

ANÁLISE DO IMPACTO DE UM PÓLO GERADOR DE VIAGEM DE UMA RODOVIA IMPORTANTE DO BRASIL BASEADA EM MICROSSIMULAÇÃO

Martins, Fernanda Souza, Dávalos, Ricardo Villarroel

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

RESUMO

Os polos geradores de viagens são empreendimentos de variadas atividades que geram a necessidade de deslocamento de pessoas e mercadorias causando impactos na economia e na região que estão inseridos. A principal finalidade deste artigo é analisar o impacto gerado pela implantação de um polo gerador de viagem nas margens da rodovia BR-101 estado de Santa Catarina – Brasil, responsável pela principal ligação entre outras capitais. Será avaliado o desempenho operacional da via a situação de dois cenários: situação com e sem o empreendimento, respectivamente. O estudo foi desenvolvido utilizando uma microssimulação, as análises consideram a avaliação da capacidade atual da via lateral com a demanda do fluxo gerado pelo empreendimento polo gerador de viagem até o ano de 2030.

Palavras-chave: Simulação de Tráfego; Microssimulação; Polos Geradores de Viagem; Nível de serviço;

1. Introdução

O crescente aumento da população nas cidades, demonstra cada vez mais a importância do planejamento urbano para o controle do uso e ocupação do solo, nas últimas décadas grande parte da população vive nas regiões urbanas, segundo IBGE (2010) 84% da população vivem na região urbana e 15% vivem na região rural.

Com o aumento das opções para melhoria da qualidade de vida, a necessidade de promover a segurança da circulação de veículos e pedestres aponta a importância de se analisar devidamente o impacto gerado na implantação dos empreendimentos de grande porte.

As diretrizes da política de desenvolvimento urbano têm por objetivo ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem estar da população, os estatutos das cidades reforçam essas diretrizes tornando o planejamento municipal ferramenta necessária para promover o crescimento ordenado.

Os polos geradores de viagem são empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária e em seu entorno, prejudicando a acessibilidade de toda a região, além de agravar as condições de segurança dos veículos e pedestres (DENATRAN, 2001).

Segundo Tolfo e Portugal (2012), os impactos dos PGVs, quando relacionados ao sistema viário e de transportes, podem ser observados em locais de acesso quanto à entrada e saída de veículos, embarque e desembarque, nas interferências da sinalização existente, conversões, conflitos com pedestres e ao transporte coletivo. O fluxo de tráfego gerado pode interferir no desempenho do tráfego veicular, causando efeitos potenciais, pois seus efeitos sem a avaliação prévia estão relacionados à alteração no padrão de viagens e ao uso do solo.

A classificação dos PGVs pode ser realizada de acordo com a natureza e intensidade das atividades neles desenvolvidas, podendo ser shopping center e loja de departamento, hipermercados, hospitais, clínicas médicas entre outros, já a intensidade considera a magnitude do provável impacto causado no sistema viário, PORTUGAL, L., GOLDNER, L. (2003). Para identificar as alterações provocadas, deve-se realizar o estudo de impacto no trânsito, analisando a condição atual da via, verificando os impactos causados com o emprego de novos fluxos, também deve-se analisar a capacidade operacional da via, utilizando o emprego de uma metodologia confiável.

Os modelos de simulação microscópicos, possibilitam avaliar de forma dinâmica as condições do tráfego local para cenários diversificados, segundo BARCELÓ, 2012 a análise microscópica

representa o comportamento de cada veículo individualmente, sendo necessário a modelagem de todas as ações do condutor e suas interações com o ambiente proposto.

Desta forma, o objetivo do presente artigo, consiste em avaliar os impactos produzidos pela implantação de um polo gerador de viagem, localizado às margens de uma rodovia federal, determinando o nível de serviço atual e a situação com o fluxo gerado pelo empreendimento em uma situação hipotética.

