,55%
7	Jacone	0,07%	0,16%	0,40%	0,11%	0,44%	1,33%
8	Itauna	0,20%	0,49%	1,11%	0,31%	1,20%	3,09%
9	Porto Novo	0,34%	0,81%	1,83%	0,51%	1,97%	4,91%
10	Leigos	0,20%	0,51%	1,15%	0,32%	1,24%	3,14%
11	Jardim Ipitangas	0,15%	0,41%	1,00%	0,27%	1,11%	3,08%
12	Ipitangas	0,09%	0,24%	0,61%	0,16%	0,68%	2,01%
13	Comum	0,11%	0,30%	0,68%	0,20%	0,74%	1,91%
14	Agua Branca	0,14%	0,37%	0,92%	0,25%	1,03%	2,90%
15	Verde Vale	0,13%	0,34%	0,78%	0,21%	0,85%	2,15%
16	Sao Geraldo	0,14%	0,36%	0,87%	0,23%	0,97%	2,65%
17	Porto da Roca II	0,19%	0,47%	1,08%	0,30%	1,18%	3,05%
18	Parque Marina	0,12%	0,31%	0,76%	0,20%	0,84%	2,29%
19	de Fatima	0,16%	0,47%	1,06%	0,32%	1,16%	2,86%
20	Condado de Bacaxa	0,23%	0,57%	1,39%	0,37%	1,54%	4,04%
21	Caixa D'Agua	0,15%	0,43%	0,97%	0,29%	1,06%	2,74%
22	Barreira	0,11%	0,31%	0,73%	0,21%	0,79%	2,08%
23	Bacaxa	0,21%	0,59%	1,44%	0,38%	1,55%	4,27%
24	Aterrado	0,16%	0,44%	0,99%	0,29%	1,08%	2,78%
25	Asfalto Velho	0,19%	0,50%	1,18%	0,32%	1,31%	3,47%
26	Retiro	0,15%	0,38%	0,89%	0,24%	0,97%	2,63%
27	Raia	0,14%	0,34%	0,84%	0,23%	0,91%	2,33%
28	Engenho Grande	0,13%	0,35%	0,84%	0,23%	0,94%	2,59%
29	Palmital	0,14%	0,35%	0,88%	0,23%	0,98%	2,65%
30	Bicuiba	0,14%	0,39%	0,94%	0,26%	1,05%	2,90%
31	Guarani	0,24%	0,59%	1,17%	0,37%	1,25%	2,88%
32	Porto da Roca I	0,29%	0,73%	1,65%	0,46%	1,78%	4,35%
33	Alvorada	0,11%	0,29%	0,71%	0,19%	0,80%	2,24%
34	Madressilva	0,08%	0,23%	0,55%	0,15%	0,59%	1,57%
35	Rio Seco	0,10%	0,24%	0,60%	0,16%	0,67%	1,88%
36	Jardim	0,07%	0,22%	0,51%	0,14%	0,56%	1,58%
37	Mombaca	0,06%	0,16%	0,41%	0,10%	0,45%	1,36%
38	Morro dos Pregos	0,05%	0,14%	0,36%	0,09%	0,40%	1,21%
39	Sampaio Correia	0,06%	0,16%	0,41%	0,11%	0,46%	1,34%
40	Basileia	0,07%	0,17%	0,41%	0,11%	0,46%	1,34%
41	Serra de Mato Grosso	0,06%	0,14%	0,35%	0,09%	0,40%	1,17%
42	Rio Mole	0,06%	0,17%	0,41%	0,11%	0,46%	1,29%
43	Tingui	0,07%	0,17%	0,42%	0,11%	0,47%	1,32%
44	Rio d'Areia	0,17%	0,44%	1,09%	0,28%	1,22%	3,31%
45	Bonsucesso	0,20%	0,53%	1,25%	0,35%	1,39%	3,85%
46	Vilatur	0,06%	0,14%	0,33%	0,09%	0,36%	1,06%



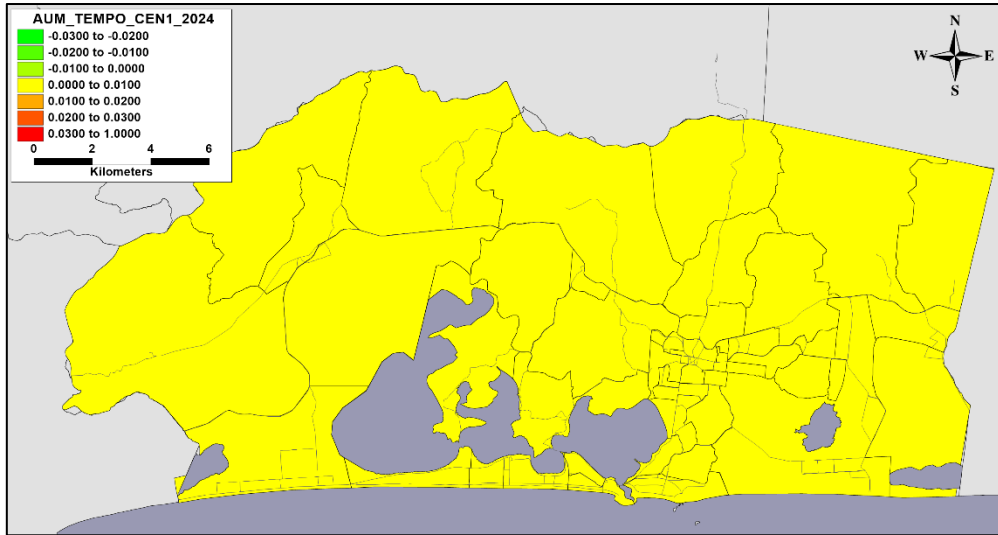


Figura 24: Aumento percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 1, ano 2024

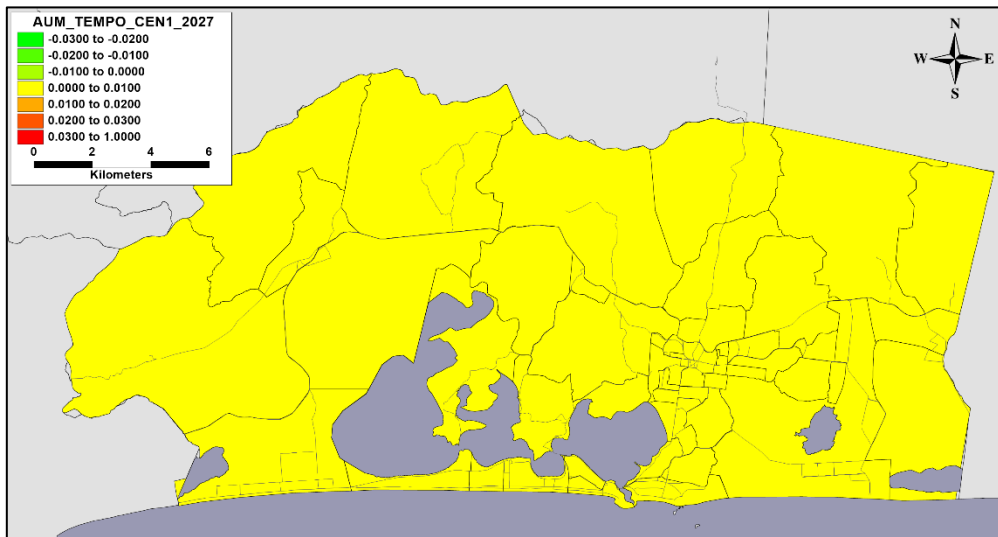


Figura 25: Aumento percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 1, ano 2027

