



Relatório de Impacto no Trânsito e
Transporte
Torres Tacaruna

>> JCPM



Sumário

INTRODUÇÃO	2
METODOLOGIA	5
LEVANTAMENTO DE DADOS.....	7
Contagem Classificada de Veículos (CCV).....	8
SITUAÇÃO ATUAL	9
CENÁRIO COM EMPREENDIMENTO	12
Geração de Viagens	12
Composição do Tráfego (Divisão Modal).....	15
Taxa de Ocupação	16
Alocação do Tráfego Gerado pelo Empreendimento	16
Identificação dos impactos gerados	18
CENÁRIO PROJETADO	19
ANÁLISE DA CAPACIDADE.....	22
NÍVEL DE SERVIÇO	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	26

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como objetivo avaliar e, caso necessário, propor intervenções de forma a mitigar o impacto na circulação do entorno do empreendimento localizado em terreno conformado pela R. dos Casados, Largo dos Casados, Travessa Cruz Cabugá e Praça General Carlos Pinto, no bairro de Santo Amaro, Recife/PE.

A metodologia para avaliação dos impactos dos empreendimentos nas vias urbanas do seu entorno, no que diz respeito ao aumento de volume de veículos e pessoas atraídos por este novo empreendimento, carece, no Brasil, de um entendimento técnico e de um posicionamento único.

Sabemos que estas questões apresentam dificuldades especiais pois dependem não só da concepção de um empreendimento específico como também de variáveis contidas no ambiente onde se vai implantar este polo gerador de tráfego.

A inserção urbana do PGV é um fator determinante na produção de suas viagens, devendo-se analisar em que tipo de cidade (e em qual país) o PGV está implantado e em que local nesta cidade ele se encontra. Um PGV localizado na zona central, por exemplo, tem uma divisão modal de viagens bastante diferente de um PGV localizado numa zona afastada. Dessa forma, se torna necessário que os modelos utilizados considerassem de forma consistente a localização relativa do empreendimento.

Outro aspecto ligado ao ambiente em que se insere o polo gerador de tráfego, é a presença, ou não, de um sistema de transporte coletivo apto a atender parcela da demanda. Este é um divisor de águas no que diz respeito a impactos no trânsito, chegando inclusive a situações em que o empreendimento acaba por se tornar um elemento positivo ao potencializar o uso de uma nova estrutura da mobilidade na cidade (um sistema BRT, por exemplo), agregando mais um elemento que vai ao encontro deste equipamento da região ao atrair clientes para usufruir dos investimentos feitos em seu sistema de transporte.

Ao lado destas constatações verificamos, também, que a descentralização decorrente da implantação de um polo gerador de viagens tende a ser benéfica para o conjunto urbano, embora com possíveis impactos negativos no trânsito de seu entorno. A implantação de um novo shopping, por exemplo, pode reduzir os percursos dos clientes e criar centros alternativos de atração. Assim, a metodologia deveria considerar este fenômeno para quantificar os impactos diferenciados de cada um destes novos empreendimentos.

A complementariedade de um novo polo com os demais localizados na área, levando a atender o cidadão em suas diversas demandas de serviço sem que seja preciso sair da região, em outras palavras o “mix” de ocupação da região agrega dinamicidade ao tecido urbano, potencializando os seus usos e reduzindo os impactos cruzados sobre o ambiente.

Além de todos estes aspectos, deve-se ficar atento para diferenciar os usuários do PGV por suas diferentes origens e motivações. De modo geral consideram-se três tipos de viagens: as primárias, cuja origem e destino são a residência, ou seja, o empreendimento de fato produziu essa nova viagem; as desviadas, são aquelas que já ocorriam, mas, por consequência do empreendimento, tiveram o trajeto alterado,

gerando uma conexão com o empreendimento e, finalmente, as não-desviadas, viagens que anteriormente se dirigiam para a área e não sofreram mudanças devido ao empreendimento.

Estas últimas, por óbvio, não devem ser consideradas quando do estudo de impacto pois fazem parte da situação, ocorrem em função de usos atuais da região.

O outro fator definidor da viagem é o motivo da viagem - compras, lazer, trabalho, estudo, tratamento de saúde, etc. Cada empreendimento, dependendo do seu mix de ocupação, apresenta um período de pico de produção e atração de viagens. Na nossa organização urbana, as viagens do pico da manhã relacionadas à escola ocorrem entre 6hs e 7hs; as com interesse em compras são mais tarde quando os estabelecimentos comerciais abrem para atendimento aos clientes, entre 10hs e 11hs; os escritórios têm sua concentração de frequência ocorrendo entre 8hs e 9hs, etc.

Considerando esta complementação de picos, saudável e benéfica para o consumo da rede viária, o analista precisa verificar o período pico do conjunto de usos e contrapô-lo com o da região em que se insere o PGV.

O que vemos hoje na literatura são métodos de estimativa de produção de viagens calibrados para um determinado padrão de empreendimento, independente das considerações realizadas anteriormente. São poucas as iniciativas que conseguem oferecer equações de estimativas para uma grande diversidade de usos e de tipos de polos. Os modelos são, de forma geral, trabalhos acadêmicos que tratam apenas de um tipo de PGV.

A metodologia mais comumente utilizada é a desenvolvida pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET, verificando-se em algumas análises inserções de alguns aspectos metodológicos desenvolvidos pelo Institute of Transportation Engineering (ITE), entidade técnica dos Estados Unidos.

Os modelos de geração de viagens da CET foram desenvolvidos com base na técnica de análise de regressão. Cada modelo de geração de viagens consiste numa equação que serve para se estimar o número médio de viagens de pessoas atraídas na hora pico pelo tipo de PGV em questão. Apesar de baseado nas peculiaridades da cidade de São Paulo, é passível de utilização para outras áreas urbanas do país.

Neste relatório, foram utilizados os modelos estabelecidos pela CET, com as adaptações necessárias para configurar todas as especificidades do empreendimento e da região da cidade onde o mesmo se insere.

As análises abrangeram a área delimitada pelas avenidas Governador Agamenon Magalhães, Cruz Cabugá, Prefeito Arthur Lima Cavalcanti, Norte Miguel Arraes de Alencar e Jayme da Fonte, conforme destacado na Figura 1.

Lançou-se mão, para tanto, do uso de técnicas de simulação computacional do tráfego, de forma a permitir uma análise abrangente e precisa dos eventuais impactos ocasionados pelo incremento da demanda no sistema viário.



Figura 1 – Área de Estudo

A modelagem do comportamento do tráfego de veículos, inclusive as particularidades específicas dos veículos de transporte coletivo (linhas, pontos de paradas, etc.) e suas interfaces com os pedestres, foi desenvolvida no software de macro, meso e microsimulação de tráfego Aimsun. O aplicativo é um dos simuladores de fluxos de veículos mais reconhecidos no mundo, capaz de reproduzir, com extrema fidelidade, o tráfego a partir de sua composição por tipo de veículo e por sua frequência ao longo do tempo de operação, das características geométricas e de sinalização das vias e do ambiente (urbano ou não) onde é desenvolvida a simulação.

Além disso, o Aimsun, como software de microsimulação, incorpora e analisa a conduta individual dos motoristas, adotando distribuições probabilísticas que representam a variação no comportamento dos condutores. O mesmo vale para os diferentes tipos de veículos com suas peculiaridades, como velocidade e capacidade de aceleração, que interferem no desempenho global do tráfego.

Os produtos gerados pelo Aimsun apresentam a consistência estatística necessária para dar aos projetistas e tomadores de decisão confiança nos projetos desenvolvidos. A comparação entre indicadores de desempenho de cada alternativa, como níveis de serviço, velocidade média do sistema, tempo de viagem, tempo de atraso, distância percorrida, emissão de poluentes, consumo de combustível, entre outros, permite a opção pelas configurações físicas e operacionais mais eficientes e seguras.

Os capítulos seguintes irão detalhar as etapas de desenvolvimento do trabalho apresentando a metodologia utilizada, premissas, dados levantados e os resultados obtidos com as microsimulações de tráfego.

METODOLOGIA

Em função do tamanho da área de estudo e de sua complexidade, torna-se fundamental a utilização de modelos computacionais capazes de reproduzir o comportamento e as condições do tráfego mediante diferentes cenários para que sejam identificados, de forma adequadamente abrangente e sistêmica, os impactos na circulação decorrentes da operação do Empreendimento.

Técnica consagrada na engenharia de transportes, a modelagem é utilizada para a análise de alternativas de investimentos. Consiste na utilização de programas de computador (modelos de transporte) que simulam as variações nos padrões de deslocamento da população.

