

## Estudos de tráfego para implantação de corredor de ônibus no trecho Km21 - Vila Yara - Osasco/SP.

Claudia Cosme Mascarenhas <sup>1</sup>; Luciano Peron <sup>2</sup>; Sílvia Vitali Santos Mauad <sup>3</sup>

<sup>1</sup> GPO Sistran Engenharia - Rua Santa Isabel, 160, 3º andar - Vila Buarque - São Paulo - SP - 01221-010 - Tel: (11) 3335-2125 - ccosme@gpogroup.com - Engenheira na GPO Sistran Engenharia;

<sup>2</sup> GPO Sistran Engenharia - lperon@gpogroup.com - Engenheira na GPO Sistran Engenharia;

<sup>3</sup> GPO Sistran Engenharia - smauad@gpogroup.com - Engenheira na GPO Sistran Engenharia.

### SINOPSE

O presente artigo trata da elaboração de estudos de tráfego com emprego de microsimulação e seus principais resultados referente ao trecho do corredor de ônibus em projeto entre os terminais Km21-Vila Yara em Osasco. O escopo foi organizado em atividades que consistiram basicamente em análises de estudos existentes, nos quais foram avaliados os planos operacionais e os projetos executivos de geometria e sinalização do corredor fornecidos pela EMTU/SP. Também foram feitas pesquisas de tráfego como contagens classificadas e levantamentos específicos necessários à representação das condições reais de tráfego no ambiente de simulação. Além do ano base (2018 calibrado), foram simulados cenários para os anos de 2020 e 2030 (com projeto) e propostas de medidas mitigadoras para melhorar os níveis de serviços considerados críticos. Essas medidas trouxeram melhoras significativas para os indicadores observados no cenário 2030. Embora tenham sido desenvolvidas análises para os períodos de pico da manhã, almoço e tarde, este artigo tratará apenas do horário de pico manhã (HPM).

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudo de tráfego, microsimulação, corredor de ônibus.

### INTRODUÇÃO

O trecho em estudo considera 8 km ao longo da av. dos Autonomistas, especificamente entre o Terminal km 21 - Terminal Vila Yara em Osasco/SP e contará com 10 paradas e 2 terminais metropolitanos. Na próxima figura identifica-se o trecho em questão. A av. dos Autonomistas possui, na maior parte de sua extensão, 3 faixas por sentido, com faixa preferencial de ônibus à direita que será representada na rede do cenário base. Com a implantação do corredor, a faixa preferencial será deslocada para a esquerda sem modificações geométricas relevantes, exceto nas proximidades das paradas. A análise do projeto executivo possibilitou conhecer as tipologias dos pontos de parada, seções típicas da vida e alterações no sistema viário dentre outras características necessárias à construção da rede futura.



Figura 1-Traçado do Corredor Itapevi-Butantã - Trecho III (Terminais Km 21 - Vila Yara)

Fonte: EMTU (2017).

## DIAGNÓSTICO

A construção da rede viária para o ano base 2018 foi desenvolvida tomando como referência o inventário físico desenvolvido nas fases iniciais do trabalho. As vias foram desenhadas no *software* de microssimulação VISSIM sobre uma base cartográfica georreferenciada, fornecida pela EMTU/SP, na qual foram anotadas as informações inventariadas.

Na rede de microssimulação os trechos homogêneos de uma quadra foram desenhados utilizando um mesmo *link*, quando ocorrem mudanças na geometria da via, foi necessário desenhar um novo *link* que represente a nova geometria. A ligação entre os *links* foi feita por um conector, que também foi responsável por representar os possíveis movimentos em um cruzamento. A identificação dos pontos de ônibus ao longo do trecho de estudo, na av. dos Autonomistas, foi realizada durante o inventário físico e operacional do sistema viário.

Na figura a seguir é possível observar à esquerda (a) o posicionamento de um ponto de ônibus à direita da via, e a figura (b) sua representação na rede (ano base 2018).

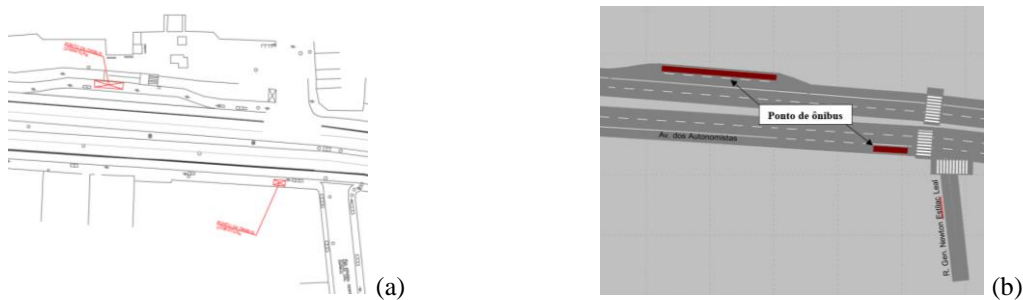


Figura 2 - Exemplo de inclusão dos pontos de ônibus  
Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

