

MODELAGEM COMPUTACIONAL PARA CENÁRIOS DE MOBILIDADE

Vítor Guimarães Scovoli ¹; Paula Katakura ²

¹ Aluno de Iniciação Científica do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

² Professor do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Resumo. *Este trabalho tem como objetivo a análise de tráfego utilizando o programa microssimulador de tráfego Vissim, da Planung Transport Verkehr. Foram elaborados dois cenários distintos, utilizando parâmetros de fluxo de automóveis providos pela CET. Foram coletados dados de desempenho de tráfego, como comprimento de filas de veículos e tempo de espera para a análise dos resultados. O método empregado neste trabalho permitiu analisar o cenário de mobilidade de áreas próximas ao Elevado João Goulart caso sua desativação seja efetivada.*

Introdução

Diante de novos conceitos como sustentabilidade e acessibilidade, as cidades necessitam alterar sua organização e o planejamento de sua infraestrutura. A cidade de São Paulo teve grande influência das políticas rodoviaristas que direcionaram seu crescimento baseado nos automóveis e nos transportes sobre rodas. Como resultado desta política tivemos uma grande expansão dos limites do município e distanciamento dos locais de moradia e trabalho. Pensando na melhoria da mobilidade e nas ferramentas de simulação de cenários futuros, esta pesquisa faz um breve estudo de mobilidade e explora as possibilidades de uma ferramenta tecnológica de tráfego. Foi utilizada a microssimulação de tráfego que consiste na modelagem virtual da infraestrutura viária e do comportamento de veículos e condutores. Adotou-se o microssimulador Vissim, da Planung Transport Verkehr para modelagem multimodal. O local de análise deste trabalho, Elevado Presidente João Goulart, conhecido popularmente como Minhocão, pode ser visto como um símbolo do desenvolvimento rodoviarista e individualista do século passado, dessa forma, tornando-se alvo de crítica de muitos paulistanos e urbanistas. Segundo Machado (2019), seu impacto na paisagem da região trouxe transformações urbanas marcantes ao entorno, ilustrando um dos motivos que torna o Minhocão tão polêmico e alvo de diversas discussões sobre seu futuro. O elevador atravessa os bairros de Água Branca, Santa Cecília e Higienópolis, seguindo pela Rua Amaral Gurgel, Praça Marechal Deodoro e por um trecho da Avenida São João e Avenida General Olímpio da Silveira. Termina no túnel que dá acesso à Avenida Francisco Matarazzo e Largo Padre Péricles. O Minhocão possui 3,5 km de extensão, 5m de altura e quatro pistas (duas em cada sentido). Seu trajeto passa por vias com prédios em ambos os lados, cujas fachadas são extremamente próximas (GUILLÉN, 2016; SILVA et al., 2017). Esta pesquisa faz uma análise do impacto do fechamento de parte do Elevado com a utilização do software de microssimulação, o PTV Vissim, que permite simular padrões de tráfego para diferentes veículos, pedestres e ciclistas.

Material e Métodos

Estudos de mobilidade são importantes para o planejamento urbano e incluem não somente o estudo de tráfego de veículos motorizados, mas também outros modais de transporte, comportamento dos usuários, necessidades de deslocamento, estrutura viária e tantos outros fatores que impactam na vida da cidade. É de grande interesse o uso de ferramentas computacionais para verificar o comportamento de motoristas e de seus veículos nas mais diversas situações de maneira a possibilitar o encaminhamento de soluções. Existem diferentes simuladores que permitem integrar variáveis para a análise do fluxo de tráfego.