A partir da simulação computacional de diferentes configurações de oferta e demanda, é possível extrair e comparar indicadores de desempenho de cada cenário, o que faz da modelagem uma poderosa ferramenta de auxílio ao poder público nas suas escolhas estratégicas, orientando o processo de tomada de decisão.

Este estudo contemplou duas etapas com abordagens distintas: a primeira macroscópica e a segunda meso/microscópica. Ambas foram suportadas pelo software de macro, meso e microssimulação de tráfego Aimsun.

O passo inicial consistiu em simular o comportamento agregado do tráfego, utilizando ferramentas típicas de macrossimulação. Essa primeira abordagem buscou reproduzir a escolha das rotas pelos usuários ao trafegar entre duas regiões a partir de uma matriz de Origem e Destino (O/D). Para isso, utilizou-se uma rede representativa das características físico-operacionais da malha viária (links unidirecionais, proibição de movimentos em interseções e atributos como velocidade e capacidade teórica de tráfego), permitindo a reprodução fiel das características operacionais do sistema viário simulado.

Empregando como base os resultados das alocações de tráfego advindas do modelo macroscópico, partiu-se, então, para a abordagem microscópica. Desta vez, os veículos foram simulados considerando o comportamento individual do condutor além dos diferentes tipos de veículos com suas particularidades, como velocidade e capacidade de aceleração, que interferem no desempenho global do tráfego.

Tradicionalmente, estudos de tráfego utilizam metodologias analíticas como Webster ou o Highway Capacity Manual – HCM para o cálculo da capacidade e a determinação dos níveis de serviço operacionais no trecho em estudo. Base para os modelos agregados de estudo de tráfego, esses métodos, apesar de sua comprovada consistência, possuem limitações intrínsecas que devem ser levadas em consideração quando de sua utilização. Neles, por exemplo, a operação de uma interseção ou segmento de pista não é afetada pelas condições no trecho adjacente. O que se percebe na realidade é que longas filas formadas em um ponto impactam diretamente na operação do trecho subsequente, violando claramente esta suposição.

Esta e outras lacunas na metodologia decorrem de suas bases conceituais, desenvolvida sobre a observação de dados agregados de tráfego. Apesar de seu uso generalizado e dos bons resultados obtidos

na sua utilização, frequentemente fica clara sua inabilidade para reproduzir corretamente diversas situações de tráfego, notadamente o urbano.

Assim sendo, foi utilizado um instrumental mais avançado no tratamento deste tipo de questão: técnicas de microsimulação de tráfego, visando evitar as limitações anteriormente comentadas e proporcionando ao estudo maior qualidade e confiabilidade técnica. Além disto, a microsimulação permitiu uma análise mais precisa dos impactos resultantes da operação do empreendimento em relação aos métodos tradicionais, com resultados que consideram os limites de capacidade do HCM, agora uma rotina interna da microsimulação.

A literatura registra que estes modelos são eficazes, inclusive, na avaliação de condições de tráfego altamente congestionadas, de configurações geométricas complexas e em estudos que avaliam os impactos no sistema ocasionados por modificações das condições padrões de tráfego. As características operacionais de tráfego são influenciadas, também, pelas condições da pista, inclinação vertical e curvas horizontais.

Aplicativos de microsimulação obedecem, entre outros parâmetros, a distribuições estatísticas do comportamento dos motoristas e dos diferentes tipos de veículos com suas particularidades, como velocidade e capacidade de aceleração, que interferem no desempenho global do tráfego.

As ferramentas de microsimulação são eficientes para analisar a evolução dinâmica ocasionada por problemas de congestionamentos de tráfego nos sistemas. Por dividir o período de análise em várias partes, um modelo de simulação pode avaliar a formação, dissipação e duração de um congestionamento. Considerando-se que é analisado todo um sistema interligado, modelos de simulação podem computar a interferência que ocorre quando um congestionamento se forma em uma localização e impacta na capacidade de outra.

Uma vez estabelecidos os desejos de deslocamento na área de estudo, os veículos passam a buscar a melhor rota para alcançar seu destino, adotando os mesmos critérios que seriam utilizados por um condutor em uma situação real.

Trata-se, portanto, de outra perspectiva de estudo de tráfego, mais dinâmica e responsiva, onde as ideias são efetivamente postas à prova, num enfoque estatístico, permitindo o aprimoramento do projeto e o amadurecimento das propostas.

As etapas de construção do modelo de simulação são apresentadas a seguir.

LEVANTAMENTO DE DADOS

A primeira etapa do trabalho consistiu no levantamento e análise de dados e teve por objetivo subsidiar a construção e validação do modelo de simulação. Ela pode ser dividida em duas fases: coleta de informações em bases de dados secundárias e levantamentos em campo.

A caracterização da oferta viária se iniciou pelo levantamento de informações relativas aos aspectos básicos do sistema viário, tais como:

- Plano de circulação atual
- Sinalização estatigráfica (vertical e horizontal);
- Número de faixas;
- Pontos de Embarque e Desembarque (PED) do sistema de transporte coletivo;
- Hierarquização viária;
- Movimentos permitidos nas interseções;
- Velocidade regulamentar;
- Restrições de parada e estacionamento;
- Pontos de carga e descarga; entre outros.

Para isso, foi realizado um levantamento prévio da área de estudo explorando as ferramentas disponíveis (Google Earth, Google Street View, etc.). Posteriormente, essas informações foram confirmadas com as vistorias em campo. Todas essas informações foram consolidadas na rede de simulação de tráfego do Aimsun.

No caso da hierarquização do sistema viário, não se considerou necessariamente a classificação oficial da via estabelecida no Plano Diretor, mas a função real exercida pelo segmento viário no cotidiano da Cidade, resultante de suas características físico-operacionais e da sua ocupação.

Para a definição do número de faixas de cada seção, levou-se em consideração somente as “faixas úteis”, sendo excluídas as faixas ocupadas por estacionamentos, pontos de carga e descarga e pontos de ônibus muito próximos às interseções.

Ainda durante a fase de análise de dados de bases secundárias, foram levantados:

- Linhas de transporte coletivo que atendem à região (itinerários, respectivos PEDs e quadros de horário);
- Intervenções em execução ou planejadas para o sistema viário da região que impactarão na dinâmica do tráfego na área de estudo;
- Projeto arquitetônico do empreendimento;
- Condições operacionais do sistema viário ao longo do dia (extraídas do sistema de monitoramento por satélite).

SITUAÇÃO ATUAL

A etapa de microssimulação do tráfego iniciou-se pela reprodução da situação atual. Para isso, foi construída uma rede representativa das características físicas e operacionais do sistema viário existente, sobre a qual foram alocados os volumes de uma matriz origem e destino (O/D) gerada a partir dos dados de tráfego disponíveis.

O Aimsun utiliza, para tanto, uma ferramenta que se baseia no método matemático “Filtro de Kalman”, que altera e simula, de forma iterativa, os valores das células da matriz O/D, a fim de que os volumes observados nas simulações se aproximem ao máximo dos pesquisados, respeitando as informações de congestionamento, também repassadas ao software.

Foi feita, então, uma avaliação quantitativa e qualitativa da simulação, verificando-se se seus resultados eram compatíveis com as condições de tráfego reais da área de estudo. Esse processo teve por objetivo a calibração do sistema.

A calibração consiste em um processo no qual são alterados diversos parâmetros do sistema viário, dos algoritmos de escolha de rota e parâmetros de comportamento do condutor, a fim de se obter um resultado que melhor represente a situação real de tráfego.

Um sistema é considerado válido quando os resultados da microssimulação da rede, com o volume de tráfego atual, ao serem confrontados com os dados reais pesquisados, não apresentam diferenças significativas. Enquanto um modelo não for considerado válido, devem-se realizar os ajustes necessários nos parâmetros do modelo até que os resultados deste sejam aceitáveis.

Neste estudo de tráfego, o processo de validação do sistema modelado ocorreu fazendo-se uma comparação estatística, utilizando o método de regressão linear, de todos os fluxos coletados na hora pico das pesquisas com o número de veículos que executaram tais movimentos durante uma hora de simulação.

O Gráfico 1 o resultado da Regressão Linear entre os volumes pesquisados e simulados para o horário de pico da manhã. Neste gráfico, quanto mais próximo o coeficiente de ajuste linear (fator R^2) estiver de 100%, melhor é a calibração do modelo. Nesta simulação, o fator R^2 obtido foi de mais de 98%.