A sinalização da área de estudo foi representada na rede de microssimulação para ambas as categorias: horizontal e vertical. Nas interseções sem controle semafórico foram incluídas regras de priorização que funcionam da seguinte maneira: o *software* identifica regiões de sobreposição entre os *links* e conectores da rede, chamadas áreas de conflito e, na configuração dessas áreas, indicou-se o movimento com prioridade de passagem.

Já as interseções semaforizadas, que são controladas por planos semafóricos, para cada faixa da via foi identificado uma fase do ciclo semafórico a qual o movimento pertence. A figura a seguir apresenta, a título de exemplo, as fases pertencentes cada movimento no cruzamento da av. dos Autonomistas com a r. Profª José Azevedo Minhoto. Na sequência a representação do ciclo semafórico no VISSIM.

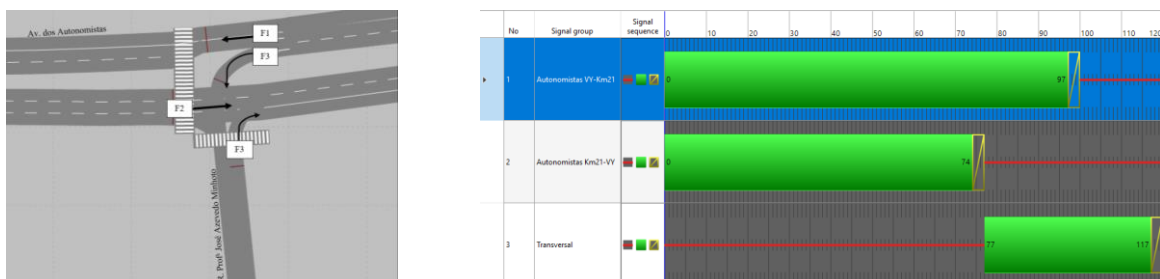
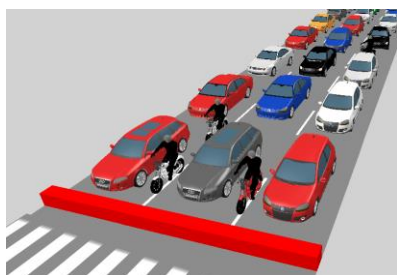


Figura 3 - Exemplo de programação semafórica  
Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

Para a rede de Osasco foram cadastrados seis tipos de veículos. Os diferentes tipos de veículos da categoria ônibus foram criados para diferenciar as linhas metropolitanas da EMTU/SP e ainda, as operadoras das linhas municipais de Osasco.

Para carro, caminhão e ônibus foram mantidos os padrões comportamentais *default* do *software*. O único comportamento de condução criado foi para representar a motocicleta, de modo que na simulação elas pudessem trafegar entre dois carros, sem ocupar o espaço na faixa, como usualmente ocorre. Esta alteração é fundamental para representação real do

tráfego e contribuirá para a calibração do modelo que será abordada adiante. A figura a seguir mostra os carros e motos parados no semáforo vermelho em um cruzamento da rede de Osasco, com a moto trafegando entre os demais veículos.



ID	Classe	Veículo
1	Carro	Carro
2	Caminhão	Caminhão
3	Moto	Moto
10	Ônibus	Bus_EMTU
		Bus_VOsasco
		Bus_Urubu

Figura 4 - Exemplo de alteração do modelo comportamental dos motociclistas e classes de veículos  
Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

A categorização da classe de veículos é fundamental para permissão de uso das faixas de rolamento, como por exemplo, bloqueio de permissão de uso da faixa exclusiva para ônibus para as categorias 1, 2 e 3 e para segmentação dos volumes do transporte individual por categoria nas seções de calibração do modelo.

Os volumes alocados na rede correspondem à média de três dias típicos de pesquisa, apresentados na tabela a seguir para cada acesso de veículos à rede (são os locais de *input*). O volume de tráfego apresentado é a soma dos automóveis, das motocicletas e dos caminhões, e a cada *input* é associado à divisão modal, ou seja, o percentual de participação de cada veículo na seção observada.