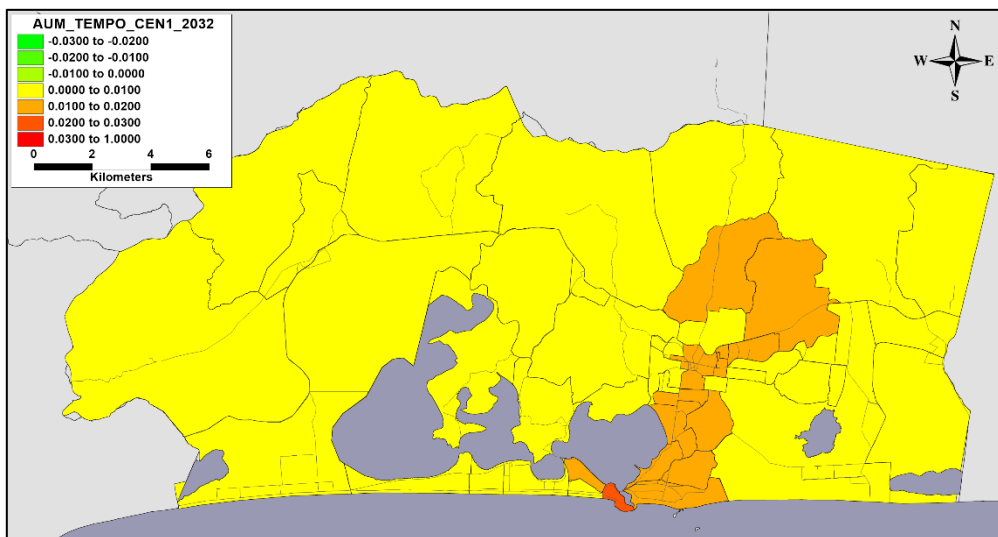


Figura 26: Aumento percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 1, ano 2032



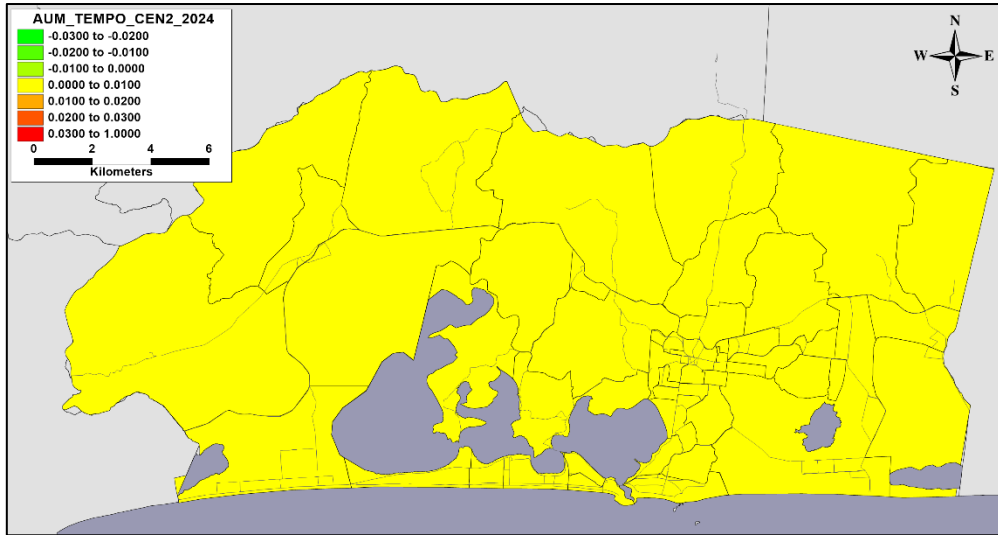


Figura 27: Aumento percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 2, ano 2024

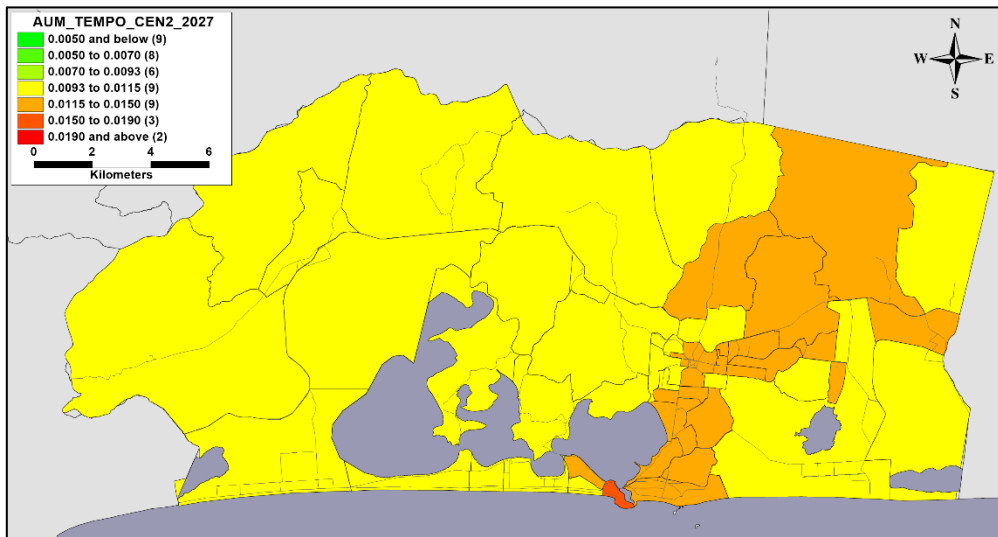


Figura 28: Aumento percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 2, ano 2027

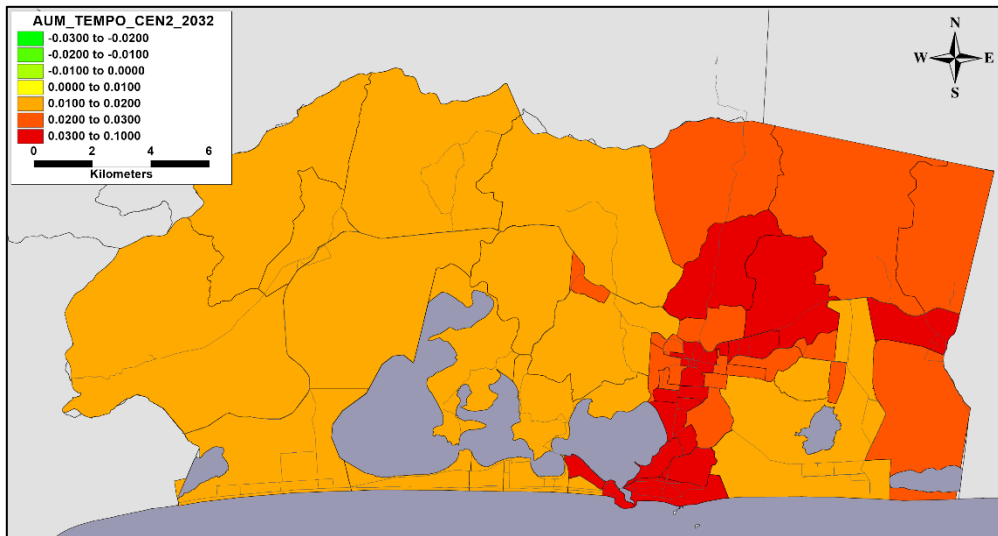


Figura 29: Aumento percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 2, ano 2032



4.2.2 Com projetos (Cenários 3 e 4)

A simulação dos cenários com a implantação dos projetos de infraestrutura e de serviços visa avaliar o desempenho do sistema de transporte com melhorias operacionais, de acordo com as premissas descritas no capítulo anterior. Os benefícios derivados das melhorias podem ser medidos pela análise da diferença de desempenho entre o sistema sem a implantação dos projetos (nada a fazer) e com a implantação dos projetos.

Os mapas seguintes mostram os carregamentos da rede nos Cenários 3 (Figura 30 a Figura 32) e 4 (Figura 33 a Figura 35) em cada um dos anos-horizontes. Em ambos os cenários, como o crescimento da demanda por viagens ao longo dos anos é acompanhada da implantação dos projetos, as diferenças visuais são menos perceptíveis.

Para facilitar a análise do impacto das melhorias operacionais no sistema de transporte, as imagens dos carregamentos nas condições sem e com melhorias operacionais foram dispostas lado a lado. Na situação de crescimento moderado, a comparação entre os Cenários 1 e 3 (sem e com melhorias) nos anos de 2024, 2027 e 2032 são mostradas na Figura 36, na Figura 37 e na Figura 38, respectivamente. Já na situação de crescimento Acelerado, os Cenários 2 e 4 (sem e com melhorias) são comparados na Figura 39, na Figura 40 e na Figura 41 para os anos-horizontes de 2024, 2027 e 2032, respectivamente.

Por meio da análise comparativa das imagens fica perceptível, sobretudo nos horizontes de médio e longo prazos, a melhoria no nível de serviço do sistema viário com a implantação de projetos.



