

USO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ESTUDO DOS IMPACTOS NO TRÁFEGO DERIVADO DA VERTICALIZAÇÃO NA ZONA URBANA DE CARUARU-BRASIL: INFRAWORKS

Emanuel Bezerra¹, Barbara Andrade², Mariana Queiroz³, Jocilene Costa⁴

¹Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Núcleo de Tecnologia – Engenharia Civil, BR-104, 55014-900, Nova Caruaru, Caruaru, Brasil

²Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Núcleo de Tecnologia – Engenharia Civil, BR-104, 55014-900, Nova Caruaru, Caruaru, Brasil

³Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Núcleo de Tecnologia – Engenharia Civil, BR-104, 55014-900, Nova Caruaru, Caruaru, Brasil

⁴Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Núcleo de Tecnologia – Engenharia Civil, BR-104, 55014-900, Nova Caruaru, Caruaru, Brasil

email: jocilene.mt@gmail.com <http://www.ufpe.br>

Sumário

Este artigo apresenta um estudo sobre o uso de novas tecnologias na engenharia de tráfego na zona urbana de Caruaru-Brasil, sendo feito através da utilização do InfraWorks, que permitiu a avaliação do impacto do tráfego derivado da verticalização que ocorreu nos últimos 20 anos na cidade, apresentando propostas de solução para o problema em questão. Foram realizadas contagens de tráfego em três direções da Avenida Adjair da Silva Casé e identificados os horários de ponta e com estes dados foi feita uma reprogramação semafórica dando fluidez ao tráfego local, uma solução com um baixo custo e um retorno produtivo alto.

Palavras-chave: Engenharia de Tráfego; Trânsito; Verticalização; Crescimento Econômico; Simulador InfraWorks.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil a Engenharia de tráfego evoluiu como um ramo da Engenharia a partir do final da década de 50, devido ao aumento do processo de urbanização causado pela industrialização dos centros urbanos, particularmente da indústria automobilística. Engenharia de tráfego é o setor da engenharia que trata do planejamento e do desenho Geométrico das ruas, estradas de rodagem, com as operações de tráfego, terminais terrenos adjacentes, mas também da Integração com outros modos de transporte visando proporcionar a movimentação segura, eficiente e conveniente das pessoas e mercadorias.

O movimento das pessoas e das mercadorias é o reflexo das diferentes atividades existentes numa sociedade, sendo um fator determinante para a qualidade de vida das pessoas. A urbanização e o crescimento demográfico geraram vários impasses para a engenharia nos últimos anos, um deles é o trânsito nas grandes cidades. O Brasil em 1960 tinha 46% de sua população vivendo em área rural e 54% em área urbana, em 2010 apenas 15,6% da população mora em área rural e 84,4% em área rural [1]. Já na cidade de Caruaru a taxa de urbanização é maior ainda com cerca de 11% apenas de sua população em área rural e 89% urbana [1]. Com a urbanização da população, a utilização do solo cresceu ao ponto de se perceber a necessidade de se construir de outra maneira, assim se iniciou o processo de verticalização das cidades.

As principais áreas verticalizadas, por motivos de comodidade e economia em transporte para os usuários, normalmente se localizam em lugares próximos a polos geradores de Tráfego – PGT. Esses polos são empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos diretos

na circulação viária e entorno e, em certos casos, modificam a acessibilidade de toda a região, além de alterar as condições de segurança de veículos e pedestres.

O desenvolvimento, representado também pelo aumento do número de grandes prédios, trouxe também um dos maiores problemas da cidade de Caruaru atualmente, que é o seu trânsito, trânsito esse que é causa de um desconforto diário para sua população que para percorrer distâncias relativamente curtas, tem enfrentado viagens de longa duração, sendo assim surge a necessidade de estudar e analisar as causas, consequências e efeitos no trânsito devido à verticalização.

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar o processo de verticalização além dos seus impactos no trânsito na Avenida Adjair da Silva Casé através do estudo do tráfego da região, além do comparativo entre os resultados dos fluxos, para análise do impacto da verticalização no trânsito do local estudado. Este estudo visa também a apresentação dos problemas do trânsito da região através do simulador de tráfego do InfraWorks, de forma que haja apresentação de propostas de solução definitiva e/ou paliativos para o problema em questão.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Polos Geradores De Tráfego

Segundo [3] para um empreendimento ser caracterizado como Pólo Gerador de Tráfego, ele deve ter como primícias a geração de um grande número de viagens, provocando desta forma reflexos negativos na circulação em seu entorno imediato, mobilidade e acessibilidade para toda uma região e podendo agravar as condições de segurança tanto para pedestres quanto veiculares [3]. Além desse conceito outros autores também afirmam que para serem considerados PGTs empreendimentos necessitam proporcionar prejuízo a circulação.

