



ConBREpro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Otimização do Fluxo de Veículos: Uma Abordagem Integrada para Reduzir Emissões de Monóxido de Carbono em um Estudo de Caso em Curitiba-PR

Michel do Vale Pereda

Grupo de Otimização e Melhoria de Processos (GOMP), Escola de Engenharia e Tecnologia – Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba

Rafael da Silva Ferraz

Grupo de Otimização e Melhoria de Processos (GOMP), Escola de Engenharia e Tecnologia – Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba

Alexandre Augusto Laurindo de Oliveira

Grupo de Otimização e Melhoria de Processos (GOMP), Escola de Engenharia e Tecnologia – Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba

Gilvana Muller de Oliveira

Grupo de Otimização e Melhoria de Processos (GOMP), Escola de Engenharia e Tecnologia – Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba

Larissa Grandinetti Ferreira Martinho

Grupo de Otimização e Melhoria de Processos (GOMP), Escola de Engenharia e Tecnologia – Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba

Resumo: A mobilidade urbana de Curitiba enfrenta desafios crescentes, impulsionados pelo aumento do número de veículos e por falhas no planejamento de novas obras viárias, refletindo na qualidade de vida e na eficiência dos deslocamentos. Este artigo apresenta uma análise detalhada da situação atual do trânsito no município, com foco nas lacunas do Plano Diretor que contribuem para congestionamentos frequentes e emissões de poluentes, impactando diretamente a sustentabilidade urbana. Com o auxílio do software Aimsun, foram realizadas simulações no cruzamento das ruas São Mateus e Itacolomi, localizado no bairro Portão, a fim de identificar alternativas para melhorar o fluxo de veículos e reduzir a concentração de monóxido de carbono (CO). As simulações indicaram que a implementação de radares semafóricos poderia otimizar significativamente o fluxo veicular durante os horários de maior movimento. Através desta abordagem integrada, espera-se que as soluções propostas sirvam como referência para futuras intervenções em áreas urbanas críticas de Curitiba, proporcionando uma mobilidade mais sustentável e um ambiente urbano menos poluente. Além disso, o estudo destaca a importância de ações de planejamento alinhadas com as demandas atuais de mobilidade, com vistas à redução das emissões veiculares e à melhora da qualidade do ar, com uma melhoria no fluxo de 13%. Essa abordagem ressalta a relevância de se investir em tecnologias de monitoramento e controle do trânsito como estratégias eficazes de gestão ambiental em cidades de médio e grande porte.

Palavras-chave: Microsimulação, Aimsun, Mobilidade Urbana, Monóxido de Carbono.

Vehicle Flow Optimization: An Integrated Approach to Reducing Carbon Monoxide Emissions in a Case Study in Curitiba, PR

Abstract: Urban mobility in Curitiba faces increasing challenges, driven by the rising number of vehicles and shortcomings in the planning of new roadworks, which affect quality of life and the efficiency of transportation. This article presents a detailed analysis of the current traffic situation in the city, focusing on the gaps in the Master Plan that contribute to frequent traffic jams and pollutant emissions, directly impacting urban sustainability. Using the Aimsun software, simulations were conducted at the intersection of São Mateus and Itacolomi streets, located in the Portão neighborhood, to identify alternatives for improving vehicle flow and reducing the concentration of carbon monoxide (CO). The simulations indicated that implementing traffic light cameras could significantly optimize vehicle flow during peak hours. Through this integrated approach, it is hoped that the proposed solutions will serve as a reference for future interventions in critical urban areas of Curitiba, providing more sustainable mobility and a less polluted urban environment. Additionally, the study highlights the importance of planning actions aligned with current mobility demands, aiming to reduce vehicular emissions and improve air quality, with a 13% improvement in traffic flow. This approach underscores the relevance of investing in traffic monitoring and control technologies as effective environmental management strategies in medium and large cities.

Keywords: Microsimulation, Aimsun, Urban Mobility, Carbon Monoxide.

1. Introdução

A mobilidade urbana refere-se ao deslocamento eficiente de pessoas e veículos dentro de um contexto urbano, abrangendo pedestres, automóveis, ônibus, bicicletas e metrô. No dicionário, mobilidade é definida como "facilidade para se mover", com o objetivo de tornar esse movimento fluido e prático. A mobilidade urbana é um resultado da interação de vários sistemas que configuram as grandes cidades (PlanMob, 2015).