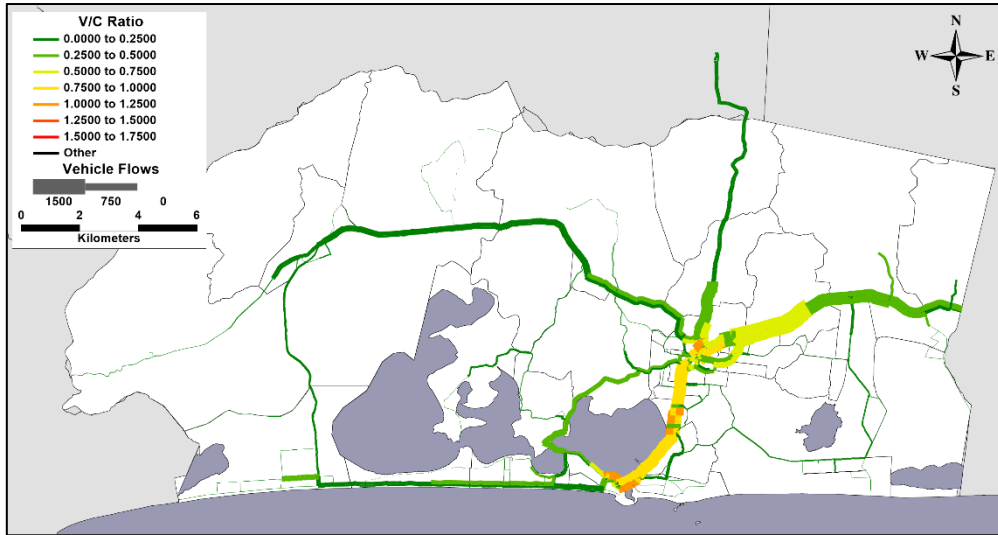


Figura 30: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2024

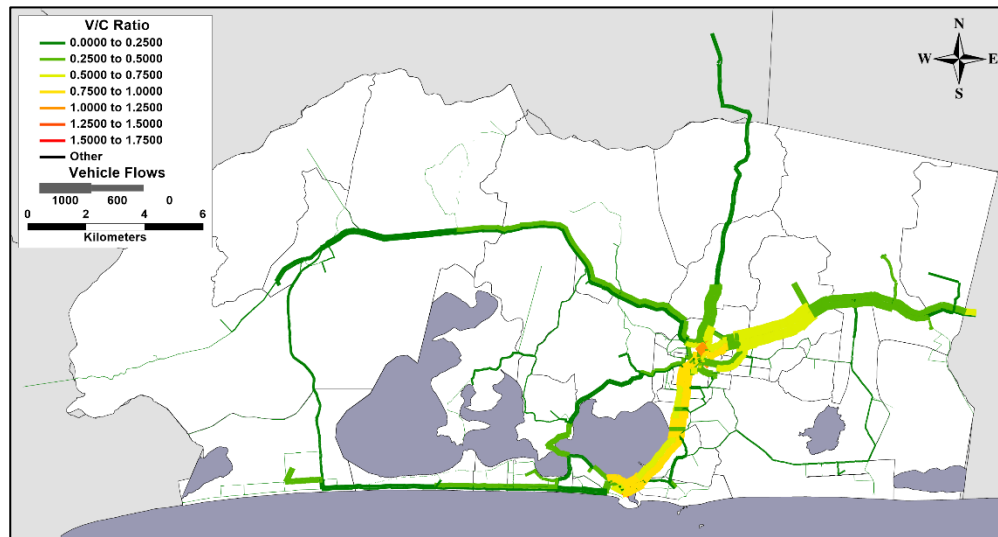


Figura 31: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2027

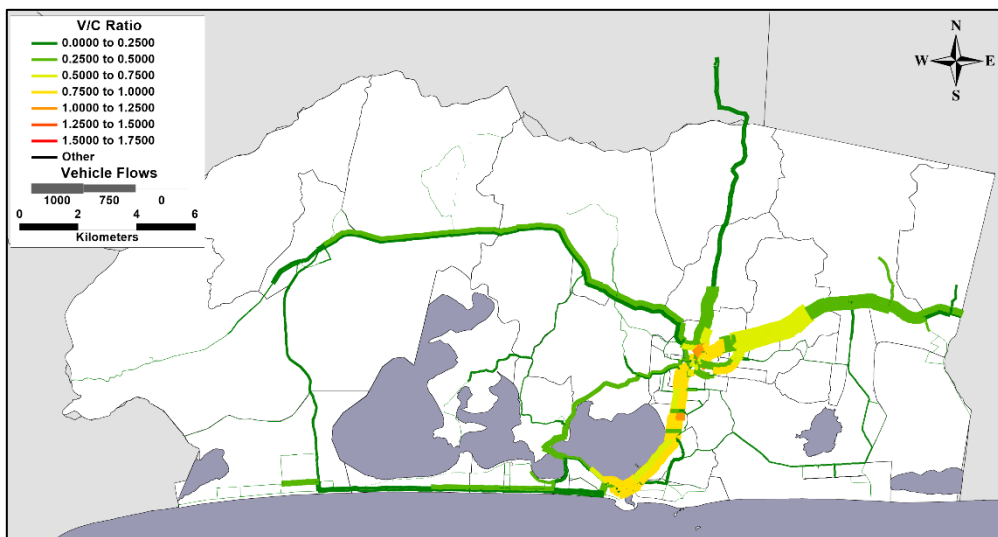


Figura 32: Carregamento da rede – cenário 3 (projetos, tendência moderada), ano 2032