2. Fundamentação Teórica

2.1 A BR-101

A rodovia BR-101 é a principal via de transporte da região sul do país, a necessidade de integrar os diversos polos produtivos, permitiu em 1964, a aprovação da Lei 4.592 que deu origem à BR-101, uma rodovia longitudinal, com previsão para alcançar 4.080 quilômetros de extensão, atravessando o Brasil entre os extremos Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul (BRASIL, 1964). No estado de Santa Catarina, os 465,9 quilômetros de via pavimentada permitem que grande parte do fluxo se desloque em direção a faixa litorânea, um traçado que encurtou distâncias em tempo de viagens e atraiu o desenvolvimento de atividades comerciais, industriais e prestação de serviços como rede hoteleiras e restaurantes, além disso, a presença dos portos marítimos na movimentação de cargas a granel, agregou a sua composição espacial o comércio logístico de cargas (NUNES, 2008). O desenvolvimento do estado de Santa Catarina foi fortemente influenciado pela construção da rodovia, possibilitando a ligação entre os demais estados brasileiros, fazendo parte do corredor Mercosul.

2.2 Polos Geradores de Viagens

Desde a década de 1950, os grandes empreendimentos vêm sendo estudados por organismos internacionais, observando os impactos gerados não somente em veículos motorizados, mas também em transportes públicos, de cargas e os não motorizados. O conceito de PGVs, vêm evoluindo com as necessidades ambientais, sustentabilidade e qualidade de vida buscando prever, tratar e minimizar os impactos gerados (PGV, 2012).

O ITE (2008) classifica empreendimentos PGVs em dez categorias, conforme sua natureza, sendo elas: portos ou terminal, indústria, agrícola, residencial, alojamento, recreacional, institucional, saúde, escritório, comércio e serviços.

Quanto a intensidade dos impactos, a CET-SP (1983) classifica os PGV em; a) micropolos, que são aqueles empreendimentos que causam impactos pequenos, porém quando agrupados os impactos podem se tornar bastante significativos; b) macropolos, que são aqueles empreendimentos que isoladamente causam impactos mais expressivos. Os PGVs são concentradores de atividades no espaço, se caracterizam por impactar a acessibilidade e o desempenho dos sistemas de transportes e viário, como também por promover mudanças no uso do solo e no desenvolvimento urbano, em função destas externalidades, os PGVs devem ser planejados, localizados e dimensionados (PGV, 2012).

2.3 Microssimulação

A simulação de tráfego tem se popularizado nos estudos acadêmicos nos últimos anos, as facilidades no controle físico e operacionais propiciam sua aplicação. Para Rivera (2005) a simulação de tráfego pode ser classificada em três tipos; simulação macroscópica, com atividades e interações em baixo nível de detalhe; simulação mesoscópica, descreve interações e atividades com alto nível de detalhe; simulação microscópica, com atividades e interações de forma altamente detalhada.

Os modelos microscópicos possibilitam avaliar de forma dinâmica as condições de tráfego local para os cenários antes e depois da implantação de um empreendimento, permitindo avaliações de cenários ao longo do tempo.

Para TAORI, S., RATHI, A.K (1996) a simulação de tráfego elimina a necessidade de testes de campo, caros, que demandam tempo, apresentam riscos e são, muitas vezes, de impossível realização. A simulação fornece a oportunidade de testar novas estratégias ou alternativas de gerenciamento de viagens, antes da sua implementação de fato, e pode representar tanto ambientes de tráfego que mudam com o tempo, como volumes de tráfego e incidentes que causam congestionamento. Por meio da técnica de simulação, procura-se replicar em um computador a

sequência de eventos hipotéticos do sistema estudado, ao longo do tempo, tratando-se às entidades que percorrem o modelo de forma agregada ou individualizada (PORTUGAL, 2005).

2.4 Níveis de Serviço

Os primeiros documentos relativos aos conceitos de nível de serviço e a capacidade em várias formas de transporte foram os estudos realizados nos Estados Unidos pelo Transportation Research Board, reunidos no Highway Capacity Manual (HCM), que incorporam desde 1950 o conhecimento teórico e experiência prática em seus procedimentos, tornando-se uma importante fonte de referência para especialistas de transporte na avaliação de desempenho dos sistemas viários (TRB, 2010).