Tabela 1 - Volume de tráfego alocado na rede (transporte individual) - Cenário base 2018

Ponto de contagem	Entrava de veículos na rede	HPM	HPA	HPT
1	I01_Autonomistas Km21-VY	2.011	1.658	1.498
1	I01_R. Gen. Florêncio BC	567	440	498
2	I02_R. Nossa Sra. Imac. Conceição BC	117	154	101
2	I02_R. Nossa Sra. Imac. Conceição CB	8	44	17
3	I03_R. Profª José Azevedo Minhoto	461	167	169
5	I05_Av. João Batista	121	155	170
6	I06_R. Antônio Agú BC	177	140	113
6	I06_R. Antônio Agú CB	499	643	690
6	I06_R. Irmã Ester	278	234	225
7	I07_R. Salém Bechara	1.761	1.169	1.121
8	I08_Ac. Av. dos Autonomistas	530	842	564
9	I09_Ac. Av. dos Autonomistas	715	1.087	1.063
10	I10_Av. Franz Voegeli	831	1.228	1.305
10	I10 Autonomistas VY-Km21_1	2.144	2.346	2.625
<b>Total</b>		<b>10.220</b>	<b>10.304</b>	<b>10.159</b>

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

As figuras a seguir mostram a composição média da frota pesquisada em todos os pontos de contagem para cada período-pico de pesquisa. Em quantidade de veículos, o automóvel corresponde à mais de 80% do volume de tráfego da área de estudo nos três períodos de pesquisa.

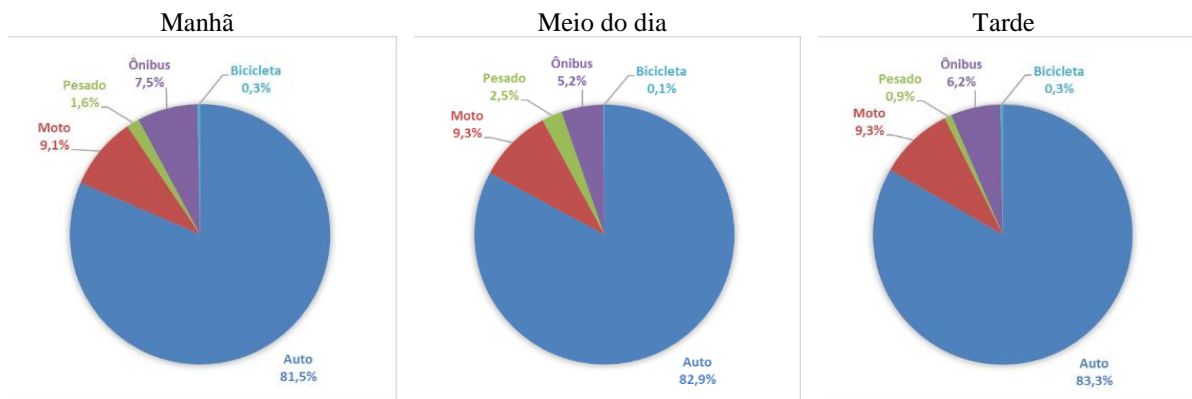


Figura 5 - Exemplo de composição da frota pesquisada por ponto de contagem  
 Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

Além disso, foram cadastrados 168 itinerários, destes 89 são de linhas metropolitanas da EMTU e 79 de linhas municipais de Osasco. Juntos totalizam 716 partidas na hora-pico manhã.

### METODOLOGIA PARA CALIBRAÇÃO DA REDE

De modo geral, o grau de confiabilidade de um modelo é verificado em duas etapas distintas, denominadas de calibração e validação. Na calibração, os parâmetros do modelo são sistematicamente alterados com o objetivo de minimizar a diferença entre uma medição obtida em campo e o seu valor do modelo simulado. Na validação, por sua vez, deve-se verificar a discrepância entre as medidas de desempenho, estimadas pelo modelo, utilizando os parâmetros calibrados, com aquelas obtidas a em campo.

Os volumes observados na pesquisa foram confrontados com os volumes simulados para as três faixas horárias. O procedimento de calibração e validação da rede consistiu em comparar estatisticamente os volumes por categoria observados nas pesquisas de campo, com os volumes alocados na rede de simulação. Isso ocorrerá em cada processo de alocação onde foram descartados os primeiros 20 minutos iniciais destinados ao *warm-up*, ou seja, o tempo necessário para que todo o tráfego seja alocado na rede. Os resultados foram obtidos a partir da média de cinco rodadas de simulação.

Os parâmetros de validação da calibração utilizados foram: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da equação linear, entre os valores observados e simulados, e o GEH<sup>1</sup> statistic. O primeiro, por ser amplamente utilizado em estudos de transportes e tratar-se de um ponto de partida para comparação dos volumes que foram observados em campo com os volumes representados no modelo de simulação. De acordo com Ortúzar (2011) é uma boa prática plotar um gráfico de volumes observados *versus* modelados e avaliar o valor de  $R^2$  da reta, onde quanto mais próximo de 1 for o  $R^2$ , mais próximos dos valores observados estarão os volumes simulados. Próximo de 1 também deve estar o coeficiente angular ( $\alpha$ ) da equação de regressão linear ( $y = \alpha x + \beta$ ) e quanto mais perto a reta estiver da interseção no eixo zero (valor de  $\beta$  tendendo à zero), mais próximo da realidade está o modelo desenvolvido.