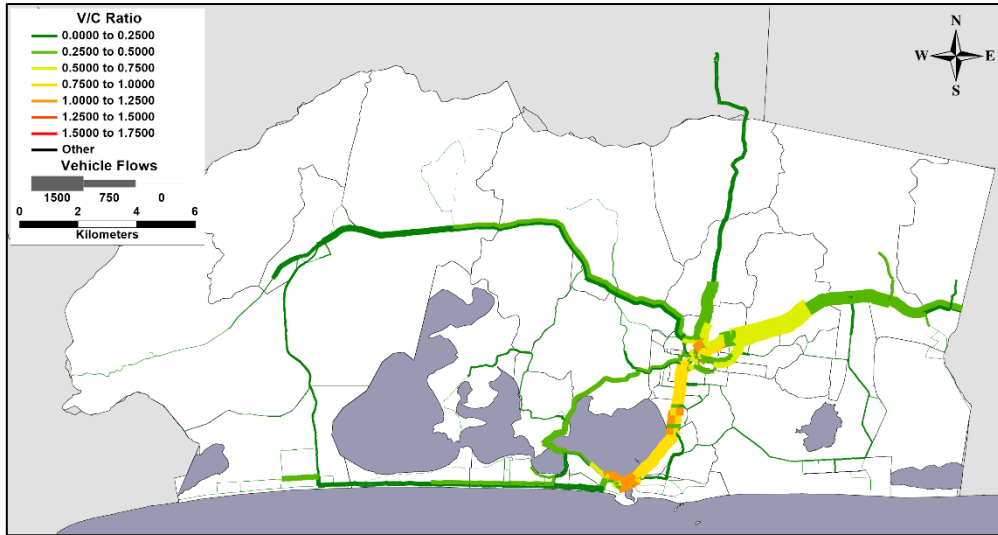


Figura 33: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2024

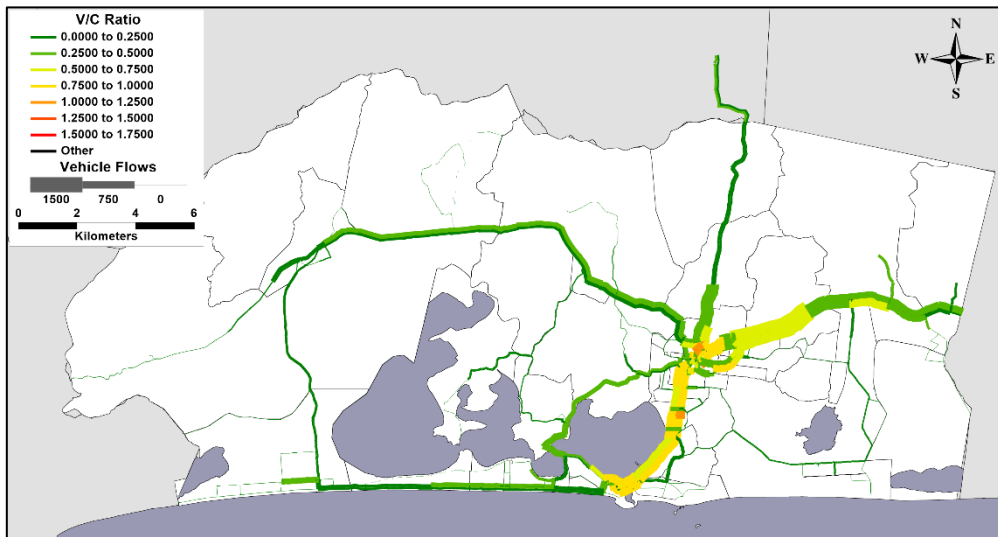


Figura 34: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2027

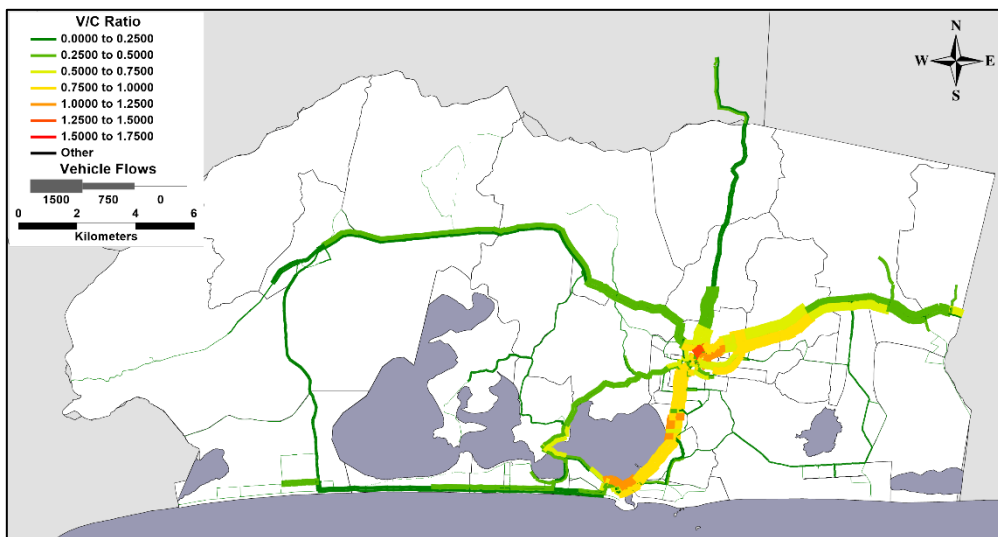


Figura 35: Carregamento da rede – cenário 4 (projetos, tendência Acelerado), ano 2032