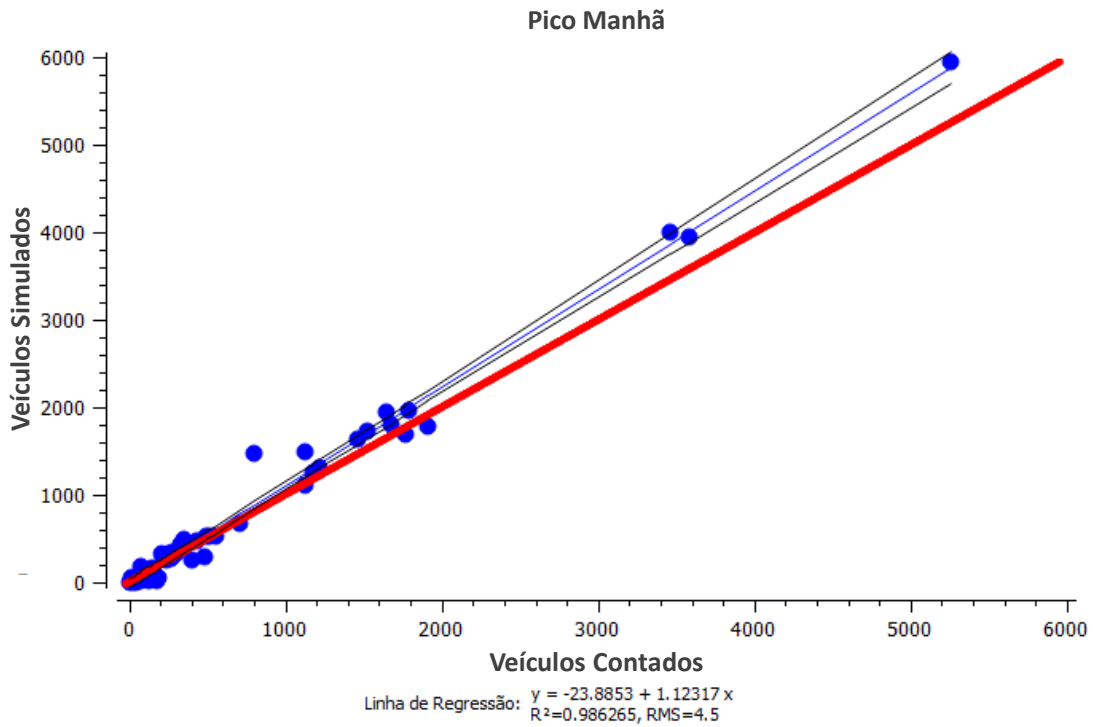


Gráfico 1 – Resultados da Regressão Linear - Pico Manhã

O mesmo procedimento foi adotado para o período da tarde. Assim como no pico da manhã, o resultado da calibração foi bastante satisfatório, conforme apresentado no Gráfico 2. Desta vez, o fator R^2 obtido foi de 96%.

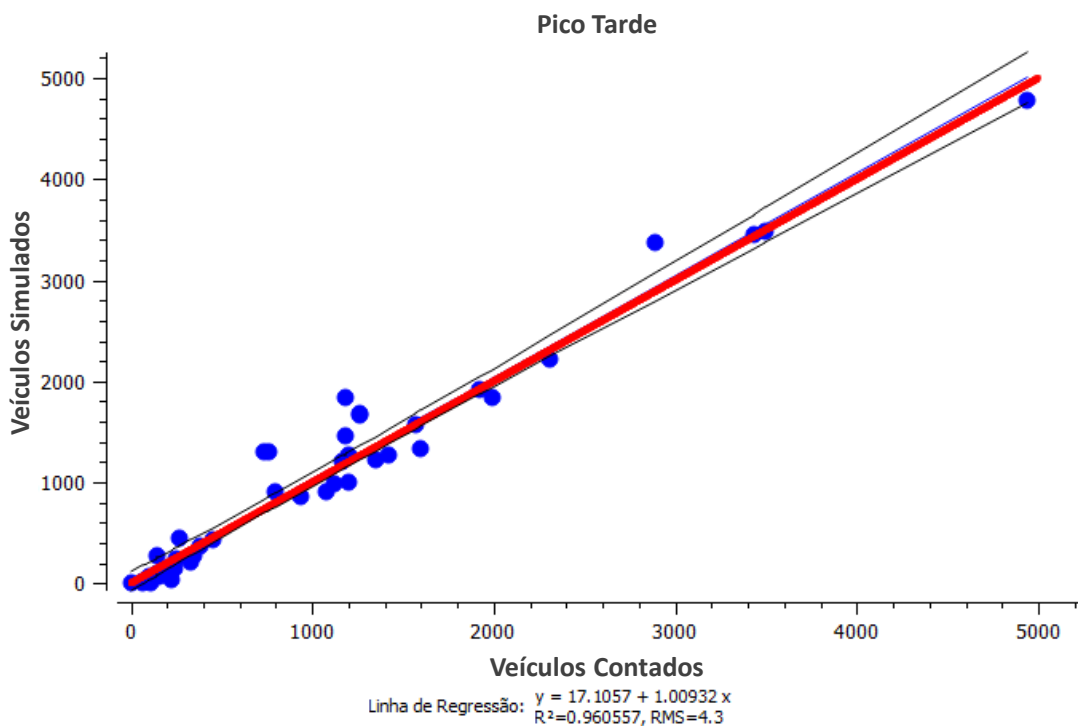


Gráfico 2 – Resultados da Regressão Linear - Pico Tarde

É importante ressaltar que, para que a microssimulação seja considerada válida (calibrada), não apenas o volume de tráfego simulado deve ser equivalente ao pesquisado em campo, como, também, as condições de tráfego devem reproduzir as condições reais, inclusive, e principalmente, em situações de congestionamento. Assim sendo, esta verificação teve como parâmetros de alta relevância para a análise, além do fluxo de veículos, a densidade e a velocidade média operacional do tráfego.

Tomou-se como referência, para tanto, as condições de tráfego típicas extraídas do sistema de monitoramento por satélite do Google Maps. Estes dados provêm das velocidades coletadas em tempo real através de dispositivos com tecnologias GPS. Os valores são estratificados por dia da semana e por período dia.

As figuras a seguir apresentam os mapas das velocidades nos períodos de pico da manhã e da tarde. A cor verde indica velocidades iguais ou próximas das velocidades em fluxo livre, enquanto que a cor vermelha escura indica trechos de com lentidão. Por meio da relação entre velocidade e densidade, pode-se inferir que estes trechos apresentam elevado o grau de saturação nos períodos de pico.