O parâmetro de volume de tráfego está diretamente associado aos índices de ocupação da via, quanto maior o volume de veículos na seção da via na saída e entrada da pista, maior a dificuldade para o fluxo de veículos. O parâmetro de velocidade operacional está associado a fluidez do tráfego, quanto maior a velocidade operacional da via ou acesso, maior será a fluidez do trânsito, mantendo os padrões de segurança, observa-se que em determinada seção o volume de veículos pode ser baixo, devido a baixa velocidade operacional, o que indica trânsito congestionado ou devido ao fluxo realmente baixo com altas velocidades operacionais, indicando trânsito livre. Os dois parâmetros apresentados, levam ao conceito de densidade de tráfego, onde o nível de serviço é medido em função da ocupação da via em termos de veículo/faixa/km.

A metodologia de cálculo para nível de serviço é fundamentada em diversos fatores como, volume de veículos na seção da via, geometria, número de faixas por sentido, existência de canteiro separador de fluxos, superfície topográfica, região se urbana ou rural, composição do tráfego, fator de hora pico, largura física da via e velocidade operacional.

Esta conceituação é dividida entre 6 níveis diferentes, nível A, aquele em que o fluxo de veículos é baixo e a velocidade operacional da via é alta, sem quaisquer restrições ao fluxo de veículos; nível B, aquele em que o fluxo de veículos varia entre baixo e médio, com a velocidade operacional da via alta, porém já com pequenas restrições de fluxo de veículos; nível C, aquele em que o fluxo de veículos é relativamente alto, com a velocidade operacional da via média, com algumas restrições de fluxo de veículos. É aquele nível considerado padrão para a execução de projetos. Nível D, aquele em que o fluxo de veículos é alto, com a velocidade operacional da via relativamente baixa, com sérias restrições de fluxo de veículos, não possibilitando ultrapassagens sem riscos e sujeitando o tráfego a algumas paradas decorrentes da carga pesada de veículos. É considerado como o nível de serviço limite para ser suportado pelos usuários. Nível E, em que o fluxo de veículos é baixo, devido à baixa velocidade operacional da via, com várias restrições ao fluxo de veículos e paradas constantes da corrente de tráfego. É o nível de serviço que retrata a capacidade de uma rodovia. Nível F, em que o fluxo de veículos é baixo devido à baixa velocidade operacional, com grandes períodos de tráfego parado.

3. Metodologia

Para desenvolvimento desta pesquisa, utilizou-se o método proposto pelo DENATRAN, (2001), que consiste na análise dos impactos sobre as vias de acesso e adjacentes ao empreendimento e análise do projeto arquitetônico do empreendimento. A figura a seguir ilustra as etapas metodológicas utilizadas:

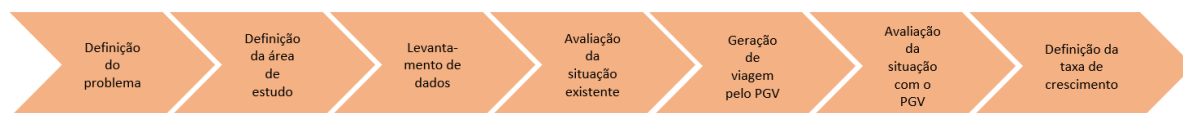


Figura 1 – Etapas metodológicas

As etapas para o desenvolvimento do estudo, podem ser divididas em: etapa 01 definição do problema; 02, definição da área de estudo, consiste em definir o local em que se pretende instalar o PGV; 03, levantamento de dados, informações com relação ao sistema viário local, fluxo de veículos e hora pico; 04, avaliação da situação existente, consiste na montagem de uma rede de simulação no software de microssimulação, chamado de rede base, onde deverá refletir o comportamento existente do tráfego; 05, geração de viagem pelo PGV, deve-se realizar a distribuição dessas viagens, estimando o número de viagens que se iniciam ou terminam e cada zona de tráfego, viagens