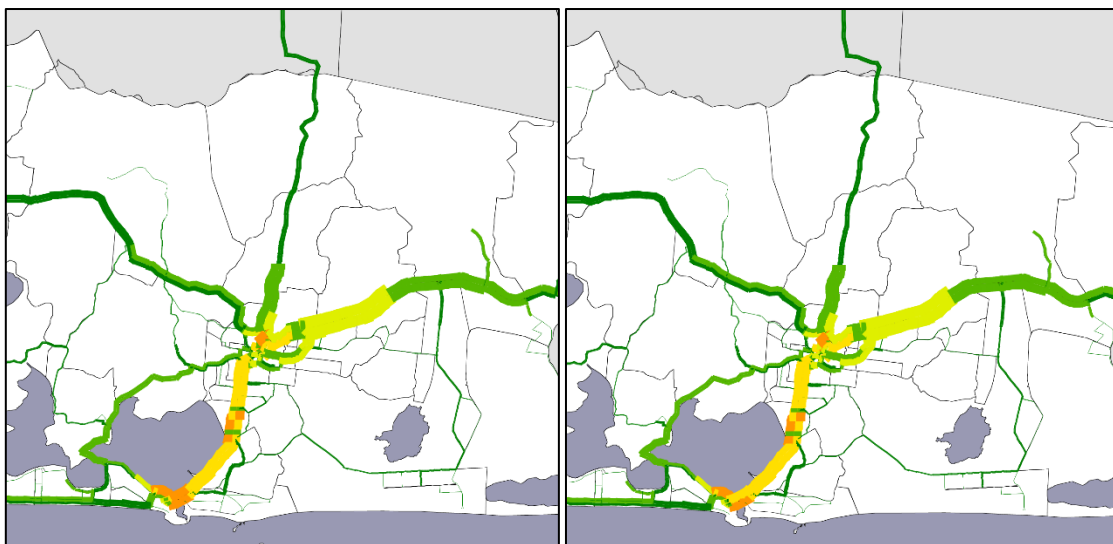


Figura 36: Carregamento da rede - comparação Cenários 1 e 3, ano 2024

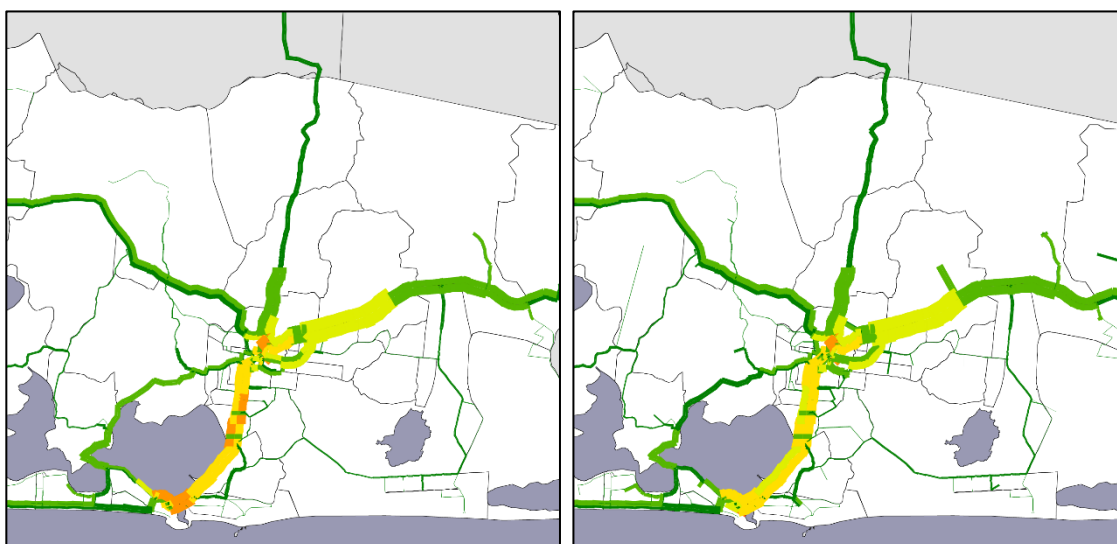


Figura 37: Carregamento da rede - comparação Cenários 1 e 3, ano 2027

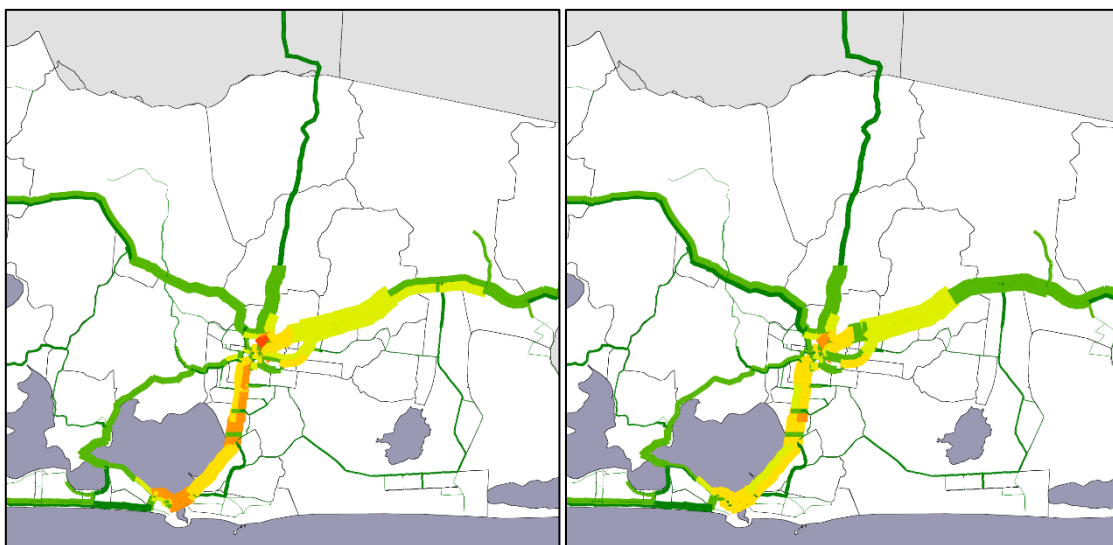


Figura 38: Carregamento da rede - comparação Cenários 1 e 3, ano 2032



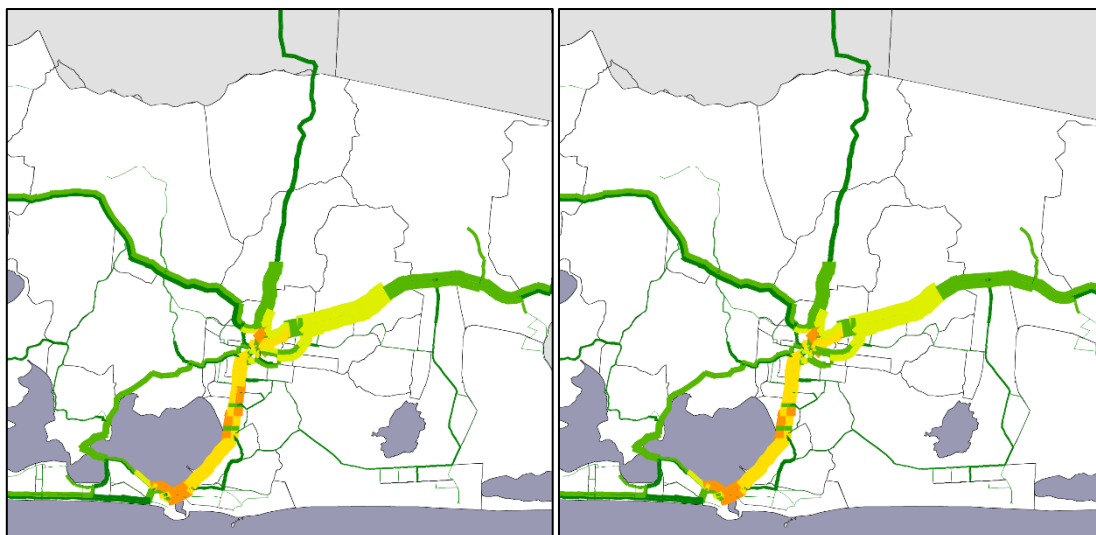


Figura 39: Carregamento da rede - comparação Cenários 2 e 4, ano 2024

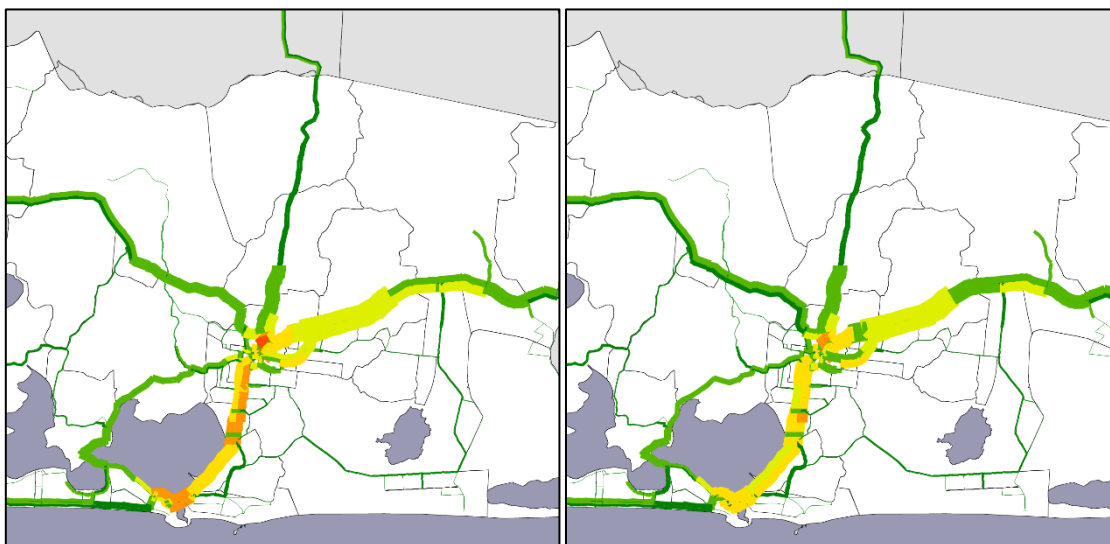


Figura 40: Carregamento da rede - comparação Cenários 2 e 4, ano 2027

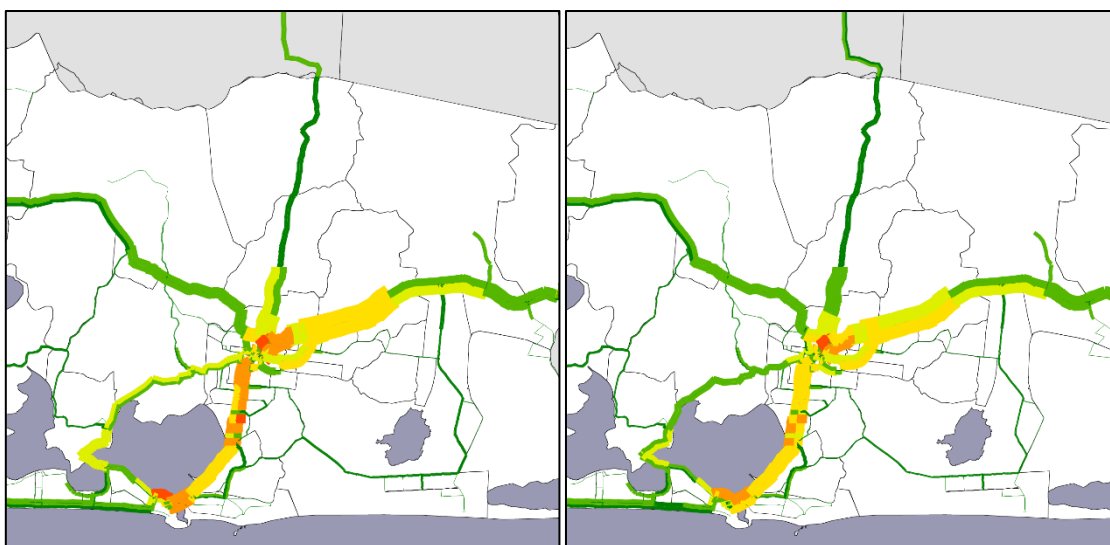


Figura 41: Carregamento da rede - comparação Cenários 2 e 4, ano 2032



Para possibilitar a análise quantitativa do desempenho do sistema viário, as velocidades dos corredores viários de maior carregamento na condição sem projeto (Cenários 1 e 2) são comparadas com as velocidades na condição com projetos (Cenários 3 e 4) na Tabela 17.

A melhoria do desempenho é bastante significativa na Av. Saquarema e no trecho central da rodovia RJ-106. Na primeira via, estima-se um aumento de 7,3% na velocidade operacional no horizonte de 10 anos entre os cenários de crescimento moderado. Já entre os cenários de crescimento Acelerado, estima-se um aumento de 10,3% na velocidade operacional neste mesmo horizonte de tempo. No trecho central da rodovia, no horizonte de 10 anos, estima-se que a velocidade operacional melhore em 7,1% tanto na tendência de crescimento moderado quanto na de crescimento Acelerado. Nos demais trechos da rodovia RJ-106 (leste e oeste) não foram observadas melhorias já que o desempenho nesses locais foi pouco afetado pelo aumento na quantidade de viagens.