Inicialmente, o conceito de "mobilidade urbana" era utilizado como sinônimo de transporte. Contudo, essa visão tem sido progressivamente substituída por uma abordagem mais abrangente, relacionada à capacidade de deslocamento de pessoas e bens nas cidades por meio da articulação de diversas políticas, incluindo transporte, circulação, acessibilidade, trânsito, desenvolvimento urbano, uso e ocupação do solo (Kneib, 2012). Essa perspectiva integrada é crucial para garantir que os cidadãos se movam com facilidade e tenham acesso a opções de transporte sustentáveis, como bicicletas e caminhos para pedestres. Trata-se de um conceito fundamental para o funcionamento adequado de uma cidade. As pessoas precisam se deslocar diariamente para trabalhar, estudar, realizar atividades de lazer e serviços de saúde, gerando um complexo sistema de vias e ruas. Muitas vezes, a falta de planejamento adequado resulta em variações de tempo, percurso e segurança nos deslocamentos. Infraestruturas bem planejadas, como vias e calçadas, são essenciais para facilitar essa mobilidade.

Modelos de simulação de tráfego desempenham um papel vital no planejamento e gestão da mobilidade urbana. Esses modelos são classificados em três categorias principais: macroscópico, mesoscópico e microscópico. O modelo macroscópico oferece uma visão ampla do comportamento do tráfego em grandes áreas, tratando o tráfego como um fluxo contínuo. O modelo mesoscópico fornece uma visão intermediária, focando em áreas específicas e detalhando grupos de veículos. O modelo microscópico oferece uma visão altamente detalhada, considerando cada veículo individualmente.

Neste contexto, o software Aimsun tem ampla aplicação na análise de tráfego rodoviário. Utilizando inteligência artificial, o Aimsun permite a contagem de veículos, levantamento de tráfego e análise de vídeo, reconhecendo diversos tipos de veículos e realizando cálculos detalhados do fluxo de tráfego. Este estudo emprega o Aimsun para simular e propor

soluções específicas para o cruzamento das ruas São Mateus e Itacolomi, no bairro Portão, em Curitiba. As simulações sugerem que a instalação de radares semaforicos neste cruzamento pode otimizar o fluxo de veículos durante os horários de pico, contribuindo para a melhoria da mobilidade urbana na região.

A melhoria do fluxo de trânsito nas cidades tem papel fundamental na redução da emissão de gases poluentes, como o monóxido de carbono (CO), que é um subproduto da combustão incompleta de combustíveis fósseis em veículos automotores. O tráfego veicular denso e mal organizado, caracterizado por congestionamentos, resulta em um aumento significativo no tempo de operação dos motores em marcha lenta ou com aceleração/desaceleração frequente, o que intensifica a emissão de poluentes atmosféricos. Estudos demonstram que a maior parte das emissões ocorre justamente em momentos de baixa fluidez no trânsito, pois os motores dos veículos operam de maneira menos eficiente nestas condições.

A integração de políticas públicas de mobilidade urbana, com foco na melhoria do fluxo de trânsito, é uma estratégia essencial para mitigar o impacto ambiental da frota automotiva. Nesse sentido, o uso de tecnologias avançadas, como os modelos de simulação de tráfego, permite a análise detalhada de cruzamentos e vias críticas, identificando pontos de estrangulamento e propondo soluções que otimizam o movimento dos veículos. A instalação de radares semaforicos, por exemplo, tem se mostrado uma solução eficaz para organizar o trânsito, diminuindo o tempo que os veículos permanecem em marcha lenta e, consequentemente, reduzindo as emissões de CO.