produzidas são as que se inicia nela, e as viagens atraídas, que são as que têm como destino ela. A soma de viagens produzidas e atraídas nos fornece o total de viagens geradas (CAMPOS, 2013). Para efeito da alocação direta da demanda gerada na rede viária que serve o empreendimento, é necessário identificar as rotas principais de acesso ao PGV para que todas essas viagens possam ser alocadas nas vias componentes do sistema em análise, carregando-o com o volume de tráfego gerado pelo empreendimento; 06, avaliação da situação com a implantação do PGV, trata-se da complementação da rede base, com os dados da geração de viagens na rede final, incluindo o volume de tráfego distribuído entre as diversas rotas de acesso ao empreendimento. Feito isso, deve-se avaliar o nível de serviço gerado; 07, deve-se definir a taxa de crescimento, expandindo o volume de tráfego de passagem que, somado ao volume de tráfego gerado pelo empreendimento, possibilita a simulação da condição de tráfego futuro, na qual deverá ser avaliada a projeção de 10 anos. Para este trabalho propõe-se realizar microssimulação utilizando o software PTV Vissim, um simulador microscópico amplamente utilizado no meio acadêmico e profissional, dada à facilidade de elaboração e entendimento dos fenômenos ocorridos, sendo capaz de representar qualquer alternativa realista de um sistema de tráfego (NERIS, 2014).

4. Desenvolvimento

A região de estudo está localizada na cidade de Itajaí, no estado de Santa Catarina - Brasil, sua escolha deve-se ao fato de possuir as características elencadas para esta pesquisa, estando localizado às margens da rodovia BR-101, tendo a rua lateral como única opção de acesso direto, possui topografia plana sem grandes elevações, seu entorno é composto por empreendimentos de serviços variados, tais como postos de gasolina, transportadoras e armazéns.

A região possui baixo fluxo de pedestres, porém é comum a presença de ciclistas que utilizam a marginal como rota. As características do empreendimento de acordo com o plano diretor da cidade de Itajaí/SC, sobre o uso e ocupação do solo, corresponde a zona urbana 5 na qual permite implantação de comércios e serviços, habitação residencial e atividade industrial. A área hipotética construída do empreendimento é de aproximadamente 2.500m², com 432 funcionários, 1 portão de acesso e estacionamento composto por 238 vagas. A área do terreno corresponde a 20.600m².

Para verificação da situação existente da rua lateral serão utilizados dados de contagens realizadas por uma empresa privada no ano de 2019. A pesquisa é composta de contagens volumétricas e classificatórias com identificação dos tipos de veículos de acordo com classes e configurações dos eixos. A média de veículos registradas nos três dias de contagens foi de 16.043 veículos/dia, onde a proporção de fluxo para veículos leves corresponde a 74%, veículos pesados 21%, ônibus 5%, sendo identificada a hora pico no segundo dia de contagem, no horário das 11:00 às 12:00. A velocidade permitida da via é de 60 km/h. Devido à ausência de dados, optou-se por avaliar a influência do empreendimento apenas na rua lateral, considerando o número de funcionários (432) para viagens produzidas e média diária de clientes (726) para viagens atraídas, dados extraídos de um empreendimento similar ao que estamos avaliando.

4.1 Modelagem e Resultados da Infraestrutura Viária

A modelagem e os resultados obtidos, foram desenvolvidos no software de simulação Vissim e serão apresentados a seguir: na modelagem da infraestrutura viária, realizou-se a inserção dos links (vias) na rede básica, onde foram inseridos quatro links; link-1 rua lateral sentido sul, link-2 rodovia BR-101, sentido sul, link-3 rodovia BR-101 sentido norte, link-4 alça de desincorporação. Nos links, é possível configurar os parâmetros como mudança de via, largura das faixas, proibição de classes de veículos, e conversões. Os dados foram operados e administrados através do mapa disponível no software de microssimulação, que permite utilizar a localização exata do empreendimento, sendo considerados apenas as classes de veículos de carros, caminhões e ônibus com largura de faixa de 3,60m. Para criação das composições de tráfego, utilizou-se dados de estudo de tráfego da concessionária Arteris (2020), para rua lateral e alça de desincorporação foram utilizados os dados extraídos de uma pesquisa de campo realizada em 2019 conforme apresentado na tabela a seguir:

Links	Via	Velocidade Km/h	Proporção de veículos na rede		
			Carros	HGV (caminhões)	BUS
Link-1	Rodovia BR-101 Sul	100 km/h	70%	25%	5%
Link-2	Rodovia BR-101 Norte	100 km/h	70%	25%	5%
Link-3	Rua Lateral Sul	60 km/h	74%	21%	5%
Link-4	Alça de desincorporação	60 km/h	50%	40%	10%