Modelos de microssimulação de tráfego são utilizados por técnicos e pesquisadores para obter uma análise detalhada da performance de sistemas de transportes (HOLLANDER, LIU, 2008.). No

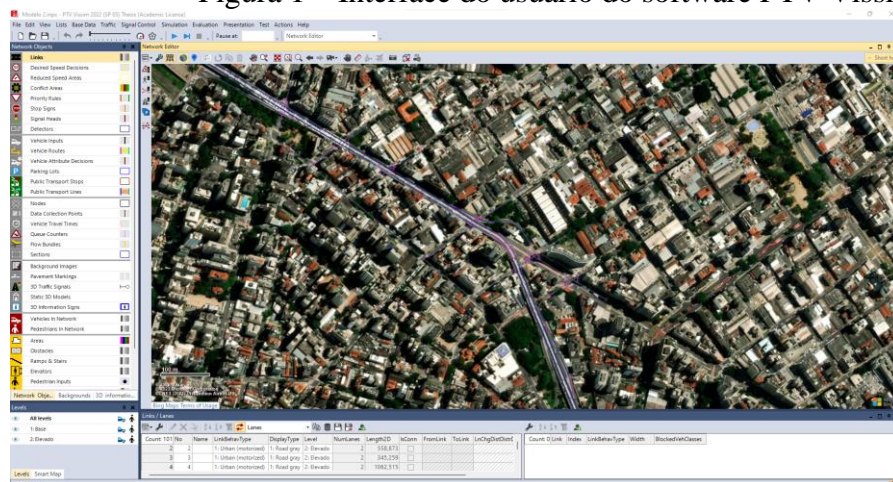
estudo da simulação de tráfego, há dois principais níveis de análise, em relação ao tamanho da área abordada: microssimulações, que analisam pequenas áreas, geralmente um cruzamento ou quarteirão, e possuem como objeto de estudo os veículos em si; e macrossimulações, que analisam grandes áreas, como bairros, e têm como objeto de estudo a densidade de veículos. Cada um dos níveis de simulação possui diferentes objetivos e diferentes variáveis abordadas para alcançar tal objetivo. Por exemplo, uma microssimulação pode ser feita em um cruzamento para decidir qual será a melhor faixa para a implantação de uma linha de ônibus. Já uma macrossimulação pode ser realizada em um bairro para a análise de picos de trânsito para a definição de um horário de rodízio. Não há ao certo uma classificação para cada contexto, mas costuma-se usar essas definições para o escopo de um projeto e uma boa escolha de um software. (KNOOP, 2018)

A análise computacional de trânsito começou a ser utilizada no começo deste século, com softwares simples que realizavam apenas cálculos, ainda com poucas ou nenhuma ferramenta gráfica. Atualmente, empresas como PTV, Autodesk e Bentley estão desenvolvendo softwares com gráficos em 3D e que realizam cálculos associados com a tecnologia GIS (“*Geographic Information System*”). A combinação da coleta precisa de dados através de sensores instalados no ambiente urbano, junto de softwares de simulação de tráfego, permite a realização de simulações que podem resultar em decisões na malha rodoviária urbana.

As simulações microscópicas têm sido utilizadas de forma ampla nos últimos anos para a modelagem do tráfego urbano e rodoviário. Para intervenções viárias de porte como é o caso do Parque Minhocão, a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) desenvolve estudos de simulações de tráfego realizadas através do software Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium (EMME) que é uma ferramenta para planejamento de transportes urbanos (CET, 2018).

Para esta pesquisa foram analisados os softwares Infracore, da AutoDesk, e o Vissim, do grupo PTV, ambos voltados para a microssimulação de tráfego. Em termos comparativos, observou-se que o Infracore é limitado em alguns aspectos. Apesar do software da AutoDesk possuir funções automáticas e mais rápidas na criação de um modelo, é complicado criar um modelo preciso e fiel à realidade. Em contrapartida, o Vissim apresenta ferramentas de modelamento e calibração mais trabalhosas, mas que permitem a criação de um modelo mais preciso. Além disso, o Infracore não permite colher dados de regiões específicas dentro da área analisada, função presente no Vissim e essencial para a execução deste projeto, visto que analisa uma via de 3,5km de comprimento. Dessa forma, foi escolhido o software PTV Vissim para a realização desse projeto (AVRAMOVIC; JOHANSSON, 2017). A Figura 1 mostra a interface do PTV Vissim com a licença acadêmica.