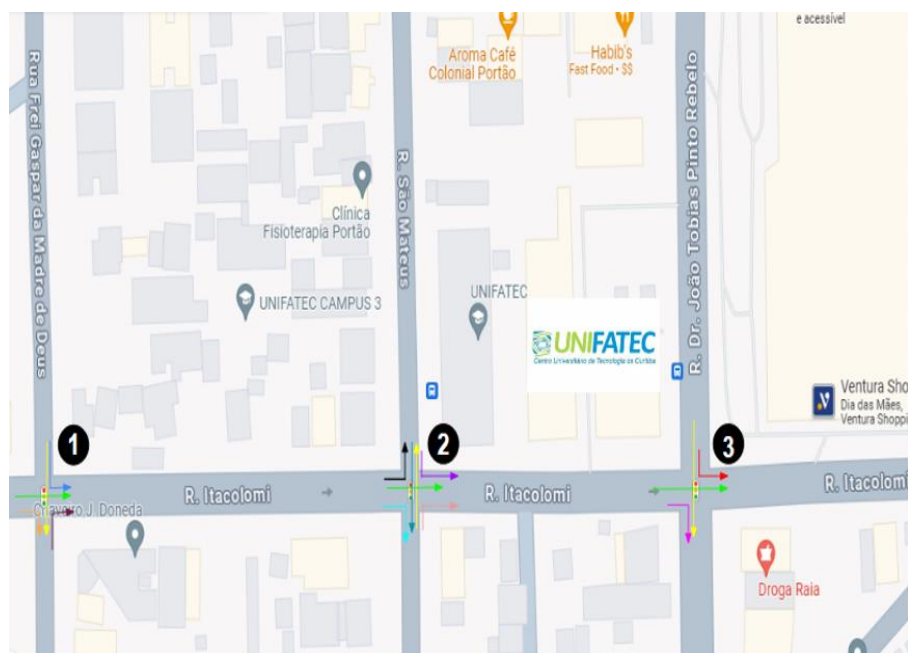
Adicionalmente, a adoção de tecnologias de inteligência artificial, como o software Aimsun, oferece uma ferramenta robusta para prever e simular o comportamento do trânsito em diferentes cenários. Ao otimizar a circulação de veículos, principalmente em áreas de alto fluxo, é possível reduzir o número de paradas e arranques dos automóveis, uma das principais fontes de aumento das emissões. As soluções que promovem a fluidez do trânsito estão diretamente ligadas à redução do consumo de combustíveis fósseis, minimizando, assim, a produção de gases de efeito estufa e outros poluentes nocivos.

Portanto, o planejamento e a gestão eficientes da mobilidade urbana são componentes cruciais para o enfrentamento das mudanças climáticas e a melhoria da qualidade do ar nas cidades. Políticas que buscam promover o transporte sustentável e a eficiência dos sistemas viários contribuem diretamente para um ambiente mais saudável e sustentável, ao passo que reduzem a dependência de combustíveis fósseis e suas externalidades ambientais negativas.

2. Materiais e Métodos

O cruzamento em estudo localiza-se entre as ruas Itacolomi e São Mateus, no bairro Portão, em Curitiba, PR. Este bairro, com mais de 1170 domicílios, caracteriza-se predominantemente por residências, incluindo casas, sobrados, edifícios de apartamentos e conjuntos residenciais. A Rua Itacolomi possui aproximadamente 2 quilômetros de extensão, com tráfego em sentido único ao longo de toda sua extensão e conta com quatro paradas de ônibus das linhas urbanas 612, 615 e 671, que conectam os bairros Portão e CIC. Esta via é crucial para a malha viária de Curitiba, interligando-se a importantes ruas e avenidas, como a Avenida Presidente Kennedy, onde estão localizados o Shopping Palladium e o Ventura Shopping. Além disso, o relevo predominantemente plano da Rua Itacolomi facilita o tráfego e a circulação de pedestres e veículos.

Figura 1 – Cruzamento em Estudo



Fonte: Os Autores (2024)

2.1. Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada em dias típicos de terça, quarta e quinta-feira, no horário entre 18:30 e 19:00 horas. Foram efetuadas três coletas, permitindo calcular a média do fluxo de trânsito para inserção no modelo do software Aimsun. A metodologia seguiu as diretrizes do Manual HCM 2010, garantindo a validade dos dados coletados.

Desenvolvimento dos Cenários de Simulação

Após a validação do modelo com os dados coletados, três cenários distintos foram desenvolvidos para teste:

1. Alteração do Tempo Semafórico no Cruzamento Itacolomi x São Mateus;
2. Alteração do Tempo Semafórico no Cruzamento Itatiaia x São Mateus;
3. Inserção de Yellow Box no Cruzamento Itacolomi x São Mateus.

2.2. Metodologia de Análise

Para a análise, foram considerados os fluxos de veículos nos cruzamentos entre a Rua Itacolomi com Frei Gaspar da Madre de Deus, Rua São Matheus e Rua Dr. João Tobias Pinto Rebelo (TABELA 1), totalizando aproximadamente 200 metros e três cruzamentos semafóricos. A coleta de dados foi realizada através de videomonitoramento, em três dias consecutivos, de terça a quinta-feira, durante 15 minutos por dia, das 18h às 19h, seguindo os parâmetros e diretrizes do Manual HCM (2016). Este período foi escolhido por representar o horário de pico, onde o fluxo de veículos é mais intenso.