Já GEH surge como uma alternativa britânica às diferenças absolutas e relativas entre os volumes observados e simulados. De acordo com manual da FHWA<sup>2</sup> para cada seção de calibração é desejável GEH igual ou inferior a 5, indicando que a diferença entre os volumes observados e simulados é aceitável e o ponto está calibrado. Valores do GEH entre 5 e 10 indicam que o ponto não está muito bem calibrado, sugerindo uma investigação do problema e acima de 10, o ponto não está calibrado. Ao todo, é desejável que 85% dos pontos de calibração resultem em valores de GEH inferiores a 5. A equação para cálculo do GEH é a seguinte:

<sup>1</sup> The GEH Statistic é uma fórmula estatística usada em estudos de engenharia de tráfego para comparar volumes observados x simulados criada por Geoffrey E. Havers.

<sup>2</sup> The Federal Highway Administration.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}} \quad (1)$$

Onde:

M = Volume simulado (veículos por hora); e

C = Volume observado (veículos por hora).

Na validação e calibração do modelo de microssimulação deve ter consciência da existência de ocorrências de tráfego externas à área de estudo que influenciam na forma como os veículos acessam a rede da área de estudo, porém, não é possível representar esses fenômenos externos na microssimulação e o transporte coletivo, ao longo de seu itinerário, soma interferências de tráfego até atingir a área de estudo.

Prever esses fenômenos de tráfego que ocorrem fora da área de estudo, ou seja, antes do ônibus entrar na rede é muito difícil e influenciará a comparação entre os volumes observados e simulados, pois é difícil prever o momento que cada linha entra na rede após a saída do ponto inicial.

Influenciado pelas questões apresentadas, os valores de R<sup>2</sup> para o transporte coletivo podem aparecer menores que os valores de R<sup>2</sup> das demais categorias de veículos, embora com elevados índices de confiabilidade para um modelo de simulação. Os valores de GEH também estão dentro do aceitável, abaixo de 5 para todos os pontos de calibração do transporte coletivo e individual

Visando dar maior objetividade ao artigo, serão apresentados os resultados da calibração e demais avaliações apenas para a hora pico manhã. Cabendo a observação, que o mesmo procedimento foi executado para as demais horas pico.

Tabela 2 - Resultados da calibração para o transporte individual e coletivo (HPM)- (GEH)

Ponto	Sentido	Individual				Coletivo			
		Obs.	Sim.	Dif. (%)	GEH	Obs.	Sim.	Dif. (%)	GEH
PC01	Km21-VY	2.038	2.029	-0,4%	0,2	89	71	-20,2%	2,0
PC01	VY-Km21	1.095	1.094	-0,1%	0,0	91	61	-33,0%	3,4
PC02	Km21-VY	1.672	1.645	-1,6%	0,7	140	105	-25,0%	3,2
PC02	VY-Km21	1.028	1.017	-1,1%	0,3	110	85	-22,7%	2,5
PC03	Km21-VY	2.350	2.293	-2,4%	1,2	161	137	-14,9%	2,0
PC03	VY-Km21	1.119	1.061	-5,2%	1,8	117	110	-6,0%	0,7
PC04	Km21-VY	2.796	2.804	0,3%	0,2	153	133	-13,1%	1,7
PC04	VY-Km21	774	687	-11,2%	3,2	87	108	24,1%	2,1
PC05	Km21-VY	1.048	1.062	1,3%	0,4	70	51	-27,1%	2,4
PC05	VY-Km21	1.226	1.176	-4,1%	1,4	69	68	-1,4%	0,1
PC06	Km21-VY	1.221	1.186	-2,9%	1,0	66	55	-16,7%	1,4
PC06	VY-Km21	1.169	1.096	-6,2%	2,2	68	74	8,8%	0,7
PC07	Km21-VY	1.994	1.887	-5,4%	2,4	207	207	0,0%	0,0
PC07	VY-Km21	1.314	1.284	-2,3%	0,8	142	169	19,0%	2,2
PC08	Km21-VY	1.717	1.658	-3,4%	1,4	152	138	-9,2%	1,2
PC08	VY-Km21	896	850	-5,1%	1,6	80	85	6,3%	0,6
PC09	Km21-VY	2.518	2.366	-6,0%	3,1	207	170	-17,9%	2,7
PC09	VY-Km21	1.876	1.798	-4,2%	1,8	148	140	-5,4%	0,7
PC010	Km21-VY	1.857	2.001	7,8%	3,3	180	170	-5,6%	0,8
PC010	VY-Km21	1.782	1.793	0,6%	0,3	142	139	-2,1%	0,3

