Artigo Compacto

Verificação da declividade e largura de uma via urbana para atendimento à multimodalidade de transportes

Verification of urban road slope and width to support transport multimodality

Gabriel Henrique Rezende, Universidade Federal de Uberlândia, carvalhorezende96@gmail.com
Maria Lígia Chuerubim, Universidade Federal de Uberlândia, mchuerubim@gmail.com

Como citar:

REZENDE, Gabriel Henrique; CHUERUBIM, Maria Lígia. Verificação da declividade e largura de uma via urbana para atendimento à multimodalidade de transportes. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2021, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 405-414.
Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/issue/view/14

RESUMO

A implementação de infraestrutura viária que promova a multimodalidade de transportes tem-se mostrado uma importante ferramenta ao planejamento urbano e ao desenvolvimento das cidades. Entretanto, na maioria dos casos, os traçados que a configuram não apresentam os requisitos normativos mínimos de declividade e largura viária estabelecidos pela AASHTO e MCID para a implantação de infraestrutura favorável a multimodalidade. Assim, torna-se necessário a realização de adequações construtivas no ambiente urbano. Portanto, esta pesquisa objetivou verificar algumas das dimensões geométricas no traçado de uma via arterial, com a finalidade de considerar seu potencial à movimentação viária por meio de transportes ativos e motorizados. Neste contexto, elaborou-se um estudo de caso condicionado a avaliar as grandezas físicas de um trecho de 5 km de extensão da BR-497, localizada na área urbana do município de Uberlândia/MG. Foram consideradas as variáveis referentes as parametrizações de declividade e largura da faixa de rolamento. Estas foram obtidas por meio de imagens orbitais de alta resolução. Posteriormente, os dados parametrizados foram avaliados estatisticamente e espacializados em ambiente SIG (Sistemas de informações geográficas). Os resultados obtidos sugerem que o trecho viário urbano da BR-497 apresenta pontos passíveis de modificação quanto às configurações geométricas de design urbano e serviços sustentáveis.

Palavras-chave: Infraestrutura viária, Sustentabilidade, Transportes.

ABSTRACT

The road infrastructure implementation that promotes the transport multimodality has been shown to be an important instrument for urban planning and cities development. However, in most cases, the features that configure it do not support the minimum regulatory requirements of slope and width road established by AASHTO and MCID for the immediate infrastructure implementation that is favorable to multimodality. Therefore, it becomes necessary to carry out planning based on constructive adjustments in the urban environment.Therefore, this research aimed to verify some geometric dimensions in the arterial road design, with the purpose to consider the road movement potential by active and

motorized transport. Based on this topic, a case study was developed to evaluate the physical dimensions in a 5 km long stretch in lenght on the BR-497, located in the Uberlândia citie urban área, Minas Gerais. Finally, the variables related to the slope and width parameters of the roadway were considered. These were obtained by high resolution orbital images means. Later, the parameterized data were statistically evaluated and spatialized in a GIS (Geographic Information Systems) environment. The results acquired suggest that the urban road BR-497 stretch presentes subject points to modification about geometric configurations design urban and sustainable services.

Keywords: *Road infrastructure, Sustainability, Transports.*

1 INTRODUÇÃO

O modelo que rege o deslocamento em massa de bens e pessoas considera as configurações de planejamento da infraestrutura geométrica viária. Para tanto, as nuances de movimentações inseridas nos sistemas de transporte (ST) realizam papel importante quanto à concepção da forma urbana e os traçados de suas vias (MORELLI E CUNHA, 2021).

No cenário específico dos STs destacam-se problemas decorrentes à mobilidade urbana, no que tange à pluralidade de implementação de modalidades de transporte, seja ele ativo ou motorizado. Neste caso, os problemas são evidenciados nas cidades pela falha de planejamento das dimensões viárias e, consequentemente, pelo número incipiente de opções de STs (ativos e motorizados) direcionados a multimodalidade. A saber, esta especificidade de modalidade que contempla apenas o transporte motorizado gera grandes impactos ambientais decorrentes do aumento da produção de GEE (Gases de Efeito Estufa). Estes, produzidos por meio do deslocamento exclusivo de veículos automotores e sua consequente queima de combustíveis fósseis (LINDENAU e BÖHLER-BAEDEKER, 2014).