Tabela 1 – Média de Veículos nos Cruzamentos entre a Rua Itacolomi com as Ruas Frei Gaspar da Madres de Deus, São Matheus e Dr. João Tobias.

ESQUINA 1					
RUA					
	Itacolomi & Frei	Frei & Itacolomi	Itacolomi	Frei	Frei & Itacolomi
Carro	18	15	223	81	81
Moto	1	2	38	7	9
Ônibus	0	1	3	2	2
Caminhão	0	0	0	0	3

ESQUINA 2							
RUA							
	Itacolomi & S. Matheus	Itacolomi & S. Matheus	Itacolomi	São Mateus	S. Mateus & Itacolomi	S. Mateus & Itacolomi	São Mateus
Carro	8	75	227	38	7	50	32
Moto	1	4	19	2	2	6	5
Ônibus	0	3	2	0	0	0	0
Caminhão	0	0	1	0	0	0	0

ESQUINA 3				
RUA				
	Itacolomi & J. Tobias	J. Tobias & Itacolomi	Itacolomi	J. Tobias
Carro	56	81	236	684
Moto	15	18	40	45
Ônibus	4	2	5	4
Caminhão	1			

Fonte: Os autores (2024)

O cálculo, mesmo que de maneira simplificada, para a emissão CO é dado a seguir:

$$E = Ed + Eml \quad (i)$$

Onde:

E: Emissão total de CO;

Ed: Emissão por distância percorrida;

Eml: Emissão em marcha lenta.

Já o cálculo estabelecido para Ed e Eml são apresentados a seguir:

$$Ed = n \cdot (2,3d) \quad (ii)$$

$$Eml = n \cdot (0,1t) \quad (iii)$$

Onde:

n: número de veículos (automóveis de passeio);

d: distância em km;
t: tempo em minutos.

O fator de emissão de CO utilizado no estudo remete-se à 2,3 gramas por quilômetro e a taxa de emissão em marcha lenta de 0,1 grama por minuto.

3. Referencial Teórico

3.1. Metodologia HCM

A metodologia HCM (Highway Capacity Manual) é amplamente utilizada para analisar a capacidade e a qualidade de fluxos de tráfego em diferentes tipos de vias e interseções. O Manual HCM fornece diretrizes para avaliar o desempenho de sistemas rodoviários considerando variáveis como volume de tráfego, tipo de interseção e tempo de espera dos veículos. Essa metodologia tem se mostrado eficaz para otimizar o planejamento de tráfego urbano, especialmente em cruzamentos de grande fluxo, como o caso das ruas analisadas no presente estudo (TRB, 2010).

O HCM também se destaca por sua adaptabilidade em diferentes contextos urbanos, permitindo ajustes nos parâmetros conforme a realidade local. A metodologia considera aspectos como a geometria da via, o comportamento dos motoristas e o tempo de sinalização semafórica, o que proporciona uma análise detalhada e precisa. Esse detalhamento é crucial em áreas com alta densidade de tráfego, onde intervenções planejadas com base no HCM têm contribuído para a fluidez e segurança nas vias (TRB, 2010).

3.2 Mobilidade Urbana

A mobilidade urbana é um dos principais desafios das cidades contemporâneas, especialmente em regiões metropolitanas. Estudos indicam que a falta de planejamento adequado resulta em congestionamentos constantes, impactando diretamente a qualidade de vida dos cidadãos e a sustentabilidade urbana (GUTIERREZ, *et al*, 2018). Em Curitiba, a situação não é diferente, pois o crescimento desordenado da frota veicular e as falhas no plano diretor têm dificultado a fluidez do trânsito. Gehl (2013) destaca a importância de medidas integradas para promover uma mobilidade mais eficiente e sustentável.

Além disso, a mobilidade urbana também é influenciada por fatores socioeconômicos e ambientais. De acordo com Gehl (2013), a implementação de políticas públicas focadas em transporte público de qualidade e incentivo ao uso de transportes não motorizados pode aliviar o tráfego nas grandes cidades. Em Curitiba, iniciativas como a instalação de ciclovias e o incentivo ao transporte coletivo são apontadas como exemplos de ações que podem ser intensificadas para melhorar a mobilidade e reduzir as emissões de poluentes.

O papel da tecnologia na gestão da mobilidade urbana também é relevante. O uso de ferramentas de simulação e monitoramento do tráfego tem sido uma solução eficaz para identificar pontos críticos e propor intervenções pontuais. Com isso, a aplicação de tecnologias como o software Aimsun se torna fundamental para a análise e o aprimoramento do fluxo de veículos nas áreas mais afetadas.