Tabela 17: Comparação das velocidades médias nos corredores de maior carregamento nas condições sem (Cenários 1 e 2) e com melhorias (Cenários 3 e 4)

Corredor	Cenário	Velocidade média (km/h)	Cenário	Velocidade média (km/h)	Aumento da velocidade (%)
Av. Saquarema	Cenário 1 2024	26,5	Cenário 3 2024	26,6	0,4%
	Cenário 1 2027	26,2	Cenário 3 2027	28,1	7,1%
	Cenário 1 2032	25,7	Cenário 3 2032	27,5	7,3%
	Cenário 2 2024	26,4	Cenário 4 2024	26,5	0,3%
	Cenário 2 2027	25,6	Cenário 4 2027	27,5	7,5%
	Cenário 2 2032	24,1	Cenário 4 2032	26,5	10,3%
RJ-106 central	Cenário 1 2024	26,6	Cenário 3 2024	26,6	0,0%
	Cenário 1 2027	26,5	Cenário 3 2027	28,3	6,9%
	Cenário 1 2032	26,2	Cenário 3 2032	28,1	7,1%
	Cenário 2 2024	26,5	Cenário 4 2024	26,6	0,1%
	Cenário 2 2027	26,2	Cenário 4 2027	28,1	7,1%
	Cenário 2 2032	25,4	Cenário 4 2032	27,2	7,1%
RJ-106 leste	Cenário 1 2024	34,7	Cenário 3 2024	35,0	0,8%
	Cenário 1 2027	34,4	Cenário 3 2027	35,2	2,5%
	Cenário 1 2032	33,3	Cenário 3 2032	34,4	3,4%
	Cenário 2 2024	34,6	Cenário 4 2024	34,8	0,5%
	Cenário 2 2027	33,1	Cenário 4 2027	34,2	3,5%
	Cenário 2 2032	29,9	Cenário 4 2032	31,0	3,8%
RJ-106 oeste	Cenário 1 2024	46,9	Cenário 3 2024	46,9	0,1%
	Cenário 1 2027	46,7	Cenário 3 2027	46,9	0,3%
	Cenário 1 2032	46,5	Cenário 3 2032	46,7	0,4%
	Cenário 2 2024	46,8	Cenário 4 2024	46,8	0,1%
	Cenário 2 2027	46,5	Cenário 4 2027	46,7	0,4%
	Cenário 2 2032	45,6	Cenário 4 2032	45,9	0,6%



A Tabela 18 apresenta as medidas globais de tempo, distância e velocidade para comparar os resultados dos cenários 3 e 4 entre os anos simulados.

Tabela 18: Resultados globais dos cenários 3 e 4 (com projetos)

		Ano Base	Cenário 3 (moderado)			Cenário 4(Acelerado)		
		2022	2024	2027	2032	2024	2027	2032
Média por par de zona	Tempo (min.)	21,44	21,45	21,29	21,37	21,47	21,38	21,64
	Distância (km)	13,11	13,12	13,08	13,08	13,12	13,08	13,11
	Velocidade (km/h)	36,68	36,69	36,85	36,73	36,66	36,71	36,35
Média por indivíduo	Tempo (min.)	16,84	16,83	16,58	16,67	16,88	16,72	17,09
	Distância (km)	9,73	9,71	9,65	9,65	9,73	9,68	9,69
	Velocidade (km/h)	34,67	34,61	34,92	34,71	34,59	34,71	34,02
Valores globais	Viagens	6.928	7.015	7.159	7.732	7.189	7.813	9.317
	Tempo (horas)	1.945	1.968	1.978	2.149	2.022	2.178	2.654
	Distância (km)	67.425	68.103	69.080	74.591	69.950	75.599	90.290

O primeiro bloco da tabela (três primeiras linhas), mostram as medidas médias estimadas para os pares de zonas. Observa-se uma melhora do desempenho do sistema de transporte em ambos os cenários em 2027, quando prevê-se a implantação dos projetos de maior impacto na redução dos tempos de viagem, como a Reestruturação do Eixo de Comércio e Serviços, o Projeto de Circulação Viária na Centralidade de Bacaxá e a implantação plena do Sistema de Transporte Integrado. No cenário 1 a melhoria do desempenho em relação ao ano base é percebida, inclusive, no ano de 2032.

Essa melhoria no desempenho operacional do sistema de transporte é percebida também nas medidas médias por indivíduo (bloco central da tabela, linhas 4 a 6). Essas médias foram calculadas pelos tempos de viagem ponderados pelos volumes de viagem em cada par de zona. Como os volumes de viagem estão concentrados nos pares impactados pelos congestionamentos, o aumento percentual é maior que o apresentado no parágrafo anterior. No cenário 2, de crescimento Acelerado, no intervalo de 10 anos, aumento médio dos tempos de viagem é estimado em 4,3% (de 16,84 minutos em 2022 para 17,56 minutos em 2032).

Na análise espacial desagregada é possível verificar a variação (tanto negativa quanto positiva) dos tempos médios das viagens com origem e destino em cada zona. A Tabela 19 mostra qual foi a variação percentual do tempo de viagem nos anos-horizontes em relação ao ano base. Nos anos de 2027 e 2032 do Cenário 3 e no ano de 2027 do Cenário 4 são previstas reduções nos tempos de viagem em diversas zonas decorrentes da implantação dos projetos.

A implantação dos projetos traz benefícios em regiões de todo o território do município, minimizando os reflexos do aumento das viagens ao longo dos anos em



Saquarema. Isso fica nítido ao se comparar os mapas da Figura 24 à Figura 29 (Cenários 1 e 2) com os mapas da Figura 42 à Figura 47 (Cenários 3 e 4).

Tabela 19: Variação média do tempo de viagem por zona em relação ao ano base – Cenários 3 e 4 (2024, 2027 e 2032)

Zona	Nome	Cenário 3			Cenário 4		
		2024	2027	2032	2024	2027	2032
1	Areal	0,12%	-1,62%	-0,93%	0,29%	-0,86%	0,79%
2	Centro	0,19%	-1,82%	-0,83%	0,44%	-0,74%	1,68%
3	Gravata	0,05%	-1,09%	-0,49%	0,12%	-0,42%	0,64%
4	Boqueirao	0,04%	-0,48%	-0,23%	0,11%	-0,20%	0,65%
5	Coqueiral	-0,04%	-0,56%	-0,32%	0,02%	-0,29%	0,49%
6	Barra Nova	0,00%	-0,49%	-0,26%	0,06%	-0,23%	0,52%
7	Jacone	0,01%	-0,25%	-0,06%	0,06%	-0,03%	0,65%
8	Itauna	0,10%	-1,30%	-0,80%	0,23%	-0,74%	0,45%
9	Porto Novo	0,16%	-2,16%	-1,32%	0,38%	-1,23%	0,70%
10	Leigos	0,10%	-1,44%	-0,94%	0,24%	-0,88%	0,30%
11	Jardim Ipitangas	0,04%	-0,27%	0,20%	0,17%	0,29%	2,07%
12	Ipitangas	0,01%	-0,21%	0,06%	0,09%	0,12%	1,24%
13	Comum	0,04%	-0,57%	-0,23%	0,13%	-0,18%	0,87%
14	Agua Branca	0,03%	-0,24%	0,18%	0,14%	0,26%	1,92%
15	Verde Vale	0,06%	-0,78%	-0,41%	0,15%	-0,36%	0,74%
16	Sao Geraldo	0,04%	-0,64%	-0,26%	0,15%	-0,20%	1,14%
17	Porto da Roca II	0,09%	-1,29%	-0,78%	0,22%	-0,72%	0,58%
18	Parque Marina	0,04%	-0,79%	-0,46%	0,13%	-0,41%	0,75%
19	de Fatima	0,08%	-1,25%	-0,75%	0,20%	-0,69%	0,82%
20	Condado de Bacaxa	0,04%	-0,70%	0,00%	0,24%	0,13%	2,47%
21	Caixa D'Agua	0,06%	-0,72%	-0,26%	0,19%	-0,20%	1,26%
22	Barreira	0,05%	-0,86%	-0,53%	0,14%	-0,49%	0,57%
23	Bacaxa	0,11%	-1,24%	-0,61%	0,27%	-0,53%	1,79%
24	Aterrado	0,06%	-0,73%	-0,26%	0,19%	-0,20%	1,29%
25	Asfalto Velho	0,05%	-0,55%	0,00%	0,20%	0,10%	1,98%
26	Retiro	0,05%	-0,87%	-0,40%	0,17%	-0,33%	1,10%
27	Raia	0,06%	-1,50%	-1,04%	0,16%	-0,99%	0,31%
28	Engenho Grande	0,03%	-0,22%	0,17%	0,14%	0,25%	1,75%
29	Palmital	0,03%	-0,72%	-0,27%	0,14%	-0,19%	1,31%
30	Bicuiba	0,03%	-0,26%	0,18%	0,15%	0,27%	1,94%
31	Guarani	0,11%	-1,68%	-1,09%	0,28%	-1,03%	0,26%
32	Porto da Roca I	0,13%	-1,79%	-1,10%	0,33%	-1,02%	0,66%
33	Alvorada	0,03%	-0,93%	-0,59%	0,12%	-0,53%	0,67%
34	Madressilva	0,04%	-0,25%	-0,03%	0,10%	0,00%	0,82%
35	Rio Seco	0,02%	-0,78%	-0,50%	0,10%	-0,45%	0,56%
36	Jardim	0,04%	-0,38%	-0,16%	0,09%	-0,13%	0,69%
37	Mombaca	0,01%	-0,28%	-0,09%	0,06%	-0,06%	0,69%
38	Morro dos Pregos	0,01%	-0,25%	-0,08%	0,06%	-0,05%	0,61%
39	Sampaio Correia	0,01%	-0,50%	-0,30%	0,06%	-0,26%	0,47%
40	Basileia	0,01%	-0,51%	-0,31%	0,07%	-0,27%	0,45%
41	Serra de Mato Grosso	0,01%	-0,43%	-0,26%	0,05%	-0,23%	0,41%
42	Rio Mole	0,01%	-0,54%	-0,35%	0,07%	-0,31%	0,39%
43	Tingui	0,01%	-0,52%	-0,33%	0,07%	-0,29%	0,40%
44	Rio d'Areia	0,03%	-0,89%	-0,33%	0,18%	-0,24%	1,64%
45	Bonsucesso	0,05%	-0,42%	0,16%	0,21%	0,27%	2,38%
46	Vilatour	0,02%	-0,60%	-0,44%	0,06%	-0,41%	0,05%