Figura 1 – Interface do usuário do software PTV Vissim

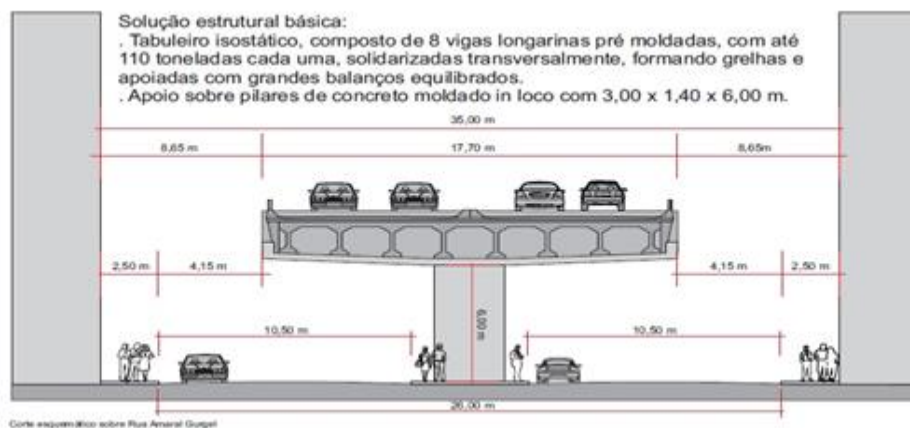


Fonte: o Autor, extraído do Vissim

Neste trabalho, adotou-se para a simulação de tráfego, uma área que tem sido objeto de muitas controvérsias e propostas. A obra viária foi executada em 1971 e é uma via expressa que conecta a região do Largo Padre Péricles nas Perdizes com a região da Praça Roosevelt na região central da cidade de São Paulo. O viaduto corta uma área densamente urbanizada passa em alguns trechos a apenas 5m dos edifícios residenciais locais conforme corte apresentado na Fig. 1. Para desafogar o tráfego deste trecho central da cidade, que não permitia o alargamento das vias para ampliação de sua capacidade, foi adotada a solução de via paralela elevada sobre os logradouros existentes. A Prefeitura de São Paulo criou em 2018 o Projeto de Intervenção Urbana do Parque Minhocão, que tem como objetivo, segundo a Lei Municipal N° 16.833/2018, implantar o Parque Municipal Minhocão, juntamente com a desativação gradativa do Elevado Presidente João Goulart, com progressivo aumento de restrição de tráfego. A proposta consiste em desativar o elevado, transformando-o em um parque que promova o a convívio, lazer, cultura e esporte.

A Figura 2 mostra um corte do Minhocão, com representação da parte de cima e de baixo do mesmo, e da calçada.

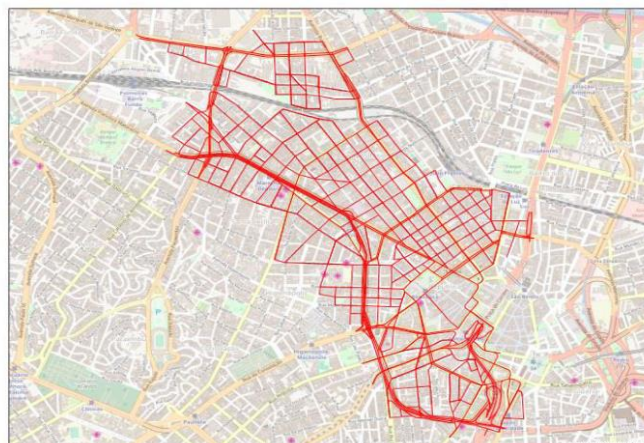
Figura 2



Fonte: MDM, 2018.