Neste contexto, foi realizado um estudo de caso, com o propósito de averiguar o traçado horizontal e vertical de uma via urbana arterial localizada em Uberlândia/MG. Foram verificadas e caracterizadas algumas das condições viárias do trecho urbano, bem como sua geometria e dimensões de infraestrutura atual relacionadas à declividade e largura da faixa de rolamento.

2 ST APLICADO À MULTIMODALIDADE

Os STs podem ser compreendidos como um conjunto de técnicas que buscam promover o deslocamento, sejam eles de carga, bens e serviços ou pessoas. Este deslocamento diz respeito à movimentação realizada a fim de atingir diferentes localizações geográficas (SOLÁ, VILHERLMSON E LARSSON, 2018).

Dentro destas movimentações, o conceito de mobilidade pode ser definido em função da concepção de deslocamento, a partir da variação posicional de um corpo que se movimenta, por meio das diversas modalidades de transporte existentes a serviço da sociedade (CHENG E CHEN, 2015).

A partir destas questões, as cidades contemporâneas discutem os inúmeros desafios quanto ao planejamento e a operacionalização de uma infraestrutura viária, que possibilite a inserção da pluralidade e a acessibilidade aos STs (ONU, 2017). Esta pluralidade, proeminente à multimodalidade de transporte, diz respeito à oferta de deslocamentos por meio de veículos automobilísticos e por transportes ativos (bicicleta, patinete, a pé, entre outros) que promovam a mobilidade urbana (LESSA et al, 2019). Desta forma, o incentivo e o planejamento viário que suporte esta multimodalidade é visto como uma solução das políticas de transporte a fim de promover redução das emissões de GEE e aumentar a acessibilidade

socioeconômica à toda população. A condição espacial das vias construídas torna-se uma variável proeminente à adesão de um espaço físico hábil que suporte e atenda a sua implementação (HEINEN e MATTIOLI, 2019)

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei 12.587/2012, estabelece diretrizes que promulgam a todos os municípios brasileiros, o desenvolvimento, o planejamento e a implementação de planos diretores de mobilidade urbana (BRASIL, 2012; MCID, 2015). Assim, a PNMU estabelece que as cidades construam incentivos à multimodalidade dos STs, de forma a gerar o desenvolvimento sustentável da oferta de serviços urbanos acessíveis a toda população (BRASIL, 2012; GROSSLING E CHOI, 2015).

2.1 Dimensões geométricas dos traçados viários

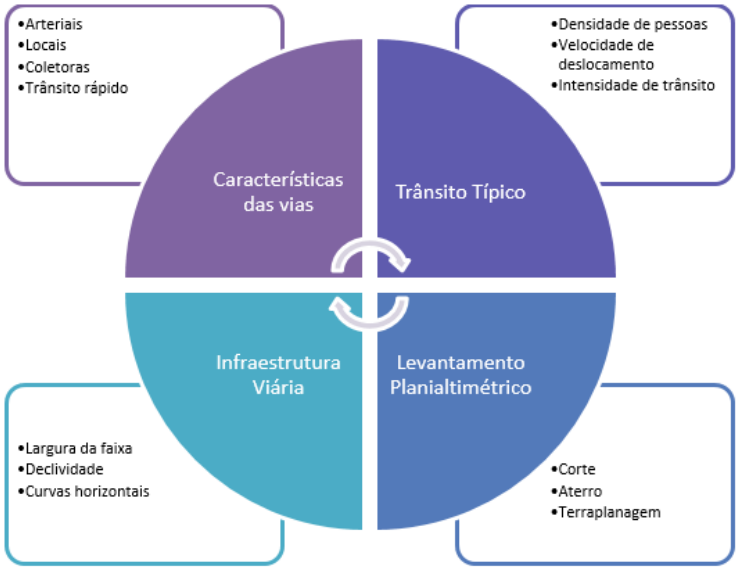
Algumas associações e departamentos vinculados à Engenharia de Transporte, como American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), estabelecem critérios geométricos e limítrofes a partir do planejamento de uma malha viária quanto à pluralidade dos meios de deslocamento(AASHTO,2012; BRASIL, 2010; BRASIL, 2018). Estes critérios estão associados a conceitos tridimensionais que analisam as dimensões de área (LarguraxComprimento) juntamente com suas relações altimétricas.