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

Com o modelo calibrado para a hora-pico da manhã foi possível atingir valores de GEH entre 0,1 e 3,2 para o automóvel, de 0 a 4,1 para motocicleta, de 0 a 1,4 para pesados. Ao agrupar os volumes observados e simulados da categoria de individual, os valores do GEH ficaram entre 0 a 3,2. Complementando a análise de confiabilidade do modelo de simulação, os valores do coeficiente de determinação, R<sup>2</sup>, para auto, moto e pesado são respectivamente, 0,990, 0,948 e 0,939, como mostra a. Já o valor do R<sup>2</sup> para todos os modos individuais foi de 0,989, indicando que o modelo é capaz de explicar 98,9% do volume de veículos do transporte individual pesquisados na área de estudo.

Para os veículos do transporte coletivo (municipal + intermunicipal), os valores de dos pontos de calibração variou de 0 a 3,4. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) da equação linear entre os volumes observados e simulados foi de 0,865. De acordo com os dois parâmetros de

análise de calibração, considera-se que o modelo de simulação para a HPM é válido e apresenta elevado grau de confiabilidade para os veículos do transporte coletivo e individual.

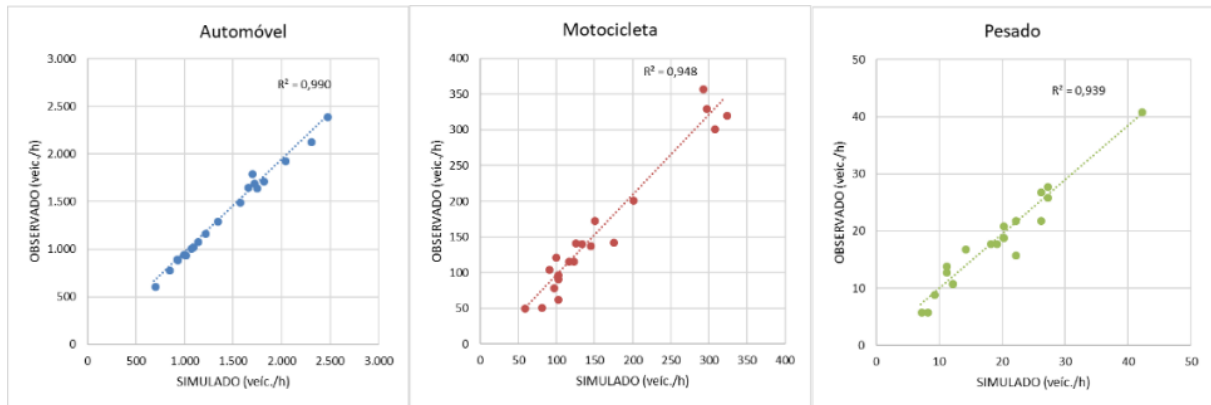


Figura 6 - Calibração da alocação: automóvel, motocicleta e pesado (HPM)  
Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

As figuras a seguir apresentam as velocidades médias e tempos de atraso (diferença entre os tempos de viagem com fluxo livre e simulado) para cada veículo, por sentido. Estes valores da rede, devidamente calibrada, são muito importantes para comparar o efeito do projeto nas velocidades médias e atrasos da rede.

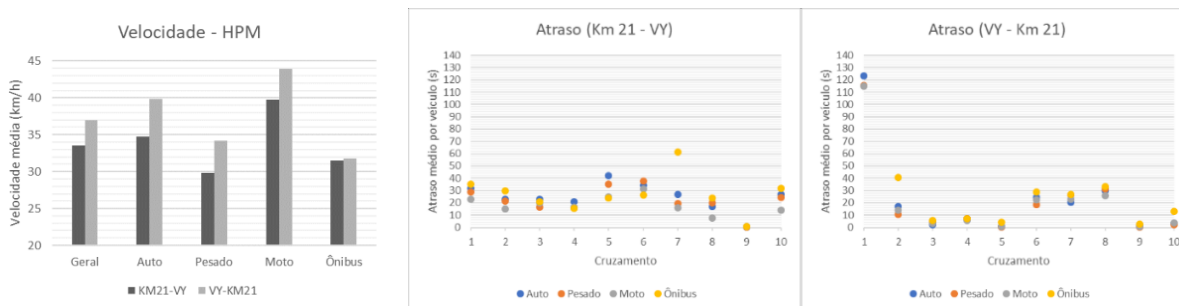


Figura 7 - Velocidade e Atraso médio por veículo, em segundos, por categoria e sentido (HPM)  
Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

## PROPOSIÇÃO

Diante dos resultados validados para rede ano base 2018, foram desenvolvidos cenários futuros, que tomaram como premissa, além da projeção da demanda futura, a instalação do projeto no sistema viário, as modificações previstas na circulação, na programação semafórica e na reorganização dos serviços de ônibus.