Tabela 01 – Composição de tráfego utilizada (Autor, 2021)

Com a configuração dos parâmetros de movimento, ocorrem as zonas de conflitos, sendo necessário definir no software de microssimulação a preferência do movimento ou se nenhum deles a possui. Desta forma, na zona de conflito entre a alça de desincorporação e a rua lateral, foi inserido a preferência para os veículos que saem da rodovia, este parâmetro é demonstrado no software através das cores: verde, direito de passagem e vermelho, não possui o direito. Também, fez se necessário inserir o atributo de redução de velocidade (Reduced Speed Áreas), uma vez que os veículos que entram na alça de desaceleração iniciam na via com a velocidade da rodovia (100 km/h) e ao chegarem próximos ao ponto médio da alça essa velocidade torna-se menor que 60 km/h.

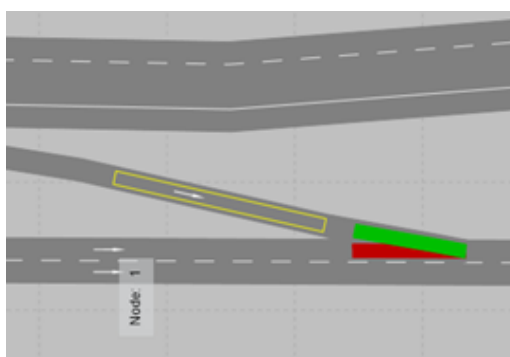


Figura 2 – Alça de desincorporação com redutor de velocidade e preferência de movimento (Vissim)

Após a criação da composição de tráfego, foram inseridos os Vehicle Inputs (entrada de veículos) na rede, onde é necessário informar o volume de veículos por hora, obtidos através de contagens nas vias, estudo de tráfego e a composição do tráfego, elaborada na etapa anterior.

Vias – Links	VHP
Rodovia BR-101 Sul	3400
Rodovia BR-101 Norte	3600
Rua Lateral Sul	1260
Alça de desincorporação	600

Tabela 02 – Hora pico inserida no software (Autor, 2021)

Na simulação para o cenário atual, obteve a média de 1350 veículos em movimento, ilustrados na Tabela 03:

Resultado Rua Lateral			
Ano	VHP veic/h)	Densidade (ucp/Km/faixa)	NS
2020	1350	14,0	C

Tabela 03 – Simulação rede base (Autor, 2021)

Os resultados do VHP gerados pela simulação para o cenário da situação com o empreendimento, considerando a distribuição do fluxo de clientes e funcionários acrescido a hora pico da rede base, estão ilustrados na Tabela 04.

Resultado Rede Base + fluxo gerado			
Ano	VHP (veic/h)	Densidade (ucp/Km/faixa)	NS
2020	1566	16,2	D

Tabela 04 – Simulação com fluxo gerado (Autor, 2021)

Na análise da projeção com o acréscimo de 3% ao ano, o nível de serviço se manteve estável, permanecendo no nível D, conforme ilustrado pela Tabela 05.

Projeção situação em 10 anos			
Ano	VHP (veic/h)	Densidade (ucp/Km/faixa)	NS
2020	1566	16,2	D
2021	1613	16,7	D
2022	1661	17,2	D
2023	1711	17,7	D
2024	1763	18,2	D
2025	1815	18,8	D
2026	1870	19,3	D
2027	1926	19,9	D
2028	1984	20,5	D
2029	2043	21,1	D
2030	2105	21,8	D

Tabela 05 – Resultado situação futura (Autor, 2021)

A análise realizada demonstrou que houve alteração do nível de serviço atual quando comparado com a situação do fluxo do empreendimento gerado, os resultados demonstraram alteração para nível de serviço D, que representa um nível instável, com possibilidades de formação de filas. A incidência de veículos pesados comumente presente na rodovia BR-101 podem aumentar estes impactos na corrente do tráfego com congestionamentos e limites de ultrapassagens. Por estar inserida em região litorânea, em condições de alta temporada os reflexos poderão ser sentidos com maiores incidências.