Estas dimensões também necessitam ser guiadas pelo objetivo de promoção de desenvolvimento sustentável atrelado à movimentação dentro das cidades, conforme NBR 37101 e 37120 (ABNT, 2017, 2021). Assim, as movimentações intramunicipais estabelecem relações à indicadores que avaliam o desempenho de serviços urbanos gerenciados a promover sustentabilidade e qualidade de vida da população, uma vez que pressupõe-se que a promoção da multimodalidade contribui para a redistribuição de tráfego e redução das emissões de GEE.

O Instituto de Pesquisa Rodoviária (IPR), em seu "Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas" elenca estudos, recomendações e procedimentos metodológicos técnicos para o planejamento e modificação das vias urbanas, focadas à demanda automobilística (BRASIL, 2010).Entretanto, assim como a infraestrutura viária destinada a veículos automotores, os espaços direcionados à promoção de movimentações por meio de esforços físicos, requerem parâmetros específicos para seu planejamento e construção (ITDP, 2015). Estas normativas estabelecem critérios físicos a partir da promoção de conforto e segurança tanto à condutibilidade do motorista veicular, quanto ao deslocamento de um indivíduo que realize movimentação por meio de transporte ativo (AASHTO, 2012; MCID, 2016).

Por meio de revisão da literatura, as pesquisas associadas a este tema detalham parâmetros geométricos de extensão marginal às vias, juntamente com suas respectivas declividades (DIGIOIA ET AL, 2017; MONTEIRO, 2011). Desta forma, diversas variáveis são analisadas na avaliação das condições espaciais destinados à multimodalidade (Figura 1). Estas variáveis estão relacionadas ao nível de serviço viário, e dependem de espaço físico para implementação que suporte diversos veículos de transporte.

Figura 1 – Variáveis para análise de condições viárias

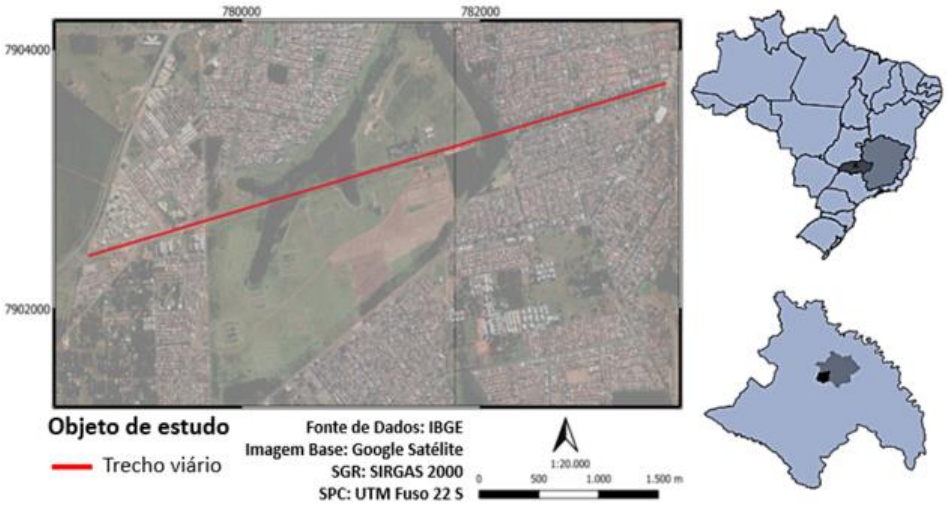


Fonte: Autores (2021)

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa realizou um estudo de caso, condicionado a analisar a extensão de um trecho urbano com comprimento de 5km ao longo da BR-497, importante rodovia que corta o município de Uberlândia/MG. O trecho (Figura 2) é classificado de acordo com diretrizes municipais, como uma via arterial, localizada no setor Oeste da cidade, circunjacente à 10 bairros de limites primários e 5 secundários, com uma população de 140.539 habitantes, distribuídos em uma área de 41.04 km² (SEPLAN, 2014, 2021).