Segundo [4] os PGTs são empreendimentos que, mediante a oferta de bens e/ou serviços geram ou atraem grande número de deslocamentos e conseqüentemente, causam sérios reflexos na circulação do tráfego ao seu entorno, prejudicando a acessibilidade e a fluidez em toda uma região, agravando as condições de segurança de veículos e pedestres. Já [5] indicam que os locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvam atividades de porte e escala capazes de produzir um número significativo de viagens são considerados PGTs [6].

Dos fatores negativos que os PGTs podem proporcionar destacam-se a degradação ambiental, o aumento dos congestionamentos promovendo um acréscimo no tempo e nos custos de viagem e também os conflitos gerados pelo tráfego relacionado ao PGT..

2.2 Verticalização

Em busca de uma melhor qualidade de vida as pessoas colocam-se sempre como uma das prioridades a moradia e a localização, que são um dos principais elementos para medir qualidade de vida de uma população. Como resultado dessa busca por melhores localizações e melhores moradias além da urbanização constante da população, a solução encontrada pelos agentes produtores de espaço urbano foi o processo de verticalização.

Para [7] o processo de verticalização é entendido como a “criação de novos solos”, os quais estão sobrepostos, constituindo um local de moradia ou de trabalho, distribuídos em diversos andares, possibilitando um maior número populacional exercendo as mais diferentes funções. Já [8] indica que verticalização é o processo intensivo de reprodução do solo urbano, oriundo de sua produção e apropriação de diferentes formas de capital, aliado às inovações tecnológicas, alterando a paisagem urbana. Em [9] é apresentado que ao estudar a verticalização em Uberlândia, o espaço verticalizado não só “representa uma revolução na forma de construir, afetando a dinâmica de acumulação/reprodução do capital no setor da construção civil e mercado imobiliário”, como atesta que este processo é um bom negócio para os capitalistas. Já [10] dá uma definição sucinta que é a que verticalização é o resultado da multiplicação do solo urbano [10,11].

De acordo com [12], Urbanistas, planejadores urbanos, engenheiros, se defrontam com uma situação complicada sobre qual a forma de crescimento que as cidades devem assumir. Pois a cidade ideal pode ser a cidade compacta, com menores distâncias a serem percorridas, com uma maior densidade demográfica além de sustentável, ou pode ser também a cidade menos densa, espalhada e tranquila. Os autores explicam que, qualquer que seja a escolha, as soluções mencionadas trazem consigo uma série de impactos para o meio ambiente, para a qualidade, intensidade, singularidade de vida e convívio urbanos. Já [13] apresenta que no âmbito do debate

crítico sobre a qualidade das cidades verticalizadas e versus cidades horizontalizadas e menos densas, o presente trabalho aborda a questão da qualidade do espaço residencial, sendo esse o local onde se desenvolve o cotidiano dos moradores de uma cidade, cujo principal indicador socioambiental é a habitação verticalizada. O estudo do tema em questão se mostra importante pelo fato de a verticalização se fazer cada vez mais presente nas grandes e médias cidades brasileiras e por poder interferir na dinâmica e na qualidade do espaço residencial onde esse processo se insere [13,14].

Na cidade de Caruaru a verticalização foi evidenciada no chamado “boom imobiliário” dos últimos 20 anos e se intensificando na região nos últimos 15 anos. A cidade deixou de ser uma cidade tipicamente interiorana e passou a receber grandes empreendimentos imobiliários. Um dos exemplos de empreendimentos desse porte é o Cosmopolitan Shopping Park da construtora Moura Dubeaux empreendimento com 2 torres de 32 e 34 pavimentos que é a porta de entrada da empresa na cidade, já para atender o público do programa Minha Casa Minha Vida a cidade conta com 3 empreendimentos da MRV engenharia que são do Complexo Cidade Jardim formado pelo Jardim dos Ipês, Jardim dos Alecrins e Jardim dos Alpes.

2.3 Simulação de tráfego

A mobilidade é um elemento fundamental em um ambiente urbano [15]. Entretanto, conforme o número de veículos cresce, a eficiência do tráfego está se tornando um problema mundial [16], no que diz respeito ao caos causado por congestionamentos e acidentes. Por essa razão, modelos de simulação de tráfego e ferramentas de *software* têm sido desenvolvidos para a modelação, planejamento e análises estratégicas no controle de tráfego [17]. A simulação é o processo de projetar e desenvolver um modelo com o objetivo de entender o comportamento do sistema e avaliar as estratégias que podem ser utilizadas para operar o sistema [18]. Neste cenário, alguns dispositivos são empregados para otimizar a eficiência do tráfego, como por exemplo, os semáforos que são utilizados para o controle de fluxo de veículos ou pedestres [16]. E para que haja o melhor aproveitamento de tais dispositivos, pode-se contar com o auxílio de *softwares* capazes de identificar melhores condições de utilização, obtendo-se, assim, melhores resultados na prática.