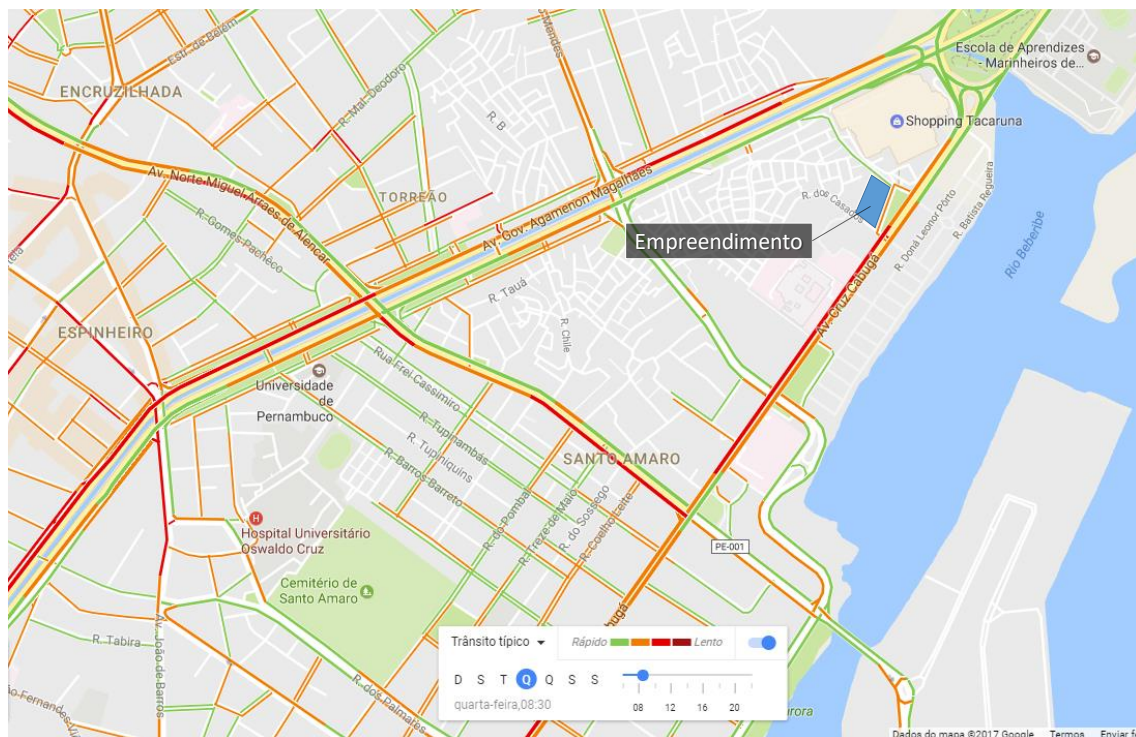


Figura 3 – Mapa de velocidade no pico da manhã

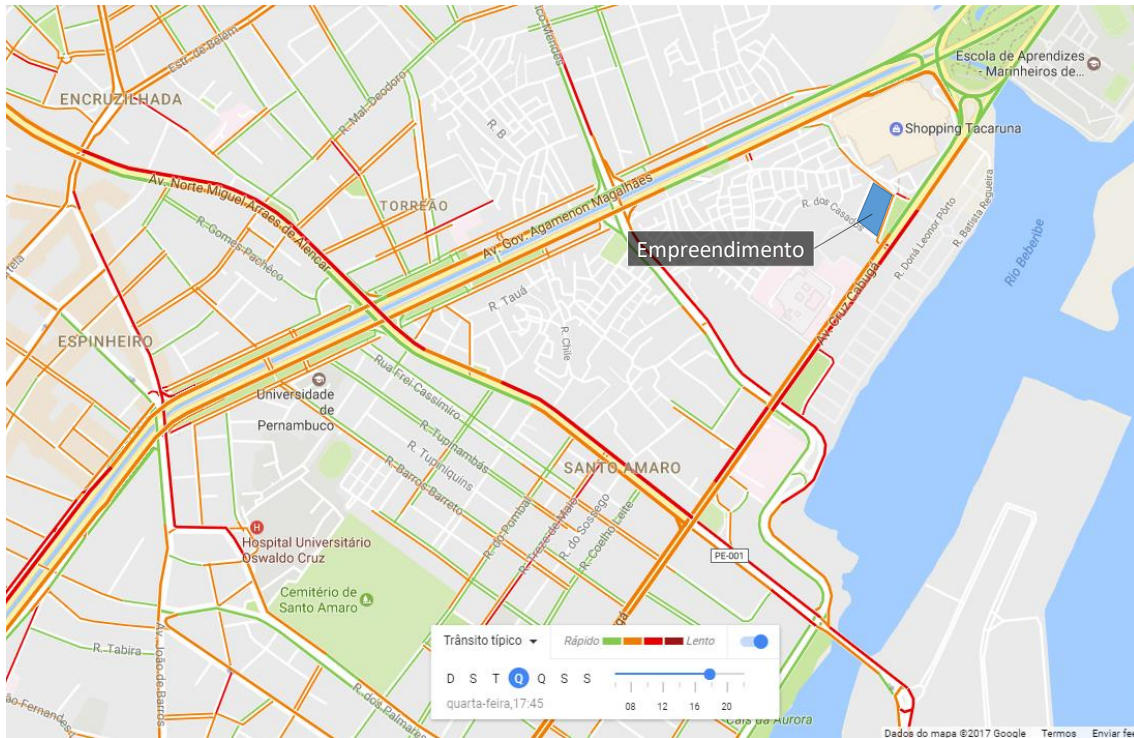


Figura 4 - Mapa de velocidade no pico da tarde

CENÁRIO COM EMPREENDIMENTO

Findado o processo de calibração do modelo, incorporou-se à rede base a proposta de implantação de faixa exclusiva para os veículos do sistema BRT na faixa à esquerda da Av. Cruz Cabugá, apenas no sentido Olinda→Recife, uma vez que esta intervenção está na iminência de ser implantada. Todas as análises e comparações entre os cenários “sem” e “com” empreendimento tiveram como premissa, portanto, o funcionamento dessa faixa exclusiva.

O passo seguinte foi o de adicionar às matrizes O/D dos picos da manhã e da tarde os volumes de tráfego que serão gerados pelo empreendimento. A memória de cálculo dessa estimativa de geração de viagens é apresentada a seguir.

Geração de Viagens

O empreendimento em análise apresenta uso misto e é composto por um edifício de salas comerciais, uma torre de apartamentos residenciais com 2 (dois) quartos e uma torre de apartamentos residenciais com 1 (um) quarto. A Tabela 1 apresenta o quadro resumo de áreas por tipo de uso. O empreendimento conta, ainda, com um edifício garagem com 557 vagas de estacionamento rotativo, 45 vagas para motos e bicicletário com 122 vagas.



Tabela 1 – Quadro Resumo de Áreas

Uso	Área (m ²)	Unidades
Residencial (1 Quarto)	6.755	193 aptos
Residencial (2 Quartos)	5.508	90 aptos
Empresarial	7.596	270 salas
Comercial	278	4 lojas

O cálculo de geração de viagens levou em consideração estes diferentes usos, conforme descrito a seguir.

Escritórios

Para a torre empresarial, o cálculo da geração de viagens baseou-se na metodologia preconizada pela CET/SP em seu Boletim Técnico nº 36, que trata dos Polos Geradores de Tráfego, enquadrando o empreendimento como “prédio de escritórios”. O cálculo leva em consideração a área construída computável. Como, no caso, a área total destinada a esse uso é inferior a 10.800 m², o número de viagens geradas é dado por:

$$V = A_c / 16 \quad (A_c \leq 10.800 \text{ m}^2)$$

Onde:

V = Número médio de viagens atraídas por dia

A_c = área construída computável (em m²)

Considerando a A_c da Torre Comercial = 7.596 m²:

$$V_{\text{dia}} = 475 \text{ viagens/dia}$$

Deste total de 475 viagens atraídas por dia, conforme publicações da TRB (NCHRP 187), estima-se que aproximadamente 20,7% vão ocorrer na hora de pico do escritório, ou seja:

$$V_{\text{hp}} = 98 \text{ viagens/hora pico}$$

Lojas

O Boletim Técnico nº 32 da CET (1983) divide as lojas em dois conjuntos: o primeiro engloba lojas de departamento e grandes magazines, enquanto no segundo estão as lojas especializadas. Em função das características das lojas do empreendimento, foi considerada a formulação dada para o cálculo de viagens no pico para lojas especializadas, a saber:

$$V = 1,79 \text{ NFC} - 18,85$$

Onde:

V = estimativa do número médio de viagens atraídas na hora pico

NFC = número de funcionários da área comercial

A CET/SP, neste caso, utiliza como variável dependente do modelo de geração de viagens o número de funcionários da área comercial (NFC).

Entretanto, para se estimar o número de funcionários das lojas especializadas, volta-se para a variável que apresentou maior correlação com a equipe de empregados, que é a área bruta locável (ABL) dos estabelecimentos, onde:

$$NFC = AC/66,56 \text{ (média);}$$

$$NFC = AC/140,74 \text{ (menor valor);}$$

$$NFC = AC/20,00 \text{ (maior valor).}$$

Considerando a condição mais crítica, a que gera maior número de viagens, temos que o número de funcionários será:

$$NFC = 278/20 = 14 \text{ funcionários}$$

$$V = 1,79 * 14 - 18,85 = 6 \text{ viagens/hora pico}$$

As lojas do empreendimento deverão atrair cerca de 6 viagens na hora pico.

Unidades Residenciais

Para estimar o número de viagens motorizadas diárias produzidas pelos apartamentos foram consideradas os números de apartamentos, a taxas de ocupação média por apartamento e uma taxa média de mobilidade motorizada.

$$V = (NA \times Ocup \times TM) \text{ FHP (viagens atraídas na hora pico)}$$

Onde:

NA = número de apartamentos

Ocup = taxa média de ocupação (habitante/apartamento)

TM = taxa média de mobilidade motorizada

FHP = Fator Hora Pico

Empreendimentos residenciais possuem picos de movimentação de entrada e saída bem definidos, sendo estes em função do horário de entrada e saída dos moradores. Desta maneira, considerou-se que a produção de viagens na hora pico da manhã correspondente a 40% do total diário, mesmo valor da atração de viagens na hora pico da tarde.