Figura 2 – Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2021)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Definido o objeto de estudo, foram adotadas as diretrizes e recomendações da AASHTO e MCID (Ministério das Cidades) para a coleta de dados geométricos da via urbana. Os parâmetros adotados foram considerados a partir das áreas mínimas de uma pista de rolamento dupla que comporte tráfego misto, ciclovia bidimensional e recuo de calçadas (MCID, 2016). Assim, o trecho de 5km foi fracionado em 50 trechos de 100m de comprimento. Esta coleta, foi realizada por meio da utilização de imagens orbitais de alta resolução, fornecidas digitalmente pelo software Google Earth Professional (Google Earth, 2021).

O propósito foi encontrar os valores absolutos que caracterizam o objeto de estudo em relação a duas variáveis escolhidas, declividade e largura da faixa de rolamento. Assim, estes números foram geocodificados e calculados em uma planilha eletrônica no software Excel.

Quanto ao cálculo das declividades, os seus resultados foram obtidos em porcentagem a partir da razão de diferença das altitudes finais e iniciais sobre a extensão total do trecho analisado. A Tabela 1 apresenta a classificação proposta com base nas recomendações da AASHTO (2012).

Tabela 1 – Classificação da declividade

Declividade (%)	Classificação	Conformidade topográfica
0	Plano	Ideal
Entre 0 e 1,00	Muito baixa	Conforme
Entre 1,01 e 2,00	Baixa	Conforme
Entre 2,01 e 3,00	Média	Não conforme
Acima de 3,01	Alta	Não conforme

Fonte: Os autores

Quanto a aspectos geométricos à largura da faixa de rolamento, esta foi calculada e classificada com base na Lei Federal 12.587 (BRASIL, 2012) e de acordo com o "Caderno técnico para projetos de mobilidade urbana transporte ativo"(MCID, 2016). Seu cálculo foi obtido pela média da coleta da largura de 4 subtrechos de 25m para cada um dos 50 trechos de 100m. A tabela 2, apresenta as classificações destas recomendações.

Tabela 2 – Parâmetros de classificação associados à largura viária

Largura da faixa de rolamento	Classificação para a implementação de multimodalidade
Abaixo de 10,85m	Não conforme
Entre 10,85 a 15 m	Satisfatória
Acima de 15 m	Ideal