Atualmente, há um número significativo de pacotes de *software* de micro simulação disponível para diferentes ambientes de tráfego e para diferentes finalidades [19]. Entretanto, existem distintos grupos de usuários desses sistemas de simulação, como pesquisadores, consultores, operadores rodoviários, autoridades municipais e rodoviárias [17], tornando necessária, ao utilizar tais *softwares* na implantação de projetos que envolvam a modelação de tráfego, a busca por programas que atendam as necessidades previstas no projeto em questão. Em consequência disso, alguns trabalhos foram realizados, visando a otimização do tráfego, para atender a demanda crescente de veículos e o interesse, por parte da população e autoridades, em segurança no tráfego.

Em [17] avaliaram dezessete ferramentas de simulação de tráfego como parte do projeto “Sistemas de Transporte Inteligentes Áustria Oeste” do Governo Provincial da Alta Áustria, cujo intuito era implementar um *software* capaz de fornecer estimativas de tráfego em tempo real e previsões de tráfego de curto prazo. E ao final do estudo, concluíram que embora as ferramentas analisadas possam estimar a situação atual do tráfego e prever as condições de curto prazo, como requerido, ainda há a ausência de aplicativos que realizem a simulação on-line. Os autores [19] também realizaram uma análise de ferramentas de *software* de simulação de tráfego, mas neste caso, tratando-se especificamente da segurança no tráfego. Destacaram e discutiram os pontos fortes e fracos das ferramentas mais utilizadas nos trabalhos, até então: VISSIM, seguido do PARAMICS, AIMSUN. Embora nenhum dos pacotes existentes fosse visivelmente superior a qualquer outro, estes se apresentaram como os mais fáceis quanto à modificação e controle de trajetória de veículos. Ao término do estudo, a utilização de modelos de micro-simulação para avaliação da segurança no trânsito mostrou-se uma tarefa desafiadora, já que o conceito por trás do desenvolvimento da maioria desses modelos é a eficiência do transporte, e não a segurança.

Tendo em vista que o sistema de transporte inteligente visa melhorar a eficiência do tráfego, onde o controle inteligente de semáforos é um componente importante, em [16] propuseram dois esquemas inteligentes e seguros de controle de semáforos, utilizando o *fog computing*, para melhorar a segurança e eficiência dos semáforos na organização do tráfego. E ao comparar os dois esquemas, o segundo mostrou-se muito mais eficiente e compatível com dispositivos de neblina que o primeiro, que é uma simples extensão de um esquema recente para defender ataques de negação de serviço.

Portanto, é evidente a necessidade de mais pesquisas sobre tais sistemas de *softwares* de modelação de tráfego e programação semaforica, para atender a demanda de veículos que só cresce e precisa de controle e organização.

Há alguns setores em que estes sistemas podem ser úteis: segurança no trânsito, eficiência no tráfego, problemas com o congestionamento, questões ambientais e outros.

2.4 InfraWorks

A simulação de tráfego é uma ferramenta para avaliar os efeitos sobre a acessibilidade e a dinâmica do tráfego, como a criação de filas e a capacidade possível, ou seja, é uma boa ferramenta para visualizar diferentes situações de tráfego [20]. As aplicações da simulação de tráfego estão cada vez mais presentes no planejamento e operação de transportes [21]. Neste sentido, diferentes produtos de *softwares* são usados para os diferentes níveis de detalhes requeridos.

O InfraWorks é um *software* desenvolvido pela Autodesk como ferramenta de design conceitual e visualização, além de análise e cálculos de engenharia, com as mais recentes tecnologias em modelagem 3D [22]. É um *software* usado para a simulação de tráfego, por possuir instrumentos capazes de simular condições de tráfego a partir de um sistema que contém dados geoespaciais [23]. O InfraWorks é mais voltado para projetos de grande escala, como estradas e ferrovias, onde pode ser criado um modelo manualmente ou por meio do *Model Builder*, fornecido pelo *software*, onde o usuário pode especificar uma área de interesse em um mapa de até 200 quilômetros quadrados [22].

Além disso, o *software* permite a definição dos parâmetros específicos para a simulação, como velocidade, número e tipo de veículos em período específico do dia, demanda e regras de prioridade nas interseções [23]. É através do *Traffic Analyst Panel (TAP)*, que pode ser aberta uma área de estudo onde as configurações serão alteradas. Apesar de ser bastante útil, a ferramenta de simulação de tráfego do InfraWorks é uma aplicação com poucos estudos realizados, por ser relativamente nova. Um exemplo de aplicação do InfraWorks foi apresentado por [23], que inicialmente criou um modelo da ponte medieval Azzone Visconti, através da aquisição de dados de fotogrametria e varredura de laser no *software* Revit, a partir do qual foi medido o deslocamento vertical da ponte. A segunda fase do trabalho consistiu na criação de um modelo para simulação de fluxo de tráfego na área ao redor da ponte, através do InfraWorks, em diferentes situações. Por fim, foi realizada uma estimativa do fluxo de tráfego após a definição dos parâmetros específicos para a simulação, tais como velocidade e número de veículos. Já [24] demonstram uma visão geral da importância da modelagem 3D para aumentar a segurança nas estradas, a partir de modelos da linha de *software* da Autodesk, incluindo o InfraWorks, que é usado para detalhar e editar as estradas, interseções e fluxo de tráfego.