Como o empreendimento contempla unidades residências com 1 (um) e 2 (dois) quartos, atribuiu-se, para cada um, uma taxa média de ocupação por domicílio (Ocup):

Unidades residenciais com 1 (um) quarto: 1,5 hab./domicílio

Unidades residenciais com 2 (dois) quartos: 2,5 hab./domicílio

Para a definição da taxa média de mobilidade motorizada (TM), adotou-se índice observado em grandes centros urbanos no Brasil:

$$TM = 1,5 \text{ viagens motorizadas / hab./ dia}$$

A partir dos valores supracitados, calculou-se o número viagens motorizadas produzidas pelas unidades residenciais no pico da manhã e atraídas no pico da tarde.

$$V = [(193 * 1,5 * 1,5) + (90 * 2,5 * 1,5)] * 40\% = 309 \text{ viagens motorizadas/hora pico}$$

Essas viagens dizem respeito ao fluxo majoritário e representam cerca de 80% do total de viagens do pico. Assim sendo, outras **77 viagens** motorizadas são atraídas no pico da manhã e produzidas no pico da tarde.

A Tabela 2 resume a quantidade de viagens geradas pelas diferentes tipologias do empreendimento nos picos da manhã e da tarde.

Tabela 2 – Geração de viagens do empreendimento

Tipologia	Manhã		Tarde	
	Atração	Produção	Atração	Produção
Residenciais	77	309	309	77
Escritórios	98	0	0	98
Lojas	6	0	0	6
Total	181	309	309	181

É importante lembrar que cada tipo de uso do empreendimento registra uma hora de pico diferente. Trabalhando com um fator de segurança, foi considerado que os horários de picos dos diversos usos ocorrem simultaneamente e coincidem com os períodos críticos do tráfego na Cidade.

Composição do Tráfego (Divisão Modal)

Para o cálculo do número de viagens por modo individual e coletivo, adotaram-se critérios distintos entre o uso comercial e residencial do empreendimento. No caso do uso comercial, levou-se em consideração a divisão modal proposta pela CET/SP (2000) para áreas de alta acessibilidade, uma vez que o empreendimento é servido por inúmeras linhas de ônibus, inclusive pelo Sistema BRT. Por simplificação, o percentual relativo ao modo “Outros”, que diz respeito à carona, táxi e a pé, foi adicionado ao percentual de automóveis.

Já para o uso residencial, adotaram-se parâmetros similares aos observados em São Paulo para a faixa de renda mais elevada da população, onde se observam as maiores taxas de uso de modo individual motorizado. Novamente, trabalhou-se, aqui, em favor da segurança, uma vez que, em função da larga oferta de transporte público no entorno do empreendimento, essa taxa tende a ser significativamente menor.

A Tabela 3 apresenta a divisão modal adotada para cada tipo de uso do empreendimento.

Tabela 3 – Divisão modal das viagens

Modo Motorizado	Uso	
	Comercial	Residencial
Individual	34%	76%
Coletivo	66%	24%

Com base nesses percentuais, calculou-se o número de viagens produzidas e atraídas pelo empreendimento nos picos da manhã e da tarde, por modo de transporte, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Geração de viagens por modo

Modo	Manhã		Tarde	
	Atração	Produção	Atração	Produção
Individual	94	235	235	94
Coletivo	87	74	74	87

Taxa de Ocupação

Por fim, considerando que as viagens por ônibus serão absorvidas pelo transporte público regular disponível, calculou-se o fluxo de automóveis adicionado ao sistema viário em função da operação do empreendimento. Para tanto, admitiu-se uma taxa de ocupação de 1,5 passageiros por automóvel. O resultado é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Volume de veículos adicionados ao sistema viário

Modo	Manhã		Tarde	
	Atração	Produção	Atração	Produção
Automóvel	63	157	157	63

Esses volumes foram, então, incorporados às matrizes O/D dos picos da manhã e da tarde para identificação dos impactos da operação do empreendimento na circulação da sua área de influência direta. A distribuição das viagens se deu conforme descrito a seguir.

Alocação do Tráfego Gerado pelo Empreendimento

Para efeito de alocação dos fluxos de veículos no sistema viário, admitiu-se que 50% dos veículos acessarão o empreendimento pela Av. Gov. Agamenon Magalhães, seguindo pela Travessa Cruz Cabugá, Praça Gal. Carlos Pinto e, finalmente, a R. dos Casados, onde fica a entrada de veículos do edifício garagem. Os outros 50% dos veículos chegarão ao empreendimento pela Av. Cruz Cabugá, sendo metade deles vindos de Recife e a outra metade de Olinda.

Já o fluxo de veículos que deixa o empreendimento sairá pela Travessa Cruz Cabugá, passando pela Praça Gal. Carlos Pinto e chegando à Av. Cruz Cabugá, onde se dispersará. Espelhando os fluxos de chegada,

admitiu-se, aqui, que 75% dos veículos convergirão à direita, no sentido Recife, enquanto que os 25% restantes convergirão à esquerda, seguindo para Olinda.

As figuras a seguir ilustram as rotas de chegada e saída do empreendimento e as respectivas distribuições dos fluxos.



Figura 5 – Fluxos de Chegada



Figura 6 – Fluxos de Saída

Identificação dos impactos gerados

As Tabela 6 faz a comparação entre os indicadores de desempenho dos cenários “Com” e “Sem Empreendimento”, nos picos da manhã e da tarde, extraídos da microsimulação. O impacto gerado a partir da operação do Empreendimento pode ser mensurado pela variação percentual de cada um dos indicadores de desempenho em relação ao cenário base (sem empreendimento). A descrição dos indicadores é apresentada na sequência.

Tabela 6 - Indicadores de desempenho resultantes da microsimulação

Indicador	Manhã			Tarde		
	Sem Emp.	Com Emp.	Var.	Sem Emp.	Com Emp.	Var.
Demanda (veíc/h)	11.965	12.211	2%	14.767	15.006	2%
Fluxo (veíc/h)	11.405	11.592	2%	13.332	13.492	1%
Velocidade Média (km/h)	38	37	-2%	30	30	1%
Densidade (veíc/km)	10	10	2%	16	16	0%
Tempo de Atraso médio (seg/km)	45	47	3%	70	68	-2%
Tempo de Viagem (seg/km)	95	97	2%	120	118	-1%
Taxa de Atraso	90%	93%	3%	139%	136%	-2%

- A “Demanda” diz respeito ao total de veículos da matriz O/D. Já o indicador “Fluxo” informa a quantidade de veículos que completaram o percurso dentro do período de simulação. Em redes muito congestionadas, é um bom indicador de capacidade do sistema.
- A “Velocidade Média” indica a média ponderada das velocidades com que os veículos circulam pela rede e nos dá a percepção de fluidez do sistema.
- A “Densidade” reflete, de certa forma, o congestionamento na rede, bem como o nível de conforto vivenciado pelos condutores no trânsito.
- O “Tempo de Atraso Médio” indica a diferença entre o tempo que seria gasto em um sistema com fluxo livre o tempo efetivamente gasto.
- O “Tempo de Viagem Médio” é um indicador de grande impacto social e econômico, uma vez que combina a distância percorrida, a velocidade e tempo de espera fora do sistema. Ele representa, por tanto, o tempo gasto pelo usuário no seu deslocamento.
- Por fim, a “Taxa de Atraso” é um indicativo do nível de serviço do sistema, ou seja, o quão congestionado se encontra o sistema em análise. Ela é calculada a partir da razão entre o tempo de atraso e o tempo em fluxo livre (ideal). A taxa de atraso de 140% observada no pico da tarde indica que os usuários estarão gastando para percorrer o mesmo trajeto quase duas vezes e meia o tempo que seria gasto fora do horário de pico.

Fica bastante evidente que o empreendimento tem participação ínfima no tráfego da região. Os indicadores de desempenho sofreram apenas oscilações comuns a modelos de simulação, em razão de

sua natureza estocástica. Prova disso é que parte dos indicadores apresentaram resultados melhores dos que os coletados no cenário base. Estatisticamente, as variações são desprezíveis.

Esse resultado era esperado, uma vez que as viagens geradas pelo empreendimento, quando comparadas aos volumes de tráfego observados nos principais eixos no seu entorno, são insignificantes.

CENÁRIO PROJETADO

A PCR adota como procedimento para estudos de impacto de polos geradores de tráfego para a projeção do tráfego até o décimo ano de operação do empreendimento, considerado um crescimento vegetativo do volume de veículos da cidade da ordem de 3,0% a.a.

É forçoso observar, no entanto, que tal procedimento carece de base técnica neste tipo de estudo já que o Empreendimento se encontra incrustado em uma malha saturada que faz fronteira a estruturas viárias que, hoje, já não conseguem atender a demanda adequadamente. Em outras palavras, se o tráfego da Cidade crescesse a esta taxa, fato não confirmado pela realidade, os veículos não conseguiriam chegar à área de estudo devido aos congestionamentos no percurso.