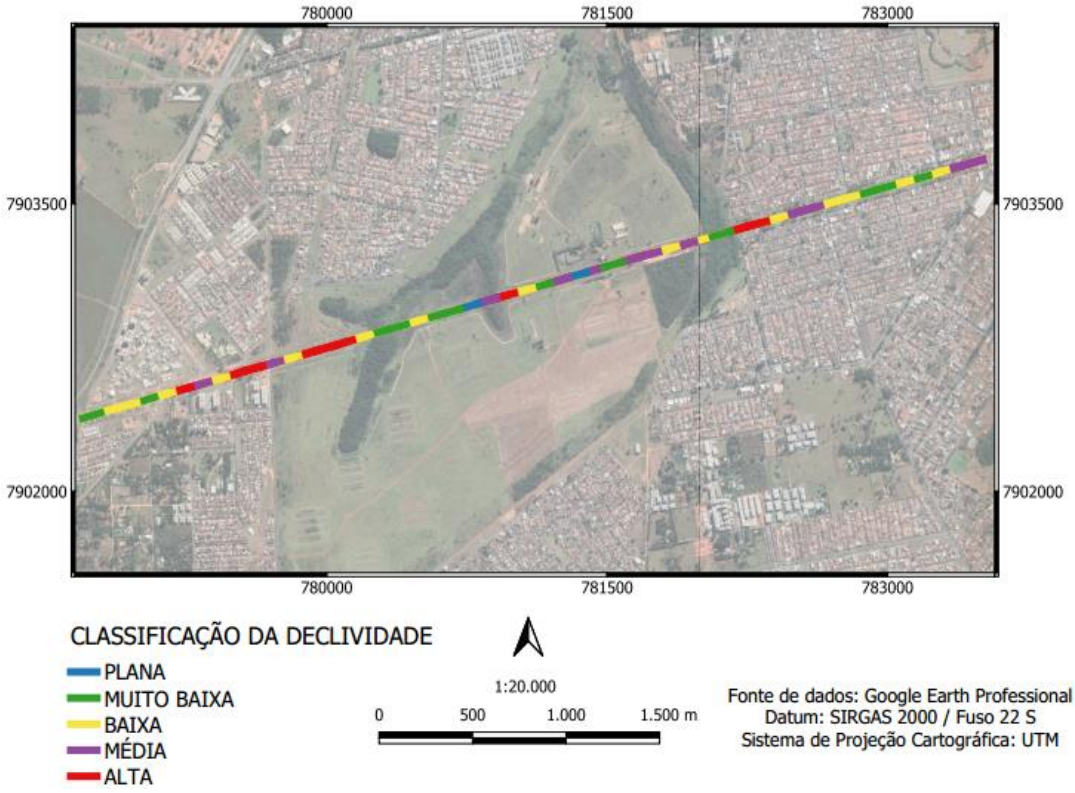
Fonte: Os autores

O processo de espacialização dos resultados obtidos foi realizado por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento utilizando o software QGIS3.4.6 (QGIS, 2021). Nele, foram inseridos os arquivos gerados e coletados no Google Earth Professional, juntamente com a planilha eletrônica de classificação e conformidade dos valores propostos para cada uma das variáveis adotadas. Posteriormente, estes dados foram vetorizados e sobrepostos a uma imagem de satélite. Por fim, foram trabalhadas semiologias cartográficas do tipo escala de cor, para a representação temática da variação espacial dos resultados obtidos.

5 RESULTADOS

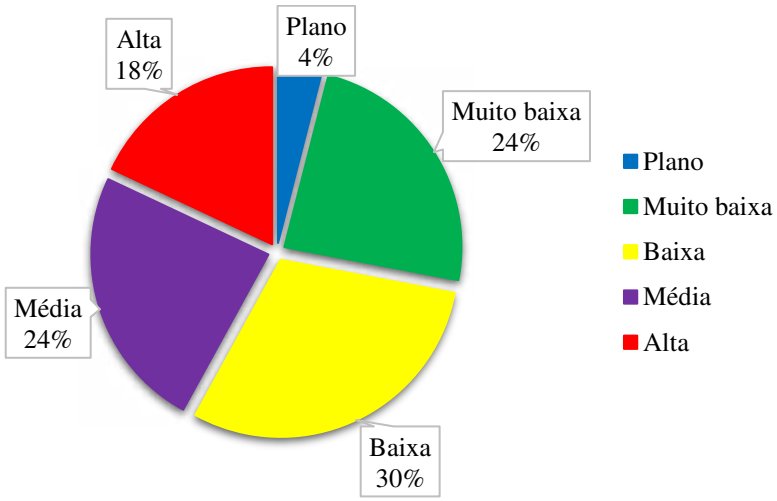
Os resultados obtidos e representados graficamente, referem-se as dimensões geométricas da largura da faixa de rolamento e da porcentagem de declividade para cada um dos 50 trechos de 100 m da BR-497. As Figuras 3 e 4, ilustram os resultados obtidos e calculados a partir das variáveis avaliadas.

Figura 3 – Representação a partir da declividade



Fonte: Autores (2021)

Figura 4 – Percentual das declividades

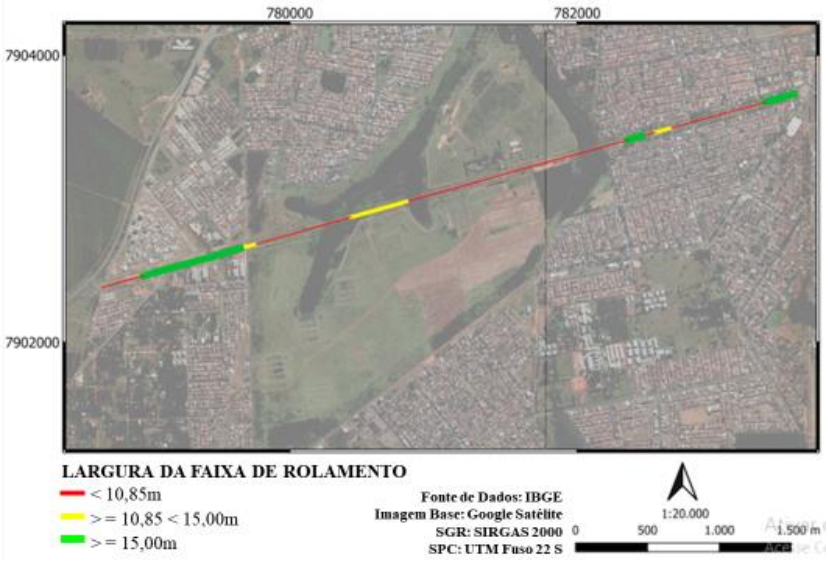


Fonte: Autores (2021)