Em [20] e [22] utilizaram o InfraWorks para o estudo de tráfego e compararam com o *software* PTV Vissim 9 e Synchro 8, respectivamente, comprovando a eficiência do InfraWorks e destacaram ainda a importância de novas atualizações para a melhoria do *software* frente a outros programas especializados na simulação de tráfego. Através dos estudos, pode-se concluir a importância do uso da modelagem 3D para a resolução de tarefas e fins informativos. A possibilidade de analisar situações diversas e definir vários parâmetros de acordo com a necessidade do usuário destaca a importância dessas aplicações [24].

3 METODOLOGIA

3.1 Definição da área de estudo

Caruaru é um município brasileiro do estado de Pernambuco, situado na região nordeste do Brasil (Figura 1). Atualmente Caruaru destaca-se como o mais importante polo econômico (com o Distrito Industrial, diversas empresas na área da construção civil e com o comércio costumeiramente aquecido), médico-hospitalar (com uma rede extensa de clínicas situadas principalmente no bairro Maurício de Nassau, além da UPAE, o Hospital Mestre Vitalino, entre outros), acadêmico (com grandes colégios de nível médio além das faculdades UFPE-CAA, ASCES, FAVIP, FAFICA e Maurício de Nassau, que tornaram Caruaru um dos principais locais do estado quando se busca referência acadêmica em diversas áreas), cultural e turístico do Agreste, sendo famosa por sua tradicional feira livre e o seu São João.

O trecho em análise neste trabalho se encontra na Avenida Adjair da Silva Casé, no bairro Indianópolis. Este se inicia logo após o viaduto Dr. Galvão Cavalcanti e tem seu fim no ponto da curva de acesso ao Caruaru Shopping e ao Cosmopolitan Shopping Park.



Fig.1. Localização do Município de Caruaru

3.2 Análise do “volume V – sinalização semafórica”

Devido a ausência da contagem de tráfego de projeto na região estudada optou-se por observar os tempos do semáforo e estimar o fluxo com o qual a via foi projetada. Portanto, o Volume V, que selecionado para o presente estudo por ser responsável pela parte de sinalização semafórica e fazer parte do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, formado por seis volumes. Consta no volume em questão, considerações gerais e critérios gerais para implantação dessa sinalização; características gerais para o controle semafórico e os elementos da programação semafórica. Além da programação de sinalização semafórica isolada de tempo fixo, a sinalização semafórica isolada atuada e a sinalização semafórica em rede também são abordadas.

A sinalização semafórica é de fundamental importância para a Engenharia de Tráfego quando se trabalha com grandes volumes de tráfego, porém ela tem que ser precedida da avaliação da eficácia de outras formas de controle como o controle a partir da obediência às normas gerais de circulação e conduta estabelecidas no Código de Trânsito Brasileiro - CTB, o controle com uso de sinalização vertical e o uso de rotundas de canalização do tráfego em interseções.

No Volume em questão temos a indicação de que a programação da sinalização semafórica deve ser elaborada de acordo com as 4 etapas apresentadas a seguir.

Etapa I - Definição das condições em que a programação irá operar. No caso de reprogramação de sinalização semafórica existente, muitas vezes essa etapa não é realizada, pois são adotadas as condições pré-existentes.

Etapa II - Determinação das características operacionais do tráfego.

Etapa III - Cálculo da programação semafórica.

Etapa IV - Implementação da programação e avaliação dos resultados. Esta é uma etapa que deve ser cumprida sempre, mesmo que seja através da simples avaliação visual caso não existam recursos para efetivar uma avaliação mais elaborada.

O presente estudo destaca a Etapa III pois foi dela que foi retirada as diretrizes para o cálculo da estimativa do fluxo por movimento na região em questão.

Inicialmente, como segundo as autoridades de trânsito local não há a contagem de tráfego em arquivo ou projeto da via, mas o modelo utilizado é para vias com até 600 veículos por hora no movimento de maior fluxo e o método utilizado foi o Método de Grau de Saturação Máximo, com grau de saturação sempre de 0,82 para todos os movimentos. Com essas informações foi possível estimar o fluxo de veículos que foi encontrado em 2014 e comparar com o que foi encontrado atualmente, sendo utilizado para área de estudo uma estimativa geral, sem necessariamente utilizar um método específico de contagem. Essa estimativa geral foi feita de maneira com a qual se tornasse o menos abstrato possível (mais detalhes ver Volume V).