A figura a seguir apresenta um exemplo da instalação do corredor na rede desenvolvida para os cenários futuros.



Figura 8 - Modificações no sistema viário para instalação do Corredor de ônibus (Cenários Futuros)  
Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

O cálculo de projeção da frota foi desenvolvido a partir da análise histórica de crescimento da frota veicular da Região Metropolitana de São Paulo (DENATRAN, 2018), conhecendo-se a tendência de crescimento anual da frota de automóveis, caminhões e motocicletas, encontrou-se equações que foram utilizadas para projetar a frota de veículos entre o ano base e os horizontes de projeto. O percentual de crescimento foi aplicado nos dados de *input* da rede nos respectivos horizontes de projeto. Sendo assim, o ano de 2020 possui crescimento de 6,44% de automóvel em relação ao ano base, já no horizonte de longo prazo, a frota de auto é 36% maior que do ano base. O caminhão e a motocicleta possuem percentuais de crescimento variados, conforme tabela a seguir.

Tabela 3 - Volume ao longo da área de estudo para o tráfego geral (HPM)- Ano base 2018

Ano	Calculado			Variação em relação a 2018		
	Automóvel	Caminhão	Motocicleta	Automóvel	Caminhão	Motocicleta
2018	9.283.451	263.714	1.717.269	-	-	-
2020	9.881.502	267.651	1.830.700	6,44%	1,49%	6,61%
2030	12.862.899	264.740	2.205.747	38,56%	0,39%	28,45%

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

O sistema de transporte público foi modelado na situação futura de acordo com proposta de reorganização para o ano de implantação do corredor no trecho do município de Osasco. As linhas municipais de Osasco tiveram seus itinerários e frequências, mantidos e modelados conforme o ano base devido à ausência de informações para propostas de reorganização destas linhas com a implantação do corredor. Ao todo foram representadas 43 linhas municipais e 38 linhas metropolitanas.

Na próxima tabela podem ser observados alguns resultados gerais da rede comparados entre o Ano Base 2018 e cenários futuros (2020 e 2030), respectivamente.

Tabela 4 - Comparativo dos Resultados Gerais das Simulações

Atributo	Ano base (2018)	Cenário 2020 (projeto)	Variação em relação ao ano base	Cenário 2030 (projeto)	Variação em relação ao ano base
Atraso médio por veículo (s)	125	193	55%	328	164%
Velocidade média (km/h)	24	19	-21%	13	-47%
Distância total percorrida (km)	21.367	21.635	1%	23.489	10%
Tempo total de viagem (h)	1.064	1.399	31%	2.247	111%
Atraso total (h)	519	845	63%	1.651	218%
Total de veículos alocados (veíc./h)	14.997	15.767	5%	18.104	21%
Veículos não alocados (veíc./h)	-	274	-	2.821	-

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

A variação de 164% nos atrasos, associada à queda de velocidade e aumento do tempo total de viagem, sugerem aparente esgotamento da capacidade viária e oportunidade de prover melhorias nas condições de circulação e readequação dos tempos semafóricos.

## RESULTADOS

A comparação entre o cenário atual, de calibração do modelo (2018), e horizontes futuro (2020 e 2030), com a implantação do corredor de ônibus, considerando as modificações no sistema viário previstas em projeto executivo e projeções de crescimento da frota de veículos, foi realizada através de indicadores de desempenho, tais como: volumes totais em pontos de contagem veicular classificada, velocidades médias, atrasos médios por categoria e principalmente nível de serviço da via, além de indicadores gerais da rede. A qualidade do sistema é medida através da capacidade de oferta. Esta capacidade é dada por níveis de serviço (NS) que podem variar de A, com as melhores condições de operação a F, com as piores condições.

Na microsimulação o nível de serviço é calculado de acordo com os tempos médios de atrasos das viagens. Os valores são *outputs* do software VISSIM calculados conforme

padrões do HCM 2010 (Highway Capacity Manual). A tabela a seguir apresenta os intervalos de atrasos que compõem cada faixa de nível de serviço.