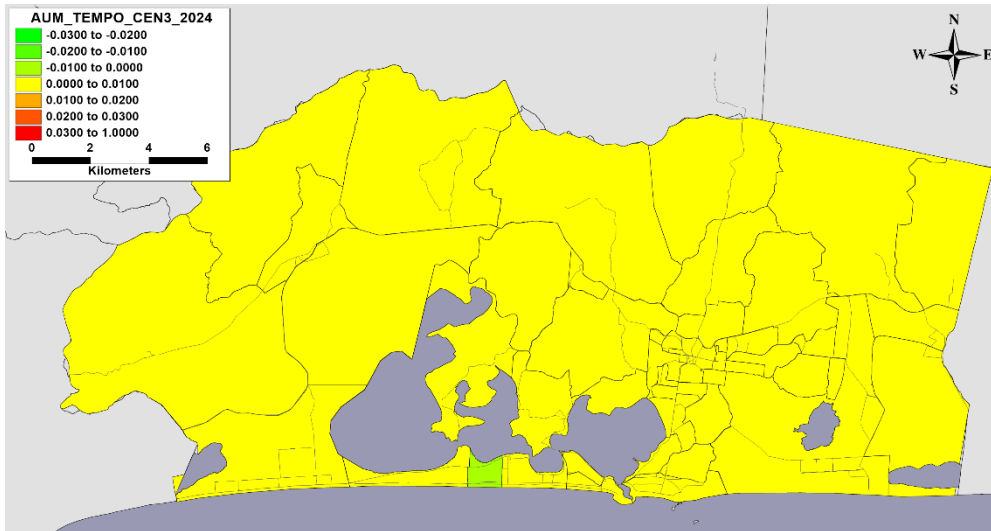


Figura 42: Variação percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 3, ano 2024

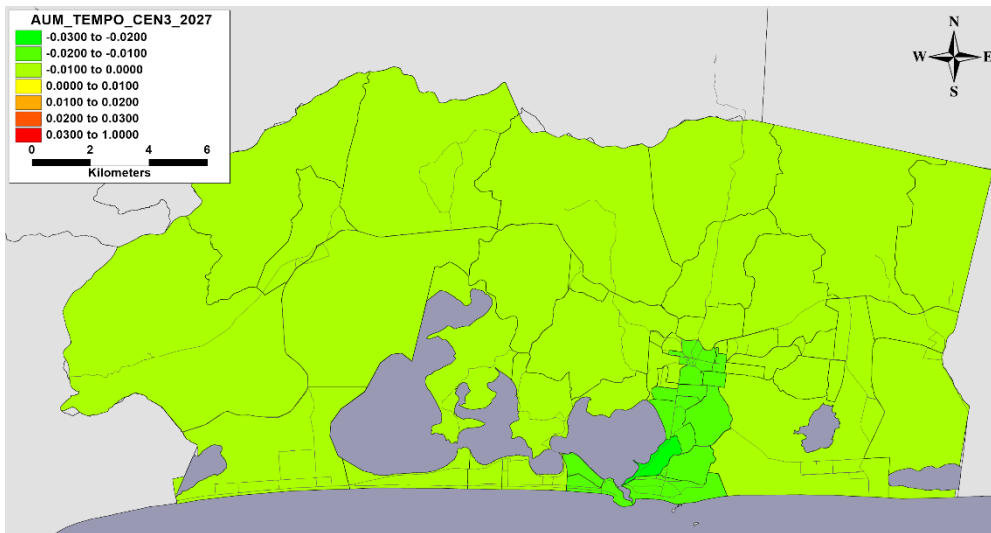


Figura 43: Variação percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 3, ano 2027

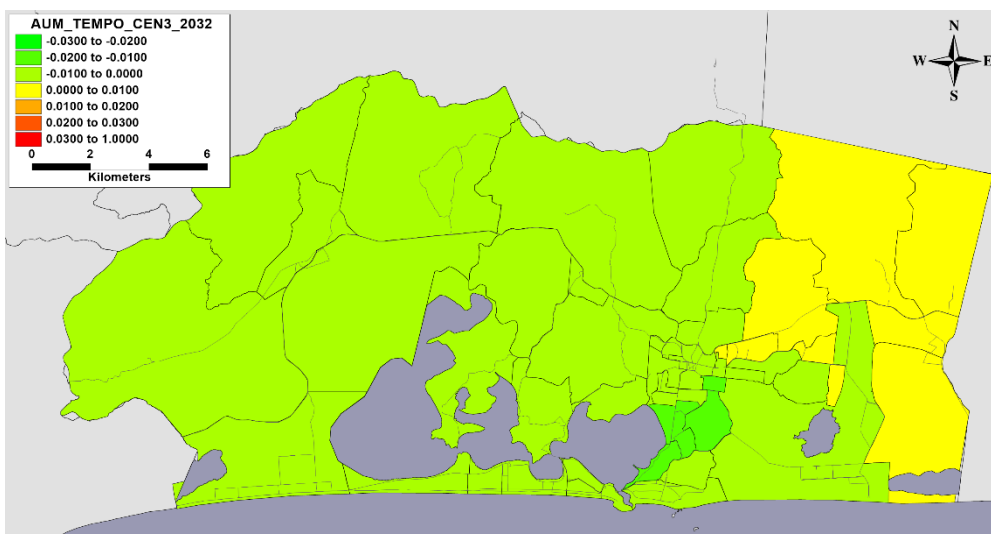


Figura 44: Variação percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 3, ano 2032



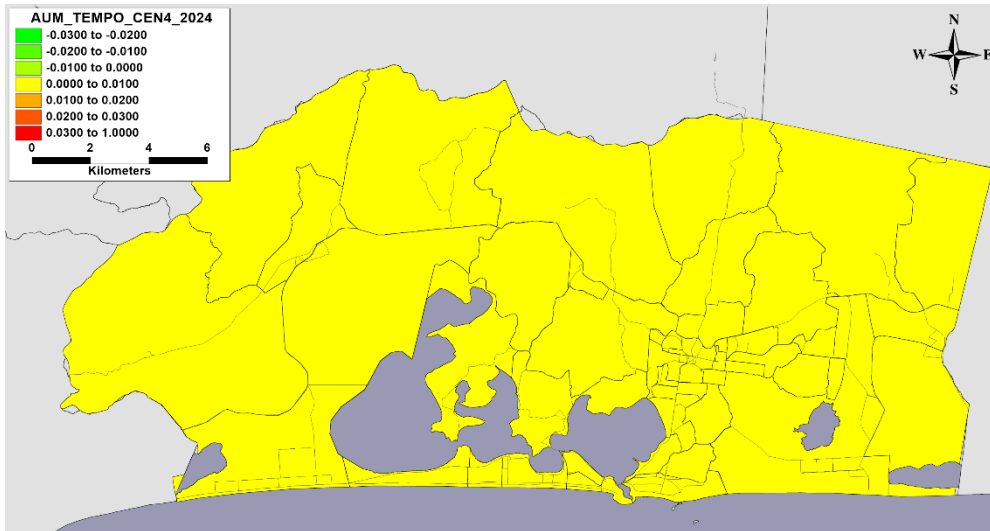


Figura 45: Variação percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 4, ano 2024