3.3 Contagem de tráfego

O dia escolhido para a realização da recolha de dados de tráfego deve ser representativo da situação para a qual a programação semafórica será elaborada, caracterizando-se como um dia típico. Esta recolha, por exemplo, deve ser realizada em dias úteis, feriados e finais de semana, de modo a permitir a programação semafórica específica para cada um desses dias. No presente estudo foi feita sempre a recolha em dias da semana, pois apesar da

importância do *shopping* como PGV, o principal problema com o fluxo de veículos na região é próximo às 14:00 e próximo às 19:00, quando o fluxo do shopping se une ao da UNIFAVIP e do SENAC.

A escolha do cruzamento foi feita ao observar o cruzamento onde havia um problema maior de conflitos e fluxo maior em horário de ponta, assim foi selecionado o cruzamento após a entrada do *Shopping* Caruaru, cruzamento esse que contém o semáforo para controle de tráfego. Já o método de contagem utilizado foi o método de contagem global para a construção de um volume médio diário – VMD e de um esquema de mapa de fluxo implementado em software, porém também foi feita uma contagem direcional, para ser visto também os intervalos semafóricos, justificação de controles de trânsito, e posteriormente em outros estudos, sendo o estudo de acidentes, previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes alguns desses estudos.

Devido à ausência de equipamento de contagem automática e contador manual eletrônico disponível foi feito a contagem manual com o auxílio das Fichas do DNIT [25], a ficha escolhida foi a Ficha I, pois a contagem não tinha o auxílio do contador manual mecânico e a mesma facilitava também a colocação do sentido do fluxo nas horas estudadas. Assim as fichas foram divididas em Sentidos de Fluxo, nomeadamente: Centro->BR-232; BR-232->Centro; Centro->SENAC; Centro->Centro; Senac-Centro; Centro-GranPark; haviam outros sentidos porém não relevantes para o estudo pois tinham pouco impacto no fluxo do cruzamento. Outra divisão foi em Horários, onde foram observadas as horas próximas aos horários de pico, 13:00 às 15:00, 17:00 às 20:00 e 7:00 às 9:00. Além de também ter sido feita na própria ficha a divisão em Tipos de Veículos afim de traçar um perfil do fluxo na via estudada no geral e nos horários de pico.

3.4 Estudo em campo

A ficha padrão do Manual do DNIT [25] foi utilizada para a contagem, sendo escolhidos dias onde não houvesse grandes eventos na região a fim de evitar um superdimensionamento. Sendo assim foi feita a contagem em horários de ponta nos horários das 13:00-15:00 e das 18:00-20:00, sendo recolhidos para da cruzamento o movimento, o horário e a quantidade de veículos por tipo observados naquele intervalo de hora.

Os resultados de campo encontrados e a estimativa de fluxo da via permitiram fazer uma comparação entre os resultados da estimativa de 2014 e os resultados observados em campo. Todo o resultado em campo foi comparado com o Quadro 1, sabendo que o valor de F1 era de 600 carros por hora, de acordo com a DESTRA.

Quadro 1. Estimativa de Fluxo de 2014

Σy_i	ΣP_i	P1	P3	P2	y1	y3	y2	F3(car/hr)	F2(car/hr)	FS1(car/hr)
0,75	0,91	0,37	0,18	0,28	0,301	0,151	0,226	300	450	19990,083

3.5 Fluxo de saturação

O método do Histograma de Fluxo, descrito no Item 7.2.1 do Volume V foi utilizado, nele pode-se observar a quantidade de veículos que passam durante o período de maior fluxo, no horário de pico, em intervalos completos de 70 segundos, divididos de 5 em 5 segundos. A contagem de 70 segundos foi feita por 6 vezes para se obter um resultado com uma menor margem de erro. Desprezando os primeiros 5 segundos e os últimos 5 segundos, e fazendo a média de cada intervalo de 5 segundos temos o fluxo de saturação da via em 5 segundos. Esse resultado convertido para hora resulta no Fluxo de Saturação da Via.

3.6 Implementação InfraWorks

Na plataforma InfraWorks foi feita a conversão e corrigida algumas incompatibilidades, após este procedimento pode-se iniciar as etapas para simulação de tráfego: Primeiramente se escolhe o trecho onde será feita a simulação de tráfego, o programa em si já reconhece algumas regiões de demanda, tendo a opção de utilizá-las ou não, através de uma plataforma inclusa no programa, o *Traffic Analyst*.