O que comumente se verifica é uma ampliação do patamar de pico, reduzindo a diferença entre as condições de tráfego em momentos de pico e entre picos. Assim, em cidades do porte de Recife, o comportamento do tráfego passou a ser regido pela oferta viária e pelo controle de tráfego e não pela pressão ocasional da demanda.

Fato é que a cidade vai se adaptando, transformando o uso de seus espaços de modo a reduzir as extensões das viagens devido ao acréscimo das impedâncias que vão se acumulando. Daí, intensifica-se os processos de verticalização, concentrando atividades e reduzindo o número de deslocamentos por veículos, e de criação de centros alternativos aos tradicionais, criando outros polos de atendimento e, conseqüentemente, reduzindo as extensões das viagens.

Em suma, a Cidade passa, simultaneamente, por um processo de descentralização – em uma visão urbana na escala macro, criando mais centros alternativos -, e concentração – agora no foco de planejamento da microrregião, com verticalização e diversidade de usos.

Acrescer 3% ao ano, além de ir de encontro à realidade, não altera no contexto do estudo as análises realizadas anteriormente. Mesmo em ambientes de maior oferta, empreendimentos em rodovias fora do ambiente urbano, onde o crescimento da demanda poderia ser absorvido pela oferta viária, as pesquisas mostram que esta taxa tende a superestimar o volume de veículos.

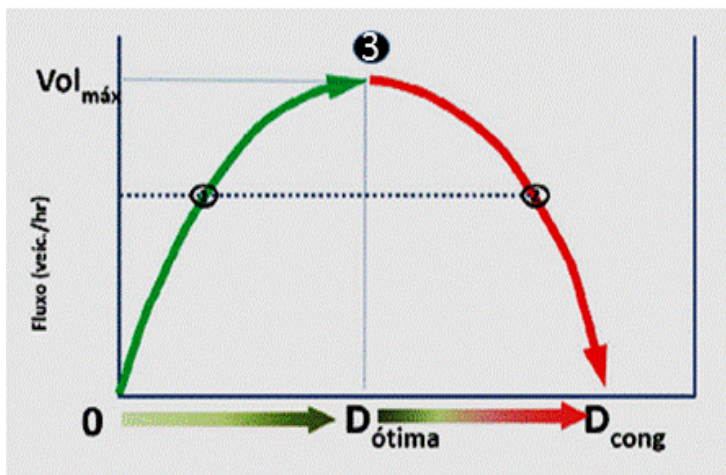
A Cidade é um organismo dinâmico que evolui, e se regenera, com uma velocidade que escapa aos padrões de análise propostos, quais sejam a manutenção dos usos dos espaços urbanos e do sistema viário e o acréscimo de tráfego em período futuro. Esta configuração não responde a nenhum dos desafios que a Cidade e o Empreendimento irão enfrentar.

O uso das matrizes de origem e destino de viagens, decorrentes dos usos urbanos de cada uma das regiões da Cidade, conforme procedimento da Consultora ao criar as redes de macro e microsimulação, permite explorar com facilidade estes cenários, embora este próprio procedimento metodológico não recomende a criação de hipóteses que, além de não ajudarem a compreender os problemas reais, induzem a visualizar cenários desfocados e problemas inexistentes.

Entretanto, atendendo ao estabelecido na resolução do CDU, realizamos o exercício de acrescer na matriz de origem e destino de viagens a taxa de 3 % ao ano, chegando a um total adicional de 34,4 % em 10 anos na rede usada para calibração e, em etapa posterior, verificar os impactos sobre o sistema do entorno do empreendimento.

Como era de se esperar, para a área de estudo, houve uma completa distorção dos carregamentos dos trechos criando um cenário onde os fluxos de longa distância que usam os principais corredores de acesso e atravessamento da área (Av. Agamenon Magalhães e Av. Cruz Cabugá em ambos os sentidos) foram reduzidos, em função da degradação geral das condições de tráfego na cidade que os impediu de ter acesso à área que é foco do estudo, e, em contrapartida, um crescimento dos fluxos advindos das zonas de tráfego internas à esta área.

O gráfico de Densidade versus Fluxo, elemento básico dos estudos de capacidade, ilustra claramente o fenômeno, redução do fluxo, mostrando, primeiro, a possibilidade de, em um determinado trecho, obter-se o mesmo volume de tráfego veículos para duas condições absolutamente distintas de operação de tráfego: a primeira para momentos em que não há congestionamentos (ponto 1) e a segunda para os casos onde ele já se instalou (ponto 2).



Mesmo para situações onde há uma operação adequada do fluxo de veículos, ocasiões em que se consegue obter o máximo de uso da capacidade viária e, conseqüentemente, atendendo um nível superior da demanda (Nível de serviço E), representada no gráfico pelo Ponto 3, verificamos que estamos em um

cenário em que qualquer solicitação adicional de demanda leva a um patamar de produtividade inferior (trecho em vermelho da curva). Ora, os acréscimos da ordem de 35 % (10 anos) levaram o sistema a uma situação de colapso, congestionando-o e reduzindo a possibilidade destes fluxos de longa distância – maior parcela dos veículos que circulam na área - chegarem à área de estudo.

A pesquisa realizada pela Consultora em uma das principais interseções de Recife, na qual a Av. Agamenon Magalhães é o eixo preponderante ao congregar e atender as viagens de longa distância, que atravessam

inclusive a nossa área de estudo (Av. Agamenon Magalhães com Av. Gen. Joaquim Inácio), conforme reprodução da figura seguinte - onde quase não há variações do perfil volumétrico de veículos ao longo do dia -, confirma, plenamente, esta questão da não pertinência de se crescer o volume de veículos à taxa de 3% ao ano. As variações decorrentes dos diferentes estados dos fluxos internos à área, nos picos, são absorvidas pela escala desproporcional representada por estes de atravessamento.

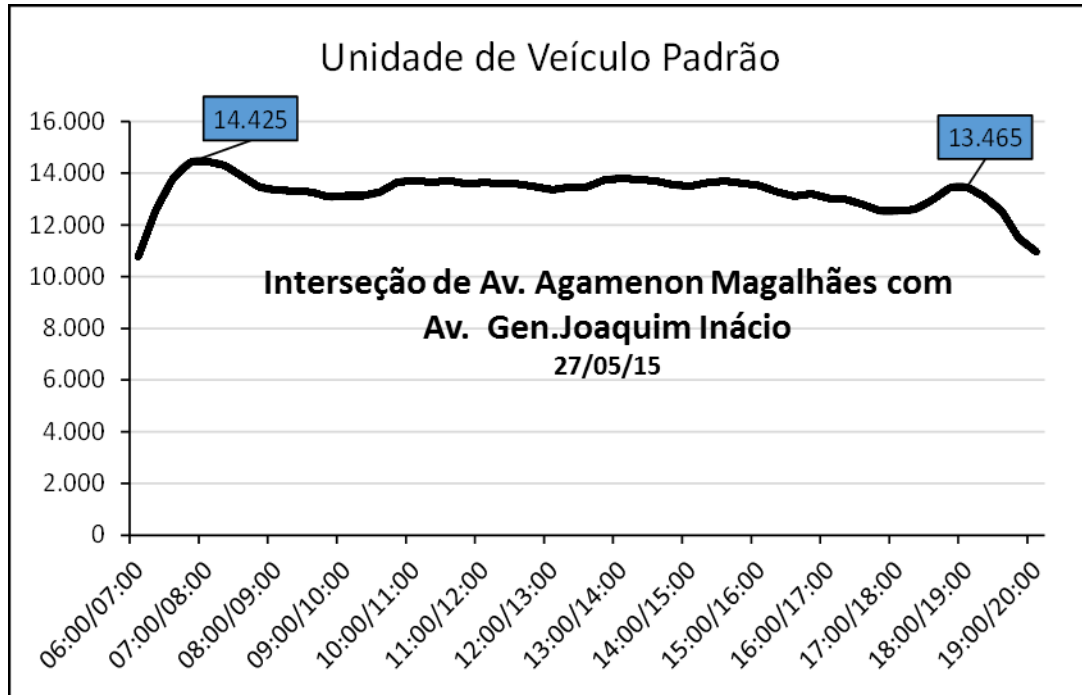


Gráfico 3 – Perfil do tráfego ao longo do dia na interseção das avenidas Gov. Agamenon Magalhães e Gen. Joaquim Inácio

Assim, mesmo que a Consultora tenha atendido aos procedimentos metodológicos estabelecidos pelo CDU, conforme pode ser verificado pelo anexo onde estão as matrizes de viagens dos diversos horizontes (Ano 0 – atual e Ano 10), este exercício de crescimento do tráfego, quando trabalhado na visão mais sistêmica da simulação (inicialmente com a rede macro e finalmente com a microssimulação), vai de encontro aos objetivos pretendidos pelo próprio procedimento, visto que os veículos ficam presos nos eixos de acesso, sem conseguir chegar aos trechos do entorno do empreendimento.