Diante desse cenário, a presente pesquisa tem como objetivo a realização de microssimulações de tráfego a fim de analisar os impactos no trânsito decorrentes da desativação do elevado e, com isso, contribuir para o planejamento da mobilidade na área afetada. A Figura 3 mostra o mapa da região de influência de tráfego do Minhocão.

Figura 3 – Mapa do Elevado João Goulart e área de influência



Fonte: CET, 2014.

A região analisada neste trabalho é compreendida entre o Largo do Arouche e a Praça Marechal Deodoro, trecho em que ocorre maior movimentação e fluxo de carros durante o dia. Foram considerados as vias tanto na parte de cima do elevado quanto no solo, assim como os acessos e saídas.

Figura 4 – Mapa da região analisada



Fonte: Geosampa, 2022.

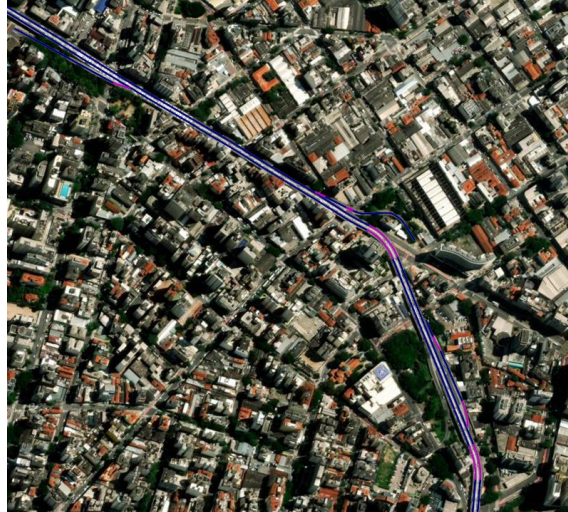
Os dados de tráfego utilizados para a simulação foram obtidos diretamente com a CET, sendo a maioria proveniente dos anos entre 2016 e 2018. Não foram realizadas mudanças consideráveis na malha viária local desde então, sendo assim válido o uso de tais dados. Os mesmos foram entregues em planilhas divididas entre as diferentes conversões do trecho analisado, apresentando o número de carros, divididos por categoria, que realizam o movimento nos diferentes horários do dia. As conversões são todos os movimentos possíveis que os veículos podem realizar no local, e são apresentadas em mapa com numerações. Por meio do número de veículos por hora, é possível calcular o fluxo de veículos, que servirá de entrada para o software.

Utilizou-se a versão acadêmica do Vissim 2022 cedida pela empresa PTV para o desenvolvimento deste estudo. O software Vissim, é um microssimulador que, como já dito, permite fazer a simulação do tráfego em regiões não muito extensas, tendo os veículos como unidades de análise.

A modelagem da infraestrutura no Vissim é iniciada a partir de imagem base seguida de criação de segmentos ou “links”, para assim criar todas as regras e comportamentos de trânsito.

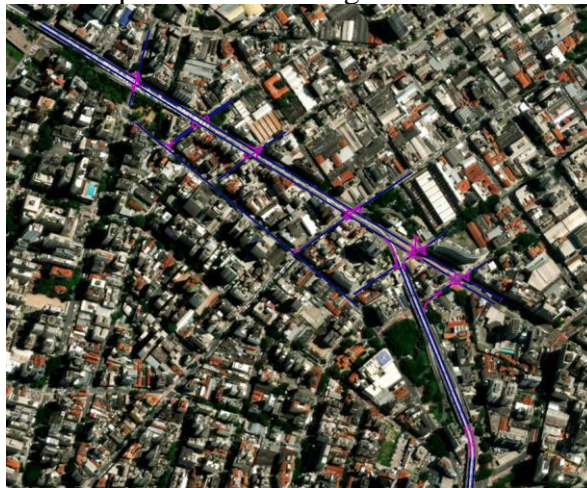
Primeiramente, foi modelada a malha rodoviária da região, para a parte de cima e de baixo do elevado. A largura das ruas e faixas foram estimadas utilizando a ferramenta de medição do Google Earth, que permite medir a distância entre dois pontos sobre uma imagem de satélite. Após realizar essa medição, insere-se os valores no software simulador para definir as dimensões das vias. Uma das aplicações do Vissim é a análise do Tráfego Urbano e Rodoviário, por meio da avaliação do Nível de Serviço das vias, dos Planos semaforicos, do impacto de implantação de faixa ou algum limitador como proibição de mudança de faixa, além de outras funcionalidades. A figura 5 mostra os links, em azul, e os conectores em rosa, da parte de cima do elevado. Já a figura 6 mostra da parte do solo e arredores.