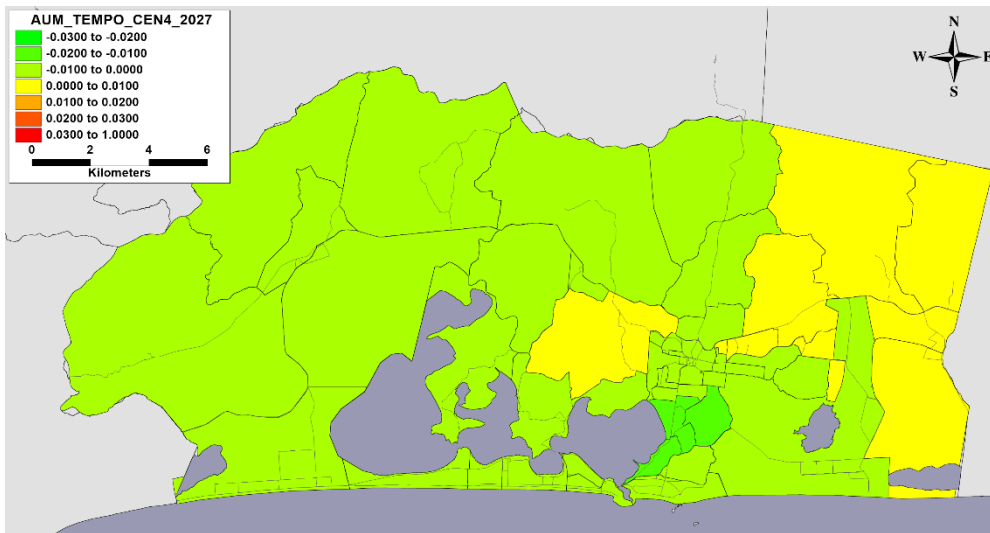


Figura 46: Variação percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 4, ano 2027

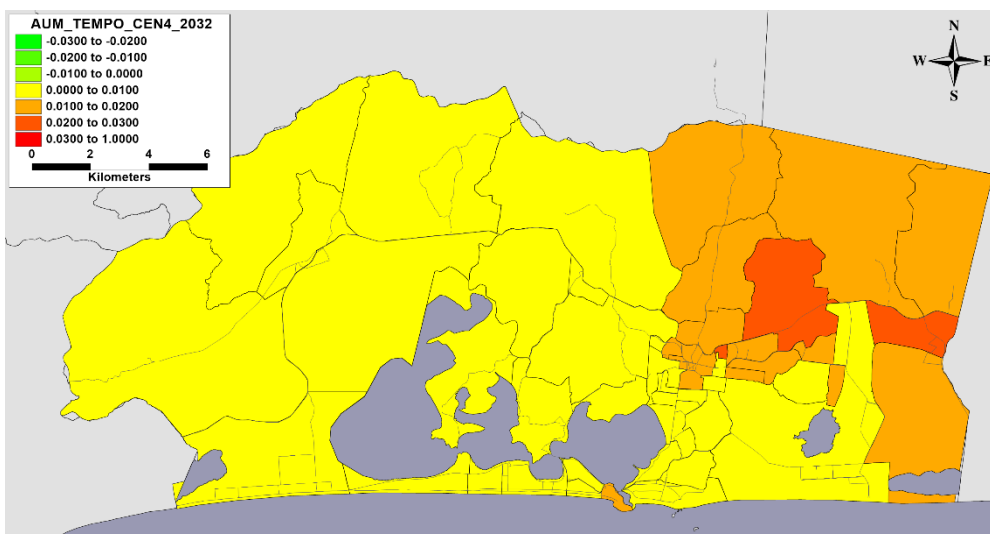


Figura 47: Variação percentual dos tempos de viagem por zona – cenário 4, ano 2032



5 Considerações Finais

Este relatório apresentou os resultados da simulação de rede realizadas no âmbito do Plano de Mobilidade Urbana de Saquarema que forneceram informações necessárias para avaliar alguns dos projetos propostos no plano. Nas simulações foram considerados quatro projetos referentes à implantação de melhorias na infraestrutura e nos serviços de transporte do município, dentre eles:

- Projeto 1: Reestruturação do Eixo de Comércio e Serviços;
- Projeto 2: Reestruturação dos Eixos Turísticos;
- Projeto 3: Projeto de circulação viária nas centralidades;
- Projeto 4: Sistema de Transporte Integrado.

Com as simulações feitas foi possível avaliar o impacto dos projetos na melhoria do desempenho do sistema de transportes com reflexos na mobilidade da população local.

Primeiramente, foram feitas simulações individuais dos projetos, o que permitiu avaliar o impacto de cada um deles de forma isolada a partir das premissas adotadas. Dentre os projetos avaliados, aqueles que apresentaram melhores benefícios para a mobilidade urbana em termos gerais foram o Projeto 1, o Projeto 4 e o Projeto 3, nessa ordem tendo em vista as premissas adotadas.

Em seguida, foram construídos e simulados quatro cenários em três anos-horizontes, 2024 (curto prazo), 2027 (médio prazo) e 2032 (longo prazo). Os cenários analisados foram os seguintes:

- Cenário 1: Nada a fazer com crescimento moderado;
- Cenário 2: Nada a fazer com crescimento Acelerado;
- Cenário 3: Implantação de projetos com crescimento moderado;
- Cenário 4: Implantação de projetos com crescimento Acelerado.

A comparação do desempenho do sistema de transporte sem melhorias (Cenários 1 e 2) com o desempenho do sistema com melhorias (Cenários 3 e 4) possibilitou analisar os benefícios decorrentes da implantação conjunta dos projetos nos prazos em que são previstas suas implantações. Foram observadas melhorias no desempenho das vias que mais sofrem congestionamentos como a Avenida Saquarema, a rodovia RJ-106, e a rede do centro de Bacaxá, o que levou à mitigação dos impactos sobre o tempo de viagem da população em todas as regiões do município.



6 Referências Bibliográficas

Abrahamsson, T. Estimation of Origin-Destination Matrices Using Traffic Counts – A Literature Survey. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxemburg, maio 1998.

Bertaud, A. Order without design: How markets shape cities. MIT press. 2018.

Bertoncini, B. V. Uma proposta de carregamento incremental de fluxos veiculares para estimação de matrix O-D sintética. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos. 2007.

Caliper. TransCAD Transportation Planning Software – Travel Demand Modeling with TransCAD 8.0 – User’s Guide. [S.l.]: [s.n.], 2018.

Chaudhry, M. S.; Ranjitkar, P. Capacity Analysis of Signalised Intersection using Micro-simulation. 32nd Australian Transport Research Forum, 2009.

Fujita, M., Krugman, P. R., & Venables, A. The spatial economy: Cities, regions, and international trade. MIT press. 2001.

Levinson, D. M., & King, D. A. A political economy of access: Infrastructure, networks, cities, and institutions. Network Design Lab. 2019.

Netto, V. M. The social fabric of cities. Taylor & Francis. 2016.

Nielsen, O. A. Two New Methods for Estimating Trip Matrices from Traffic Counts. In: ORTÚZAR, J. D. D.; HENSHER, D. A.; JARA-DIAZ, S. Travel Behaviour Research: Updating the State of Play. Oxford: Elsevier Science Ltd., 1998. Cap. 13, p. 221-250.

Ortúzar, J. D., Willumsen, L. G. Modelling Transport. Fourth Edition. Chichester: John Wiley & Sons, 2011

Pereira, R. H., Banister, D., Schwanen, T., & Wessel, N. Distributional effects of transport policies on inequalities in access to opportunities in Rio de Janeiro. Journal of Transport and Land Use, 12(1), 741-764. 2019.

Sevtsuk, A., & Kalvo, R. (2018). Patronage of urban commercial clusters: A network-based extension of the Huff model for balancing location and size. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 45(3), 508-528.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual (HCM) – National Research Council. Washington, DC. 2010.

Villaça, F. (2017). Espaço intra-urbano no Brasil (2a ed.). Studio nobel. (Trabalho original publicado em 1998)

White, R., Engelen, G., & Uljee, I. (2015). Modeling cities and regions as complex systems: From theory to planning applications. MIT Press.