3.3 Software Aimsun Next

O software Aimsun Next é uma ferramenta de simulação e modelagem de tráfego amplamente utilizada para o planejamento e a gestão de mobilidade urbana. O Aimsun permite a simulação detalhada de diferentes cenários, o que auxilia na visualização dos

impactos de intervenções no trânsito em tempo real (AIMSUN, 2022). Essa funcionalidade foi essencial para o presente estudo, uma vez que possibilitou a análise da interseção entre as ruas São Mateus e Itacolomi, com base em variáveis reais de fluxo.

A flexibilidade do Aimsun Next é outro ponto a ser destacado. O software oferece um conjunto abrangente de parâmetros configuráveis, permitindo que o usuário ajuste o modelo conforme a especificidade de cada caso. O Aimsun tem sido utilizado para testar medidas como a instalação de semáforos inteligentes e radares semaforicos, com o objetivo de otimizar a circulação e diminuir o tempo de viagem dos motoristas (AIMSUN, 2022).

3.4 Emissão de Poluentes por Veículos a Combustão

As emissões de poluentes por veículos a combustão representam uma das principais fontes de contaminação atmosférica nas cidades. Segundo Lima e Silva (2016), veículos automotores emitem gases como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e hidrocarbonetos, que são prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Estudos indicam que o aumento do tráfego nas áreas urbanas tem agravado os níveis de poluição, exigindo medidas para mitigar esses efeitos.

O cálculo das emissões em um determinado período é geralmente realizado com base em modelos de estimativa que consideram o tipo de combustível, o número de veículos e o tempo de exposição (CETESB, 2022). Em simulações de tráfego, como as realizadas no Aimsun, é possível integrar dados para analisar o fluxo e, conseqüentemente, analisar posteriormente o impacto ambiental de diferentes configurações viárias. Esse tipo de análise auxilia na elaboração de políticas para controle de poluição e na avaliação de soluções para a mobilidade urbana.

Para cidades como Curitiba, onde o tráfego intenso é um problema recorrente, métodos de cálculo de emissões são fundamentais para avaliar os impactos das intervenções planejadas. Lima e Silva (2016) defendem a implementação de tecnologias para monitoramento em tempo real das emissões veiculares pode ser uma estratégia eficaz para reduzir a poluição e promover uma mobilidade mais sustentável.

Para calcular as emissões de monóxido de carbono (CO) por veículos de passeio a gasolina, utilizamos fatores de emissão que representam a quantidade de poluentes emitidos por quilômetro percorrido. Esses fatores variam conforme o ano de fabricação e a tecnologia dos veículos.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2022), os fatores médios de emissão de CO para veículos leves novos a gasolina tem apresentado uma redução significativa ao longo dos anos.

Para veículos mais antigos, os fatores de emissão são consideravelmente maiores. Conforme o "2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários", veículos fabricados entre 1980 e 1983 apresentavam fatores de emissão de CO de 33 g/km.

Esses dados evidenciam a importância de considerar o ano de fabricação e a tecnologia dos veículos ao estimar as emissões de CO, uma vez que veículos mais antigos tendem a emitir maiores quantidades desse poluente.

4. Resultados e Discussões

As simulações no Aimsun revelaram variações significativas na fluidez do tráfego e nas emissões de monóxido de carbono (CO) em cada cenário testado. A alteração do tempo semaforico nas interseções Itacolomi x São Mateus e Itatiaia x São Mateus mostrou uma

melhora de 5% na eficiência do fluxo veicular, mas não reduziu tanto o tempo médio de espera quanto o esperado para horários de pico. No entanto, ao aplicar a estratégia de **Yellow Box** no cruzamento Itacolomi x São Mateus, houve uma melhora mais substancial, resultando em uma redução média de 13% no tempo de viagem e diminuindo a frequência de paradas.

Em termos de emissões, essa diminuição no tempo de espera e na quantidade de paradas e arranques levou a uma redução de aproximadamente 7% nas emissões de CO, conforme mostrado na Tabela 2. Esses dados demonstram que intervenções específicas e pontuais, como o Yellow Box, podem proporcionar benefícios mais concretos na redução da poluição atmosférica do que as simples alterações nos tempos semafóricos. Esse resultado sugere que uma abordagem mais inovadora e focada na otimização do espaço pode ser mais eficaz do que as mudanças tradicionais na programação dos semáforos.