Ainda no *Traffic Analyst*, pode-se escolher o horário e o intervalo de tempo que essa simulação será feita, onde pode escolher intervalos de 10 minutos em simulação rápida, 60 minutos em Manhã Curta ou Noite Curta e intervalos de 180 minutos em Manhã longa ou Noite longa. Cada um desses perfis atua separadamente.

Após feita a escolha do perfil de simulação é feita em suas interseções as alterações de programação necessárias, pois quando o modelo é importado ele reconhece padrões e os implementa, mas nem sempre esses padrões refletem a realidade, assim, a fim de tornar o mais real possível é feita em cada interseção a programação desde o tipo de cruzamento, até a programação semafórica. Após editados esses parâmetros, o passo seguinte é executar a simulação de tráfego.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Resultados da contagem de tráfego

Os procedimentos experimentais foram realizados a fim de determinar o impacto gerado pela verticalização e pela criação de Polos Geradores de Tráfego no trânsito da região. A contagem de tráfego foi feita por movimentos, que são ilustrados na Figura 2. Além disso, os resultados do fluxo de carros em horários de ponta nestes movimentos estão descritos no Quadro 2.

Os resultados apresentados mostram que o valor de tráfego em horário de ponta nesses 4 anos (2014-2018) de implementação cresceu 32,5%, já que foi observado uma demanda de 795 car/h e a inicial foi de 600 car/h. Esse crescimento também observado no fluxo de saturação da via, pois o valor do fluxo de saturação estimado em 2014 era de 1990 car/h e o valor do fluxo de saturação na via em estudo foi de 2664 car/h, demonstrando um crescimento de 33,8%. Portanto, é possível observar como esse crescimento vem afetando o trânsito da região e será mostrado a seguir um método que poderia ser utilizado para diminuir esse impacto.

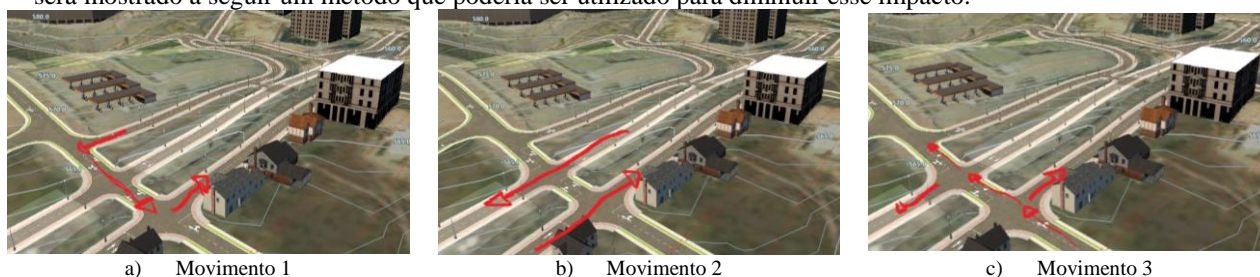


Fig.2. Representação Infracorks dos movimentos no cruzamento estudado

Quadro 2. Contagem de Tráfego dos movimento no cruzamento estudado

INTERVALO	MOVIMENTO 1 (car/h)	MOVIMENTO 2 (car/h)	MOVIMENTO 3 (car/h)
13:00 – 14:00	565	255	110
14:00 – 15:00	495	410	85
18:00 – 19:00	795	265	205
19:00 – 20:00	320	120	170

4.2 Simulação de tráfego no InfraWorks 360

Atualmente, somando todos os movimentos, passam pela avenida Adjair da Silva Casé quase de 2000 car/h em seu horário de ponta e o local onde há maior retenção é o cruzamento em estudo, no qual em 2014 foi implementado um sistema que visava uma demanda de 600 car/h, no seu movimento mais solicitado, porém como foi visto esse movimento está recebendo uma demanda de aproximadamente 30% maior que a esperada. Os resultados disso são grandes engarrafamentos.

Na plataforma InfraWorks foi implementado todos os parâmetros que foram observados em campo. Na Figura 3 pode-se observar que, o tempo de verde de cada movimento é o mesmo observado em campo, 30 segundos para o sentido Centro – BR 232, 40 segundos para o sentido Shopping – Retorno ao Centro, 20 segundos para o sentido Gran Park – Centro. Na Figura 4 pode-se observar as demandas de cada movimento.

Perfil	1	3	4	6	7	8	10	11	12	Total
1										44
2		20	256	500	50	50	100	50	30	1106
5		20		200			30		6	306
6				10						10
7			5	5	5		5	5		31
8			50	100	50				6	205
9										
10										
11				5	5					11
Total	40	316	826	166	55	141	81	72		1713

Fig.3. Demandas Coletadas em Campo

Retornos	Grupos	Fases	Sincronização	Plantas	Regras	Contornos
A	20	2	3	0	300	✓
B	30	2	3	0	300	✓
C	19	2	3	0	300	✓

Fig.4. Tempos de Verde Coletados em Campo

O aumento crescente e inesperado dessa demanda vem sendo a causa dos frequentes engarrafamentos que pode ser observados no local de estudo como podem ser ilustrados na Figura 5 presencialmente, como na simulação no InfraWorks representadas na Figura 6. O problema que foi visto em campo também foi reproduzido de maneira bastante satisfatória no simulador.