Figura 5 – Mapa da malha da região de cima do elevado



Fonte: o Autor, extraído do Vissim.

Figura 6 – Mapa da malha da região de baixo do elevado



Fonte: o autor, extraído do Vissim.

O comportamento das unidades é introduzido no software através da inserção dos fluxos de veículos e determinação das possíveis rotas em estes podem percorrer. Uma vez determinada as entradas de veículos na malha (*Vehicle Inputs* e *Static Route Decisions*), são definidas todas as rotas em que os veículos podem seguir (*Static Routes*) e seus respectivas taxas estatísticas para cada destino, que são calculadas como:

$$\text{Probabilidade de seguir caminho } X = \frac{\text{Fluxo de veículos de } X}{\text{Fluxo de veículos de todos os caminhos}}$$

É preciso definir os tipos de veículos presentes nas entradas das malhas e nas rotas. Neste trabalho, foram diminuídas as taxas de carros de grande porte, como pick-ups (poucos usuais no Brasil), e caminhões e bicicletas em faixas pouco usuais. A figura 7 mostra uma das diversas rotas inseridas no programa.

Figura 7 – Exemplo de rota na malha



Fonte: o autor, extraído do Vissim.

Após isso, define-se as regras de prioridade em regiões de conflito, como cruzamentos e acessos. Nesta etapa, são inseridas as placas de “pare” e prioridade, o limite da visão de cada motorista, espaçamentos entre os carros, faixas de pedestre, entre outras variáveis. Tem-se o objetivo de modelar um comportamento natural dos condutores, assim como um ambiente em que os carros não se sobreponham. Foram utilizados padrões internacionais para o comportamento de motorista no trânsito, providos pela própria PTV, os quais funcionaram bem para as simulações. Notou-se naturalidade nas conversões e não houve sobreposição de veículos.

Para modelagem dos semáforos foi preciso criar uma programação com os diferentes tempos das indicações (verde, amarelo, vermelho) para cada semáforo da região. Os dados de tempo dos intervalos foram adquiridos presencialmente, marcando-se os tempos em cronômetro, os quais não variam de acordo com o horário do dia ou nível de trânsito.

As simulações foram rodadas nos horários em que se observou os maiores fluxos de veículos, isto é, das 8:00 às 9:00 e das 17:00 às 18:00.

Resultados e Discussão

Para extrair resultados da simulação, foi necessário inserir pontos de coleta de dados dispostos pela malha, buscando analisar as regiões mais críticas em relação ao trânsito. Os Data Collection Points exibem estatísticas relativas à contagem de carros, como fluxos, atrasos, tempos de congestionamento etc.

Após rodar as simulações, obteve-se uma tabela com diversas variáveis indicativas de mudança de comportamento na malha rodoviária. Através destas, foi possível analisar, baseando-se em critérios de análise de tráfego, se o trânsito é impactante ou não na região. Nesta pesquisa foram utilizadas 3 destas variáveis para a montagem dos resultados, são elas *Queue Delay* (tempo em que os carros esperam nas filas de trânsito, em segundos), *Queue Length* (tamanho da fila de trânsito formada, em metros), *Travel time* (tempo em que o veículo percorre o link).