A Tabela 7 evidencia isso. Observa-se que o crescimento da demanda é muito superior ao crescimento do “fluxo”, quantidade de veículos que completaram o percurso dentro do período de simulação. O resultado disso é que o número de veículos remanescentes na rede ao final da simulação mais que dobrou no pico da manhã e, como esperado, a fila virtual máxima, ou seja, a quantidade de veículos retidos nas extremidades da rede, cresceu 1.282%. Embora em menor escala, no pico da tarde, observa-se o mesmo efeito.

Tabela 7 – Quadro comparativo dos cenários atual e projeto (sem empreendimento)

Indicador	Manhã			Tarde		
	Atual	Projetado	Var.	Atual	Projetado	Var.
Demanda (veíc/h)	11.965	15.792	32%	14.767	19.700	33%
Fluxo (veíc/h)	11.405	13.929	22%	13.332	16.107	21%
Veículos na rede (veíc)	548	1.249	128%	987	1.698	72%
Fila Virtual Máxima (veíc)	45	625	1.282%	449	1.901	323%

Desta forma, em função destes resultados inconsistentes no que tange aos objetivos pretendidos pelo CDU, e preservando o entendimento dos cenários notadamente mais prováveis, optamos tecnicamente por não detalhar, no relatório, a análise explícita destes horizontes futuros – a de conteúdo foi realizada nos parágrafos anteriores.

ANÁLISE DA CAPACIDADE

NÍVEL DE SERVIÇO

A análise das condições de fluidez do tráfego na área de influência do empreendimento foi realizada através do software Aimsun, utilizando a metodologia incorporada ao software de avaliação do Highway Capacity Manual - HCM2010, manual mundialmente conhecido e amplamente utilizado por órgãos públicos e empresas de consultoria de tráfego para determinação dos níveis de serviço operacionais em rodovias.

As edições do ano 2000 e de 2010 do HCM introduziram metodologias para o cálculo da capacidade e nível de serviço nas áreas urbanas. O conceito de nível de serviço está relacionado com medidas qualitativas que caracterizam as condições operacionais dentro de uma corrente de tráfego e a sua percepção pelos motoristas e passageiros. Essa medida qualitativa está relacionada com fatores como a velocidade, o atraso e o tempo de viagem, a liberdade de manobras, as interrupções no tráfego, o conforto e a conveniência.

No caso em foco, interseções com semáforos, a medida de performance que vai caracterizar o nível de serviço é o atraso dos veículos. Este atraso é uma medida do desconforto e frustração do motorista, do consumo de combustível e do aumento do tempo de viagem.

São seis os Níveis de Serviço registrados pelo HCM, classificados de A a F, onde A representa a melhor condição do trecho e F a pior.

- Nível de Serviço A: descreve operações de fluxo livre, sem nenhuma restrição de velocidade. Veículos não têm obstáculos que impedem seu tráfego, e os acidentes ou imprevistos são facilmente dissipados. Descreve operações onde o atraso está próximo a 10 segundos por veículo.
- Nível de Serviço B: representa um razoável fluxo livre, sendo a velocidade de fluxo livre mantida e as restrições de tráfego são raras. O conforto físico e psicológico fornecido aos motoristas é alto,

assim como acidentes e pequenos imprevistos são facilmente dissipados. Está normalmente associado a ciclos curtos, boas bandas de progressão dos pelotões. Atrasos entre 10 segundos e 20 segundos por veículo caracterizam este nível de serviço.

- Nível de Serviço C: proporciona uma velocidade mais restrita em relação aos níveis A e B. A liberdade de manobra é mais limitada e a mudança de faixa requer maior atenção. Pequenos acidentes podem ser dissipados, mas a deterioração do serviço será substancial, podendo ocorrer formação de filas. São esperados atrasos maiores, entre 20 segundos e 35 segundos por veículo, verificando-se também a ocorrência de ciclos que não conseguem atender o total de veículos que o solicitam.
- Nível de Serviço D: nível em que há restrições de velocidade e a densidade pode aumentar rapidamente. A liberdade de manobra se torna notadamente limitada e o conforto físico e psicológico dos motoristas é reduzido. Pequenos acidentes podem formar filas, devido ao pequeno espaço que o fluxo de tráfego possui para se dissipar. Normalmente estão associados a atrasos por veículos na faixa entre 35 segundos e 55 segundos, e a influência do congestionamento é mais notada.
- Nível de Serviço E: maior nível de densidade atingindo a capacidade máxima do trecho ou interseção, embora com restrições de velocidades permanentes. Qualquer interrupção do fluxo, tais como veículos entrando na via provindos de um acesso local ou até mesmo mudança de faixas, podem interferir no tráfego, gerando uma perturbação que se propaga ao longo da via. Quando o fluxo está próximo de sua capacidade, o menor dos imprevistos ou qualquer incidente pode produzir engarrafamentos. Manobras são extremamente limitadas e o nível de conforto físico e psicológico proporcionado aos motoristas é baixo. Os atrasos por veículo ultrapassam os 55 segundos indo até 80 segundos por veículo, indicando ciclos longos e baixas bandas de progressão para os pelotões de veículos.
- Nível de Serviço F: Neste nível ocorre a interrupção do tráfego e filas se formam em locais precedentes ao ponto de interrupção, pois a demanda excede a capacidade. Os atrasos por veículo ultrapassam os 80 segundos. Não necessariamente este nível de serviço indica que o volume excede a capacidade, podendo ser devido a outros problemas operacionais tais como ciclos demasiadamente longos, falta de sincronismo, etc.

O primeiro passo é a classificação das vias, o HCM define que as vias podem ser classificadas como “Urban” (vias urbanas), “Multilane Highway” (via com no mínimo 2 faixas por sentido, podendo haver cruzamentos ou semáforos ocasionais, desde que espaçados o suficiente para manter condições de fluxo não interrompido na maior parte do trecho) e “Freeway” (rodovias de pista dupla com divisória central e com total controle de acesso). Na região estudada, todas as vias foram consideradas urbanas.

Após a microsimulação dos picos da manhã e da tarde, antes e após a implantação do empreendimento, foram gerados mapas pelo Aimsun mostrando o nível de serviço nas interseções da região. Para facilitar

a visualização dos resultados, os níveis de serviço dos cenários “SEM” e “COM” o empreendimento foram colocados lado a lado, para cada período de pico. Os mapas são apresentados na Figura 7 e Figura 8.

A graduação dos níveis de serviço se baseou no atraso por veículo (segundos por veículo) nas interseções semaforizadas que, de forma definitiva, dão o tom da operação da rede na região. Observa-se que nenhuma interseção teve seu nível de serviço alterado em função da adição dos fluxos gerados pelo empreendimento, nem no pico da manhã, nem no da tarde.