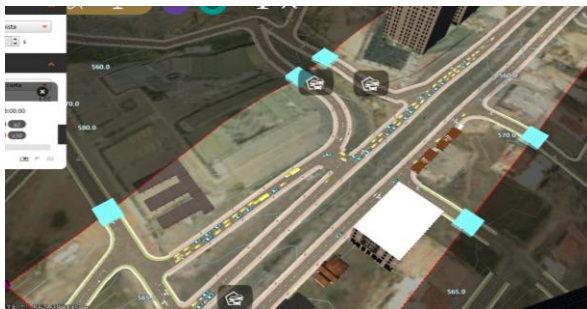


Fig.5. Engarrafamento observado no InfraWorks



Fig.6. Engarrafamento máximo no InfraWorks

4.3 Simulação no InfraWorks com proposta de solução

Diante do que foi apresentado o impacto da verticalização na via foi significativo e com a ferramenta de simulação InfraWorks foram feitas tentativas de diminuir esse impacto desde mudanças na preferência de algumas interseções como também na sua programação semafórica. Assim, a solução que obteve mais sucesso com menos transtornos a população foi a melhor programação semafórica.

Na plataforma InfraWorks foram novamente implementados os parâmetros que foram observados em campo, porém com uma nova programação semafórica. Como na Figura 7 pode-se observar que, o tempo de verde de cada movimento escolhido foi de 30 segundos para o sentido Centro – BR 232, de 65 segundos para o sentido Shopping – Retorno ao Centro, de 15 segundos para o sentido Gran Park – Centro. Já na Figura 8 pode-se observar as demandas de cada movimento que não foram alteradas. Com esses valores ajustados e feita a simulação foi observado que apenas esse ajuste fez o fluxo fluir de maneira fluente (Figura 9).

Fase	Verde	Amarelo/Vermel...	Mini...	Máx...	Esticar
A	30	2	3	0	300
B	65	2	3	0	300
C	15	2	3	0	300

Fig. 7. Programação Semafórica

Perfil	1	3	4	6	7	8	10	11	12	Total
1										44
2		20	256	500	50	50	100	50	30	1106
5		20		200			30		6	306
6				10						10
7			5	5	5		5	5		31
8			50	100	50				6	205
9										
10										
11				5	5					11
Total	40	317	822	166	55	141	81	72		1760

Fig. 8. Demanda coletada em campo



Fig.9. Simulação com Programação Semafórica

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho foi pautado em uma das principais causas de transtorno no dia-a-dia do cidadão brasileiro que trabalha longe de casa, seja ele portador de veículo próprio ou cidadão que utiliza transporte público, pois pouquíssimas cidades brasileiras são projetadas, fazendo com que o crescimento das cidades seja desordenado e normalmente concentrado em pequenas áreas. Ao apresentar o estudo em questão era de se esperar um crescimento acentuado do fluxo de veículos na região da Avenida Adjair da Silva Casé, já que desde 2014 que o sistema é o mesmo e dessa época até os dias atuais foram inaugurados muitos polos geradores de tráfego na região, assim como, o crescimento da FAVIP e do *Shopping*.

Diante deste estudo, é possível observar que as medidas ineficientes no setor de planejamento local e a falta de pessoas qualificadas, não permitindo que cada caso seja observado com particularidade e fazendo com que casos específicos sejam sempre resolvidos com implementação de padrões, diminuindo assim sua eficiência. Como era esperado a demanda de fluxo de veículos era maior que a de projeto, fazendo com que a via fosse sobrecarregada sempre no horário de ponta, causando muitos transtornos para quem utiliza a via todos os dias.

De posse dos resultados da implementação no InfraWorks, o modelo utilizado atualmente pelo setor de planejamento local contém uma logística que faz com que a demanda, que cresceu mais de 30% em seu trecho mais solicitado, não seja suportada pela via causando engarrafamentos. O modelo sugerido pelo trabalho é eficaz para a situação atual, mas essa situação tende a mudar já que com a criação da Avenida Maria José Lyra, que está sendo pavimentada devido aos empreendimentos da empresa MRV, uma demanda que é muito pequena no atual momento tende a crescer bastante, já que em um dos empreendimentos tem-se a construção de 496 apartamentos, mostrando ainda mais como é importante o estudo em questão.