5. Considerações e Recomendações

As microssimulações realizadas possibilitaram a análise do impacto gerado na capacidade de tráfego na rua lateral, os resultados demonstraram que o volume de tráfego existente representa acréscimos de fluxo, podendo resultar em congestionamentos e dificuldade de ultrapassagem, os resultados com a nova demanda de tráfego, influenciam ainda mais essa condição, o nível de serviço encontrado representa um fluxo instável, com grandes capacidade para ocorrência de filas, o mesmo acontece

com os resultados da projeção para 10 anos. O estudo apresentado considerou o impacto gerado pela implantação de um único empreendimento, a região possui grande atratividade para implantação de outras classes de empreendimentos de médio a grande porte, portanto, observa-se que a rua lateral poderá sofrer com grandes congestionamentos, caso, não sejam realizados os estudos de impacto no trânsito e adoção de medidas mitigadoras durante a fase de projeto.

Para estudos futuros recomenda-se a utilização de outras metodologias, avaliando o impacto de outras classes de PGVs como supermercados, hospitais, hotéis e/ou shoppings center. O estudo aplicado restringiu-se a análise no comportamento de veículos motorizados, recomenda-se realizar a avaliação para os impactos causados no transporte por pedestres ou por ciclistas, por fim recomenda-se avaliar impactos gerados na emissão de gases poluentes por veículos motorizados.

Referências

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br> . Acesso em: 20 mar. 2021.

BARCELÓ, J. (2012). Fundamentals of Traffic Simulation. International Series in Operations Research & Management Science, New York, Ed. Springer.

BRASIL. Lei nº 4.592, de 29 de dezembro de 1964. Aprova o Plano Nacional de Viação (PNV). DOFC, Brasília, DF, 31 dez. 1964. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l4592.htm. Acesso em: 31 maio. 2021.

CAMPOS, V. B. G. (2013). Planejamento de transportes: conceitos e modelos. Rio de Janeiro, Ed. Interciência.

CET-SP – COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (1983). Pólos geradores de tráfego, Boletim Técnico n. 32, São Paulo, 1983.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (2001). Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego. Brasília, DF, 2001

DNIT. Manual de projeto de interseções. v. 1, p. 1–530, 2005.

DNIT. Manual de estudos de tráfego. p. 384, 2006.

ESTUDO DE MONITORAÇÃO DE NÍVEL DE SERVIÇO. ARTERIS Litoral Sul, v. 1, p. 1–126, 2020.

IBGE. Censo 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 abril. 2021.

ITE – INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS (2008). Trip Generation. 8 ed. Washington D.C., 2008.

NERIS, D. F. (2014). Melhoria do desempenho do tráfego em rotatórias com o emprego de semáforos próximos na via principal. Dissertação de mestrado, Programa de PósGraduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

NUNES, T. I. (2008). A BR-101 e a migração para o litoral em Santa Catarina. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina.

NOVAES, A. G. Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1981.

MACCARINI, L. G. Análise de tráfego utilizando simulação macroscópica e microscópica. Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

PORTUGAL, L., GOLDNER, L. (2003). Estudo de pólos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes, São Paulo, SP, 2003.

PORTUGAL, L.S. (2005). Simulação de Tráfego: Conceitos e Técnicas de Modelagem, Ed. Interciência, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

PGV. (2012). Polos Geradores de Viagens orientadas à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens. Licínio da Silva Portugal – Rio de Janeiro, 2012.

PTV VISSIM. Versão 9. PTV Group, 2021. Disponível em <https://company.ptvgroup.com/en/> Acesso em: 10 mar. 2021.

RIVERA, R.G. (2005) Calibración del Microsimulador AIMSUN para flujo ininterrumpido en la ciudad de Concepción. Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Título de Ingeniero Civil. UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO. Chile.

TAORI, S., RATHI, A.K., (1996). Comparison of NETSIM, NETFLO I and NETFLO II traffic simulation models for fixed-time signal control, Transportation research, Washington D.C., Record 1566, p.20-30, 1996.

TOLFO, J., PORTUGAL, L. (2012). O uso de Microsimulador na Análise de Desempenho Viário em Redes com Pólos Geradores de Viagens. 12 p. Anais do XX Congresso da ANPET, Brasília, DF.

TRB (2010). Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. TRB (2000). Highway Capacity Manual, National Research Council, Washington, D. C.