O Quadro 1 mostra os resultados obtidos em simulação rodada entre as 8:00 e às 9:00 da manhã.

Quadro 1 – Resultados das 8:00 às 9:00

Link	Queue Delay	Queue Lenght	Travel time
1	0,00	0,00	14
2	0,00	0,00	5
3	14,56	5,68	29
4	2,54	2,94	47
5	32,87	6,23	61
6	9,12	8,00	16
7	72,79	60,98	107
8	70,43	10,36	93
9	58,64	88,34	78
10	13,26	4,07	22
11	31,40	28,07	38
12	9,19	37,64	13
13	15,83	15,67	78
14	106,89	86,36	169
15	90,63	87,68	100
16	39,19	40,62	54
17	3,96	1,90	20
18	10,37	7,85	17

Fonte: o Autor

Ao analisar a tabela, nota-se que há um piora significativa de circulação nas rotas 7, 8 e 9 (entrada da Avenida São João até Praça Marechal Deodoro) e nas rotas 14 e 15 (Largo do Arouche). Ocorre um aumento de tráfego nestas áreas, onde passa a existir um grande aumento no enfileiramento de veículos, que já era existente nestas vias. Com isso, o tempo médio decorrido entre o início da entrada do veículo na malha, até o seu destino também aumenta. É importante destacar que todas as informações contidas na tabela se referem a um aumento do trânsito já presente na região.

O Quadro 1 mostra os resultados obtidos em simulação rodada entre as 17:00 e às 18:00 da tarde.

Quadro 2 – Resultados das 17:00 às 18:00

Link	Queue Delay	Queue Lenght	Travel time
1	0,00	0,00	20
2	0,00	0,00	7
3	17,32	8,09	32
4	4,23	4,14	49
5	32,87	6,23	61
6	15,35	15,12	24
7	87,87	81,98	128
8	105,42	65,49	143
9	68,19	100,47	91
10	20,84	13,19	32
11	34,73	31,20	42
12	14,00	42,74	19
13	5,12	7,01	10
14	112,43	92,49	176
15	98,91	97,86	111
16	40,87	41,81	56
17	4,39	2,03	20
18	11,99	8,97	19

Fonte: o Autor

A mesma situação é observada no horário da tarde, porém com um acréscimo de trânsito em quase todas as vias, exceto do link 13 (Rua das Palmeiras), que apresenta uma diminuição de tráfego neste horário. Nota-se que também ocorre um nível de trânsito acima do aceitável, com alguns valores até maiores que ocorridos anteriormente.

Conclusões

Após realizar a extração de alguns resultados com o software Vissim, através de um dos métodos de microssimulação existentes dentro do ambiente de usuário para fazer a análise de tráfego, considera-se que o programa desempenha bem sua função. A interface de usuário é relativamente simples, com poucos comandos que se expandem em janelas detalhadas, nas quais é possível realizar uma calibração muito precisa do modelo. O processamento de dados e rodagem da simulação não é demorada, e durante a realização deste trabalho não foram encontrados erros ou travamentos.

Os simuladores como o Vissim, podem viabilizar experimentos no ambiente virtual, antecipando previsões ao reproduzirem os comportamentos do presente e futuro. Com dados adequados à realidade, obtidos por pesquisas e estimativas é possível testar alternativas, identificar problemas, reproduzir a malha viária e simular uma situação de tráfego ao longo do tempo.

A partir dessas modelagens, foi possível entender que a implantação do Parque Minhocão, com a desativação da parte de cima do Elevado João Goulart, é viável, desde que haja uma adequação no sistema viário existente, principalmente nas vias mais importantes da região. Os níveis de trânsito observados após fazer a desativação na simulação foram consideravelmente altos, e não seriam aceitáveis caso tal mudança ocorra e não haja alguma alteração na malha rodoviária.