Em um cenário que não é mais o mesmo de 7 ou 8 anos atrás, onde o país vivia um crescimento muito grande e a construção civil estava no topo do mercado, mas também não é o cenário de 2 anos atrás onde a maioria das grandes obras pararam devido a grande incerteza política gerada no país, a construção civil mostra sinais de recuperação e com esses sinais a Engenharia de Tráfego tem que “abrir os olhos e a cabeça” para novas tecnologias que facilitem e agilizem as soluções definitivas e paliativas para os problemas já que em um cenário onde não se tem a quantidade de pessoal necessária por pouco investimento, uma solução em *software* aparece como um baixo custo e um retorno produtivo alto.

6 REFERÊNCIAS

1. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Demográfico, 2010.
2. A. H. Coelho, L. G. Goldner, Engenharia de Tráfego: Módulo II: Análise de capacidade e nível de serviço pelo HCM 2010: Fluxo ininterrupto, Material didático, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
3. S. M. Sola, *Pólos Geradores de Tráfego*, Série Boletim Técnico CET (32), São Paulo, 1983.
4. L. R. Silva, Metodologia de Delimitação da Área de Influência dos Pólos Geradores de Viagens para Estudos de Geração de Viagens – Um Estudo de Caso nos Supermercados e Hipermercados, Dissertação de Mestrado em Transportes, Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, 2006.

5. L. S. Portugal, L. G. Goldner. *Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes*, Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 2003.
6. E. O. Andrade, Análise de métodos de estimativa de produção de viagens em pólos geradores de tráfego, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
7. H. M. M. Giménez, A verticalização de Maringá: o caso do novo centro: uma urbanização do possível, Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2007.
8. C. M. Mendes, O edifício no jardim: um plano destruído – a verticalização em Maringá, Tese de Doutorado em Organização do Espaço, Universidade de São Paulo, 1992.
9. J. C. L. Ramires, A verticalização do espaço urbano de Uberlândia: uma análise da produção e consumo da habitação, Tese de Doutorado em Organização do Espaço, Universidade de São Paulo, 1998.
10. M. A. A. Souza, *A Identidade da Metrópole*, HUCITEC EDUSP, São Paulo, 1994.
11. N. Somekh, *A cidade vertical e o urbanismo modernizador*, EDUSP/Nobel /FAPESP, São Paulo, 1997.
12. C. Acioly, C.; F. Davidson, *Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana*. Mauad, Rio de Janeiro, 1998.
13. F. Kiefer. *Estudo de verticalização da cidade: o caso de um bairro de Porto Alegre*. Porto Alegre: Relatório de Pesquisa — Centro Universitário Ritter dos Reis, 2006.
14. J. Rykwert, *The seduction of place: the history and future of the city*. Oxford University Press, Oxford, 2004.
15. L. M. Martinez, J. M. Viegas. Assessing the impacts of deploying a shared self-driving urban mobility system: An agent-based model applied to the city of Lisbon, Portugal, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 6(1) 13-27, 2017.
16. J. Liu, J. Li, L. Zhang, F. Dai, Y. Zhang, X. Meng, J. Shen. Secure intelligent traffic light control using fog computing, *Future Generation Computer Systems*, 78(2) 817-824, 2018.
17. A. Pell, A. Meingast, O. Schauer. Trends in Real-time Traffic Simulation, *Transportation Research Procedia*, 25 1477–1484, 2017.
18. J. E. Mondragón, J. A. J. García, J. M. M. Flores, J. A. V. López, S. T. Vásquez. Experiments simulation and design to set traffic lights' operation rules. *Transport Policy*, 67 2-12, 2018.
19. S. M. S. Mahmud, L. Ferreira, Md. S. Hoque, A. Tavassoli. Micro-simulation modelling for traffic safety: A review and potential application to heterogeneous traffic environment, *IATSS Research*, 2018.
20. S. Avramovic, E. Johnsson. Evaluation of Autodesk InfraWorks 360 and PTV Vissim: A comparative study of two traffic simulation software products, Master's Thesis in the Master's Programme Infrastructure and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology – Department of Civil and Environmental Engineering, Sweden, 2017.
21. C. L. Azevedo, N. Deshmukh, B. Marimuthu, K. Marczuk, H. Soh, K. Basak, T. Toledo, LS. Peh, M. Ben-Akiva. SimMobility Short-term: An Integrated Microscopic Mobility Simulator, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2622 13-23, 2017.
22. E. Ríos, Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a La Av. Cáceres con InfraWorks y Synchro 8, Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Piura – Facultad de Ingeniería, Perú, 2018.
23. L. Barazzetti, Duality between BIM and GIS: an example related to the medieval bridge Azzone Visconti, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364(1) 012084, 2018.
24. M. Eliseev, T. Tomchinskaya, A. Lipenkov, A. Blinov. Using 3D-modeling Technologies to Increase Road Safety, *Transportation Research Procedia*, 20 171-179, 2017.
25. DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, *Manual de Estudos de Tráfego*, IPR, Rio de Janeiro, 2006.