Tabela 5 - Categorias de Nível de Serviço para cruzamentos semaforizados

NS	Tempo de atraso (segundos)	Qualidade
A	< 10	Ótimo
B	> 10 a 20	Bom
C	> 20 a 35	Regular
D	> 35 a 55	Ruim
E	> 55 a 80	Péssimo
F	> 80	Inaceitável

Fonte: GPO Sistran Engenharia. Adaptado de PTV Vissim 10 - User Manual (2017)

Os pontos de controle que foram definidos para análise dos indicadores de desempenho são os mesmos utilizados para coleta de dados em campo e para calibração do ano base. Na figura a seguir pontos de controle podem ser identificados.



- **P01:** Av. dos Autonomistas X R. General Florêncio;
- **P02:** Av. dos Autonomistas X R. Nossa Sra. Imaculada da Conceição;
- **P03:** Av. dos Autonomistas X R. Profª José Azevedo Minhoto;
- **P04:** Av. dos Autonomistas X Praça 31 de Março;
- **P05:** Av. dos Autonomistas X Av. João Batista;
- **P06:** Av. dos Autonomistas X R. Antônio Agú;
- **P07:** Av. dos Autonomistas X R. Dona Primitiva Vianco;
- **P08:** Av. dos Autonomistas X Vd. Reinaldo de Oliveira 1;
- **P09:** Av. dos Autonomistas X Vd. Reinaldo de Oliveira 2;
- **P10:** Av. dos Autonomistas X Av. Franz Voegeli.

Figura 9 - Identificação dos Pontos de Observação da Rede

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

As ocorrências de níveis de serviço considerados mais críticos (níveis D a F) aumentaram nos cenários após a implantação do projeto em relação a 2018. Por exemplo, na HPM em 2018 há ocorrência de níveis críticos em 27% dos pontos de controle, em 2020 esse valor sobe para 38% e em 2030 chega quase à metade (46%) conforme pode ser observado a seguir.

Tabela 6 - Comparação dos Níveis de Serviços Obtidos nos Cenários Futuros

NS	Ano base 2018	Horizonte 2020	Horizonte 2030
A	27%	27%	22%
B	8%	8%	8%
C	38%	27%	24%
D	24%	19%	19%
E	3%	14%	5%
F	0%	5%	22%
<b>Total (D a F)</b>	<b>27%</b>	<b>38%</b>	<b>46%</b>

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018)

Com base em todas as medidas de desempenho levantadas e análise dos principais gargalos, foram propostas medidas mitigadoras que buscaram melhorar estes indicadores. Estas, foram classificadas quanto ao tipo e identificadas na rede quanto sua localização. A tabela a seguir identifica as medidas mitigadoras aplicadas à rede.

As medidas foram testadas de forma isolada e em conjunto, apenas para o Cenário do horizonte de 2030 que apresentou, devido ao crescimento da frota, os piores níveis de serviço simulados. Os resultados das simulações com as medidas mitigadoras serão apresentados na sequência.



Tabela 7 - Medidas Mitigadoras

	Medida mitigadora	Localização	Tipo	Cenários
1	P05 - Compartilhamento do corredor	Av. João Batista	Geometria	C1
2	P05 - Duas faixas destinadas para conversão	Av. João Batista	Geometria	C2, C3, C4
3	P01 - Reprogramação Semafórica	R. Gen. Florêncio	Sinalização	C3, C4
4	P04 - Alteração viária e reprogramação semafórica	Pça 31 de Março	Geometria	C3, C4
5	Implantação de Semáforos próximos a Est.Cte. Sampaio	Est. Cmt. Sampaio	Sinalização	C3, C4
6	P07 - Reprogramação Semafórica	R. Dna. Primitiva Vianco	Sinalização	C4
7	P05 - Reprogramação Semafórica	Av. João Batista	Sinalização	C4

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018)

## CONCLUSÕES

É possível observar que em todos os cenários de mitigação há melhoras nos indicadores apresentados em comparação a 2030 (sem mitigação). Para a HPM por exemplo, no cenário C4 chega-se a uma redução nos atrasos médios por veículos de 34%, um aumento de velocidade de 40%, diminuição nos atrasos totais de 29% e uma diminuição de veículos não alocados de 56%.

Tabela 8 - Resultados gerais da rede para 2018, 2020, 2030 e cenários de mitigação - (HPM)

Atributo	Ano base (2018)	2020	2030	2030 C1	2030 C2	2030 C3	2030 C4
Atraso médio por veículo (s)	125	193	328	274	271	236	216
Velocidade média (km/h)	24,4	19,2	12,8	15,0	15,1	16,9	18
Tempo total de viagem (h)	1.064	1.399	2.247	2.066	2.055	1.959	1.866
Atraso total (h)	519	845	1.651	1.427	1.413	1.274	1.172
Total de veículos alocados (veic./h)	14.997	15.767	18.104	18.742	18.770	19.418	19.516

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018)

Nas tabelas abaixo são apresentados os percentuais de ocorrência de níveis de serviço para o tráfego geral em cada cenário de mitigação. Observa-se que na HPM, a ocorrência de níveis críticos (D a F) nos cenários de mitigação se mantem na ordem de 35%, sendo que a ocorrência de nível F apresenta variação nos Cenários C3 e C4. Considerando que em 2030 essa porcentagem era da ordem de 46%, pode-se dizer que houve melhoras significativas de nível de serviço após a implantação das medidas mitigadoras, especialmente no Cenário C4.