Outro ponto importante foi o efeito das intervenções no comportamento dos motoristas. A análise mostrou que a implementação de tecnologias de sinalização que evitam o bloqueio do cruzamento contribuindo para um ambiente de tráfego mais seguro e organizado.

TABELA 2 – Emissão de CO

Emissão de CO em gramas	Emissão de CO em gramas (Após Otimização)
95.12	8.766
198.36	182.8
795.76	733.33
931.48	858.41
102.08	94.07

Fonte: Os autores (2024)

5. Conclusões

A pesquisa demonstra que intervenções estratégicas baseadas em simulação e tecnologias de gerenciamento de tráfego, como o Yellow Box, são fundamentais para melhorar a mobilidade urbana e reduzir as emissões de poluentes em áreas críticas de Curitiba. A aplicação dessas técnicas não só podem aprimorar a eficiência no fluxo de veículos, mas também contribuir para um ambiente urbano mais sustentável. Estes resultados reforçam a importância de um planejamento urbano apoiado por ferramentas como o Aimsun, que permitem a modelagem detalhada e fundamentada em dados empíricos.

Portanto, políticas públicas que incentivem o uso dessas tecnologias em cruzamentos de alto fluxo podem gerar impactos positivos tanto na redução de poluentes quanto na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Para cidades de médio e grande porte, a adoção de tais intervenções pode oferecer uma alternativa viável para reduzir os congestionamentos, incentivando um planejamento urbano mais sustentável e alinhado com as necessidades de mobilidade e preservação ambiental.

Além disso, os resultados deste estudo destacam a importância de uma abordagem integrada que combine o uso de simulações avançadas com a implementação de soluções práticas e de fácil aplicação, para mitigar os efeitos dos congestionamentos em áreas urbanas densas. A redução nas emissões de CO observada sugere que intervenções estratégicas no tráfego podem não só melhorar a fluidez veicular, mas também colaborar significativamente com os esforços de sustentabilidade urbana e combate às mudanças climáticas. A replicabilidade dessas técnicas em outras áreas de Curitiba e em cidades com características de tráfego semelhantes reforça o potencial dessas práticas como políticas

públicas efetivas e de baixo custo. Dessa forma, fomentar o uso de ferramentas tecnológicas e análise de dados no planejamento urbano pode se revelar uma estratégia essencial para o desenvolvimento de cidades mais inteligentes e ambientalmente responsáveis.

Referências

AIMSUN, About Aimsun. Disponível em: <<https://www.aimsun.com/about-aimsun/>>. Acesso em: 05 mar. 2024.

BRASIL. Ministério das Cidades. PlanMob. Secretaria Nacional de Transportes e da Mobilidade

Urbana – SeMob. 2015. Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/planmob.pdf>>.

Acesso em: 12 jun. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2022. São Paulo: CETESB, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2023/07/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2024.

GEHL, J. **Cidades para Pessoas**. 2ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

Google Maps. Trecho Selecionado para Estudo da Pesquisa. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-25.4352088,-49.2641591,617m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 12 abril 2024.

GUTIERREZ, Andrea. Et al. **Mobilidade Urbana: Desafios e Sustentabilidade**. São Paulo: Cidade em Movimento, 2016. Disponível em: <[Mobilidade Urbana - Desafios e Sustentabilidade](#)>. Acesso em: 22 jul. 2024.

Kneib, Erika; Neto, Wilson (2018). Mobilidade e planejamento metropolitano no Brasil: o caso da Região Metropolitana de Goiânia. Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n.º 15(dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 261-286, dx.doi.org/10.17127/got/2018.15.011

LIMA, André Luiz da Rocha; SILVA, Valéria Loureiro da. **Dispositivo para monitoramento da qualidade do ar proveniente da emissão de monóxido de carbono (CO) por veículos automotores**. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 3, n. 6, p. 295-305, 2016. Disponível em: <[Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade \(ISSN 2359-1412\) - Dispositivo para monitoramento da qualidade do ar proveniente da emissão de monóxido de carbono \(CO\) por veículos automotores](#)>. Acesso em: 15 set. 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília: Ministério das Cidades, 2015. Disponível em: <[PlanMob – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana - Institute for Transportation and Development Policy](#)>. Acesso em: 6 jul. 2024.

TRB - TRANSPORTATION RESEARCH BOARD . **Highway Capacity Manual.**
Washington, D.C., 2016.