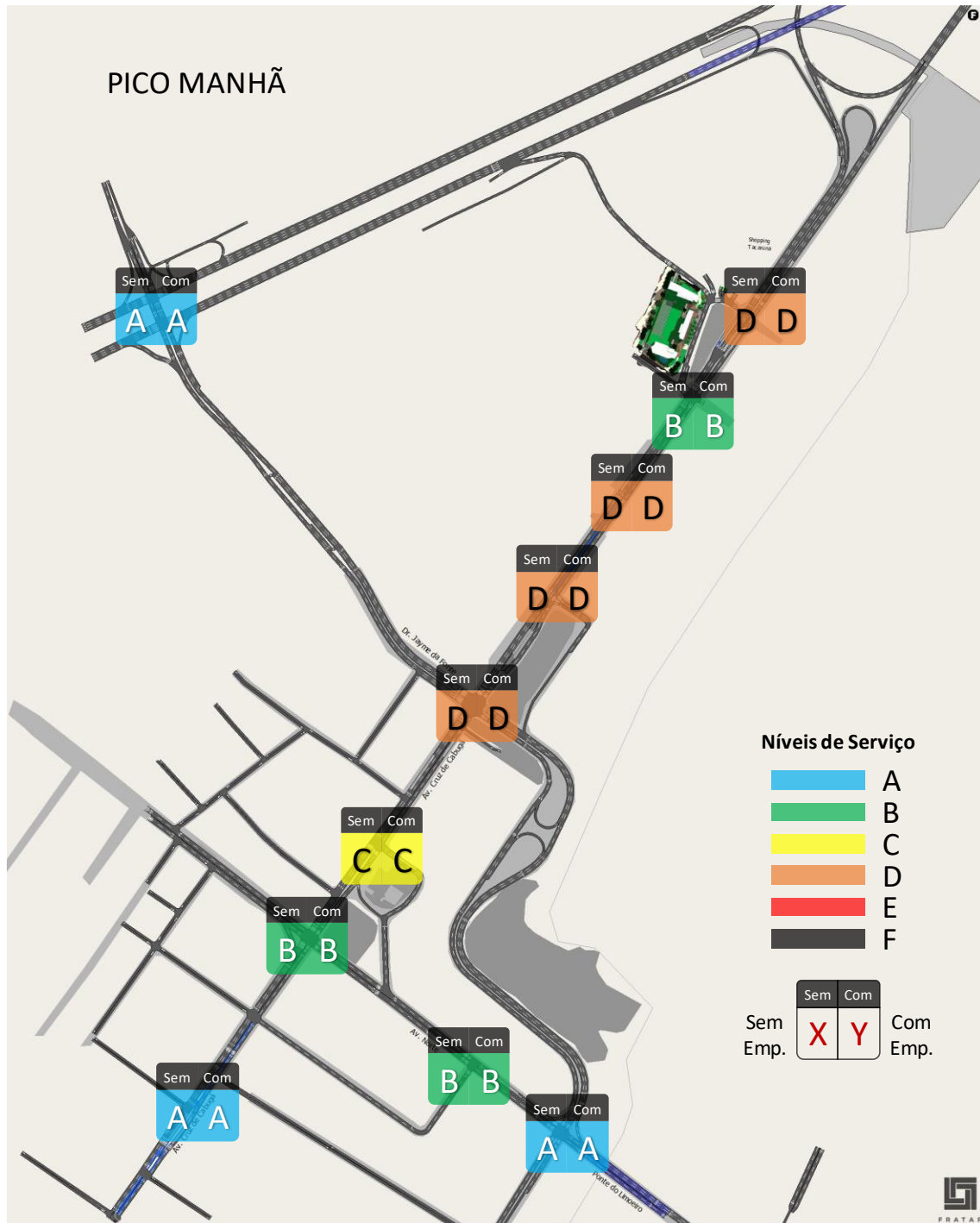


Figura 7 – Níveis de serviço nas interseções, “SEM” e “COM” o Empreendimento – Pico da Manhã

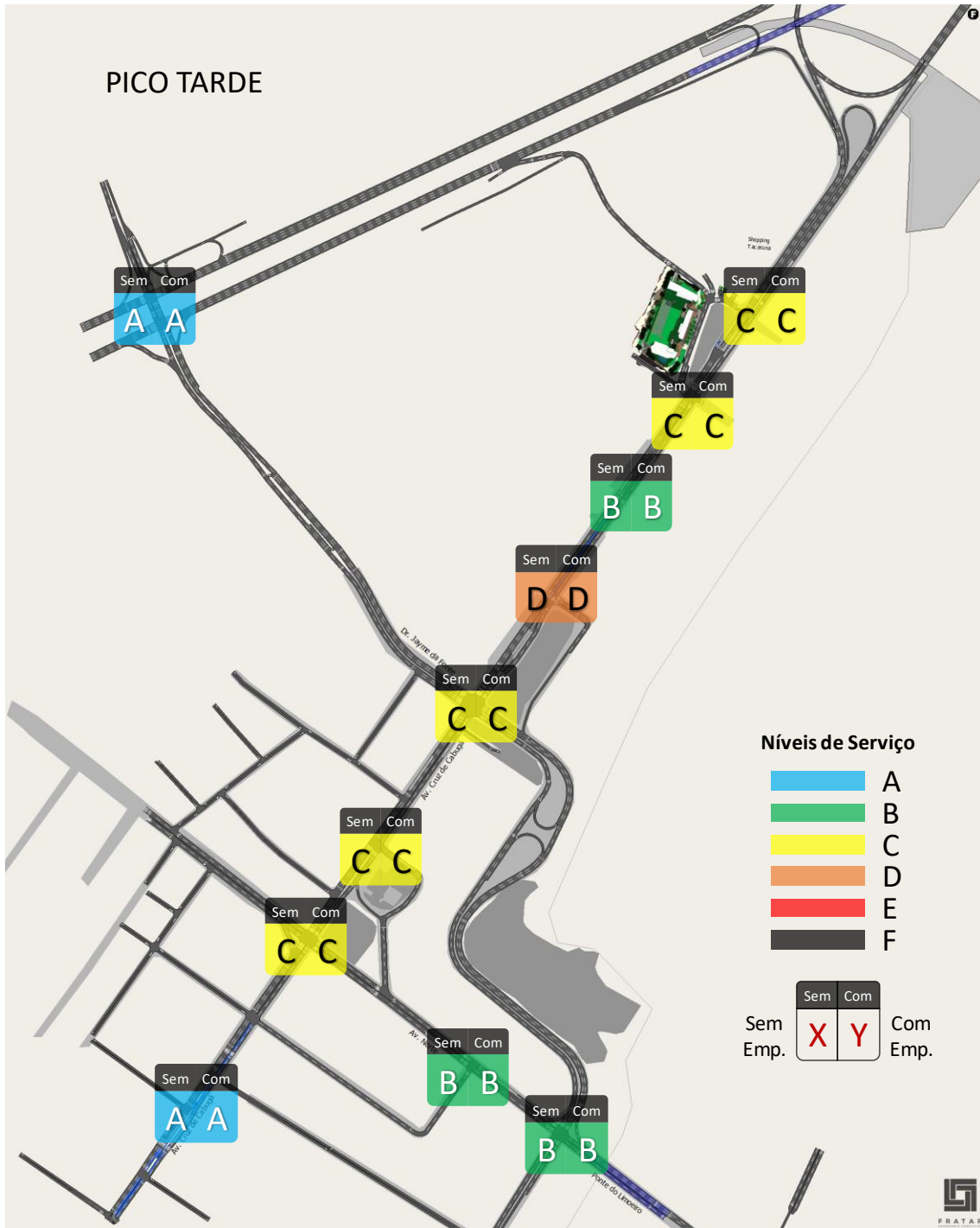


Figura 8 – Níveis de serviço nas interseções, “SEM” e “COM” o Empreendimento – Pico da Tarde

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório teve como objetivo avaliar eventuais impactos na circulação decorrente da implantação de empreendimento de uso misto no terreno conformado pela R. dos Casados, Largo dos Casados, Travessa Cruz Cabugá e Praça General Carlos Pinto, no bairro de Santo Amaro, Recife/PE.

Em função da complexidade das análises, decorrente do elevado grau de saturação observado na região, recorreu-se ao uso de técnicas de simulação computacional do tráfego, de forma a permitir uma análise abrangente e precisa de possíveis impactos ocasionados pelo aumento da demanda no sistema viário.

Primeiramente, foi realizado um extenso levantamento de informações dos aspectos físico e operacionais do sistema viário e de transporte na região, para caracterização da situação existente. Paralelamente, foram coletados dados acerca das características do empreendimento para subsidio do cálculo do número de viagens geradas pelo empreendimento, divisão modal, perfil horário do tráfego, distribuição das viagens na rede, entre outros.

Também foram coletados dados em campo, objetivando garantir que o modelo computacional reproduzisse de forma fidedigna as condições operacionais atuais do sistema viário, obedecendo aos parâmetros próprios da área de estudo.

Após a construção e calibração do modelo de simulação, foi incorporada à rede base a proposta de implantação de faixa exclusiva para os veículos do sistema BRT na faixa à esquerda da Av. Cruz Cabugá, apenas no sentido Olinda→Recife, uma vez que esta intervenção está na iminência de ser implantada.

Em seguida, foram adicionadas às matrizes O/D dos picos da manhã e da tarde as viagens atraídas e produzidas pelo empreendimento, calculadas a partir do modelo de geração de viagens apresentado. Ficou evidente que os volumes de tráfego gerados são residuais em relação aos observados nos principais eixos viários inseridos na área de estudo.

Prova disso foi que os indicadores de desempenho extraídos da simulação do cenário “com empreendimento” apenas oscilam em relação aos valores apurados no cenário “sem empreendimento”, não apresentando quaisquer degradações consistentes.

Também foi feita análise dos níveis de serviço das interseções semaforizadas da área de influência direta do empreendimento, com base nos critérios do Highway Capacity Manual - HCM2010. Novamente, não se constataram alterações em nenhuma das interseções avaliadas, tanto no pico da manhã quanto no da tarde.

Vale observar, ainda, que a combinação do uso residencial e comercial no empreendimento propicia o equilíbrio das chegadas e saídas de veículos nos períodos de pico, colaborando para a minimização do impacto no trânsito da região.