Tabela 9 - Percentual de ocorrência de níveis de serviço para o tráfego geral por cenário (HPM)

NS Geral	A	B	C	D	E	F
2030 C1	20%	10%	35%	10%	10%	15%
2030 C2	20%	10%	35%	10%	10%	15%
2030 C3	20%	15%	30%	10%	20%	5%
2030 C4	25%	15%	25%	20%	15%	0%

Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018)

As tabelas e figuras a seguir apresentam os resultados gerais da rede com as medidas mitigadoras implantadas especialmente quanto a redução dos atrasos médios e velocidades medias gerais da rede. Indica-se, portanto, o **Cenário 4** como o mais eficiente para melhoria das condições de tráfego no horizonte 2030.

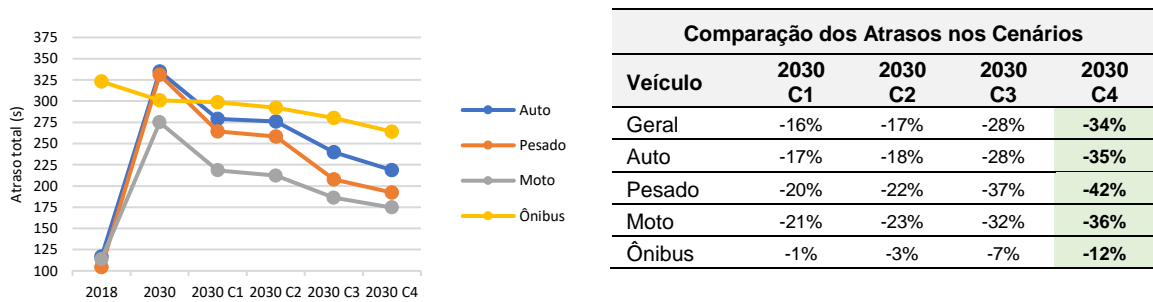


Figura 10 - Variação dos Atrasos Médios  
 Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

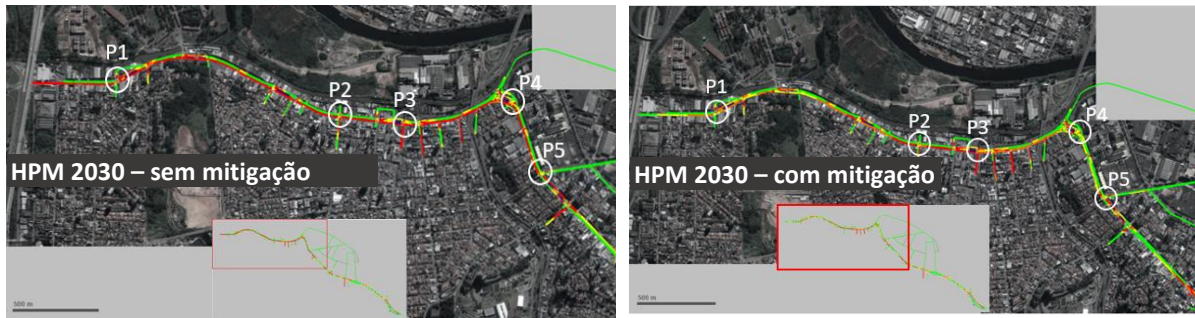


Figura 11 - Velocidades Médias (km/h)  
 Fonte: GPO Sistran Engenharia (2018).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYALA, R. J. L. Procedimento Para Identificação dos Principais Parâmetros dos Microsimuladores A Serem Considerados No Processo de Calibração. Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília. 2013.
- Denatran - Departamento Nacional de Trânsito. Frota de veículos. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>>. Acesso em 06/08/2018.
- FELDMAN, O. The (GEH) Measure And Quality Of The Highway Assignment Models, European Transport Conference. Glasgow, 2012.
- ORTÚZAR, J. D; WILLUMSEN, L. G. Modelling Transport.UK, 2011.
- Traffic Analysis Toolbox Volume IV: Guidelines for Applying CORSIM Microsimulation. Disponível:<[https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysisistools/tat\\_vol4/vol4\\_guidelines.pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysisistools/tat_vol4/vol4_guidelines.pdf)>.