O relatório elaborado pela CET, em 2016, faz menção a simulações efetuadas em 2010 e 2014 com o uso do software EMME-2 e segundo eles, “tanto a demolição da via elevada, quanto a desativação da referida via, em dias úteis, são intervenções viáveis, desde que sejam executadas as obras e medidas de engenharia de tráfego necessárias à acomodação do tráfego nas vias de seu entorno”. Seria importante comparar resultados, verificar as modelagens do período e as realizadas com o Vissim neste trabalho para obter um quadro comparativo mais acurado que contribua para a tomada de decisão. O relatório da CET também conclui que “No caso da DESATIVAÇÃO, estima-se que NÃO haverá impactos significativos no sistema viário do entorno, e que os mesmos serão absorvidos ao longo do tempo, com o redirecionamento das viagens na região”.

Este trabalho elegeu apenas parte das vias de acesso ao elevado como estudo de caso e seus resultados espelham o recorte do tráfego considerando estas condições de análise. Para uma investigação mais precisa e um parecer mais bem embasado, este estudo poderá ser ampliado e atualizado com dados de tráfego posteriores a 2018 e a ampliação da área de simulação incluindo todos os acessos e outras vias limediras.

É importante considerar que qualquer que seja a transformação na região, haveria um alto gasto por parte da prefeitura para realizá-la, tal como um túnel ou alargamento de ruas para desvio do fluxo de carros.

Referências Bibliográficas

KNOOP, V. L. **An Introduction to Traffic Flow Theory**. Delft: Delft University of Technology, 2018. Disponível em:
https://victorknoop.eu/research/book/Knoop_Intro_traffic_flow_theory_edition2.pdf, Acesso em 10 de Julho de 2022.

AVRAMOVIC, S.; JOHNSON, E. **Evaluation of Autodesk InfraWorks 360 and PTV Vissim**. Dissertação (mestrado)- Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden 2017. Disponível em:
<https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/022a4148-ef5a-4307-90a9-34243cc0d520/content>. Acesso em 23 de Agosto de 2022.

SOUZA, G. et al. **Microsimulação para análise de projeção do tráfego rodoviário no entorno de um campus universitário**. Anais do XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2018, Maceió: Engep, 2018. Disponível em:
https://abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_263_512_36230.pdf. Acesso em 6 de junho de 2022.

HOLLANDER, Y; LIU, R. **The principles of calibrating traffic microsimulation models**. 17th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, EWGT2014, 2-4 July 2014, Sevilla, SpaiSpringer, Volume 35, Issue 3, pp 347-362. Disponível em:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4644476/mod_resource/content/0/The%20principles%20of%20calibrating%20traffic%20microsimulation.pdf. Acesso em 12 de julho de 2022.

MACHADO, A. C P. **Para além de um viaduto: uma análise de usos e discursos sobre o Parque Minhocão**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em:
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100140/tde-02122019-160313/pt-br.php>. Acesso em 3 de Julho de 2022.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Relatório Sintético dos estudos para Restringir o Tráfego de Veículos Automotores no Minhocão. 2016**. Disponível em:
http://www.cetsp.com.br/media/481606/relatorio_de_avaliacao_de_-impacto_janeiro2016.pdf
Acesso em 6 de agosto de 2022.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Dados de tráfego região central**. Planilha excel, arquivo CET, 2016-2018. São Paulo, 2018.

MDM. **É possível desmontar o Minhocão? O Projeto**. 2018. **Movimento Desmonte do Minhocão**, São Paulo, 29 de julho de 2018. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/referencia-site-abnt-artigos/>. Acesso em: 26 de Outubro de 2022.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Parque Minhocão**. Grupo de Trabalho Intersecretarial. São Paulo: CET, 2018. Disponível em
http://www.cetsp.com.br/media/481606/relatorio_de_avaliacao_de_-impacto_janeiro2016.pdf. Acesso em 25 de Outubro de 2022.