Referente à locação e distribuição altimétrica da via, foi possível verificar que a característica topográfica da área é irregular, com diversas oscilações de desnível. No que diz respeito às recomendações de relevo, por meio de métodos de análise espacial, os resultados apontam que os trechos iniciais, medianos e finais, são em sua grande maioria, os mais apropriados.

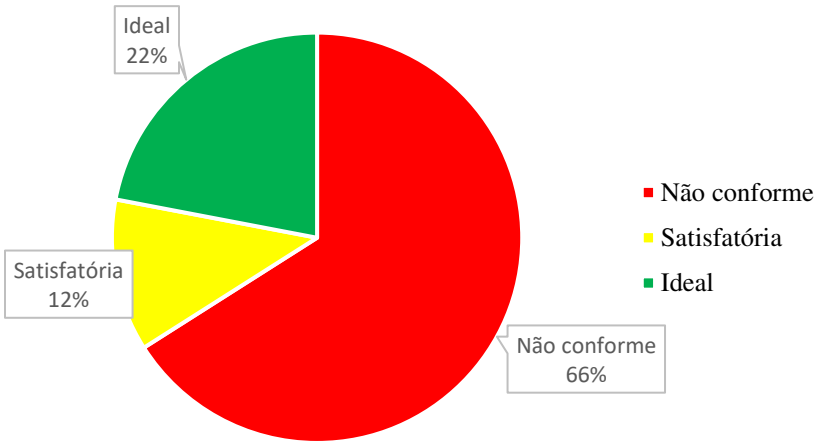
A Figura 5 ilustra por meio de semiologia gráfica a variação da largura da faixa de rolamento, com suas respectivas espessuras de dimensões e conformidade. A imagem estabelece a correlação entre a escala dos traçados desenhados e a realidade. Posteriormente, foi possível identificar o percentual de conformidade de cada trecho quanto a largura da faixa existente (Figura 6).

Figura 5 – Representação de comprimento da largura da faixa



Fonte: Autores (2021)

Figura 6 – Percentual de conformidade à largura da faixa



Fonte: Autor (2021)

Com a finalidade de estabelecer comparações de conformidade em relação às locações dos trechos, ao analisar as Figuras 3 e 5, percebe-se que os trechos que apresentam maiores potenciais quanto a declividade, são em sua maioria os que possuem as dimensões de largura insuficientes. Por fim, os resultados mostram que a via não apresenta configurações homogêneas quanto à relação entre as duas variáveis adotadas na pesquisa.

6 CONCLUSÃO

Ao realizar esta pesquisa, concluiu-se que algumas das variáveis à adoção de multimodalidade de transporte tangentes às características de infraestrutura geométrica da dimensão dos traçados viários, necessitam de planejamento prévio para verificação das condições naturais do ambiente juntamente com a infraestrutura viária já construída. Neste sentido, as variáveis de declividade em conjunto com as de largura, influenciam diretamente a acessibilidade e a funcionalidade do espaço utilizado pelos usuários. Uma vez que, estão fortemente associadas às questões de inclusão, conforto, movimentação e segurança.

As promoções destas variáveis estabelecem conexão direta com a construção de ambientes urbanos inteligentes e sustentáveis que proporcionem sinergia à população a partir da implementação à multimodalidade de transportes, sejam eles ativos ou motorizados. Entretanto, para o estudo de caso específico, contatou-se a falta de planejamento prévio atrelados a serviços de corte e aterro para nivelamento do terreno em conformidade da declividade. Também a falta de infraestrutura existente às marginais viárias para a atual adoção de uma via que atenda a multimodalidades de transporte.

REFERÊNCIAS

AASHTO AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guide for the Development of Bicycle Facilities. 4a ed.Washington, DC. 2012. Disponível em < https://njdotlocalaidrc.com/perch/resources/aashto-gbf-4-2012-bicycle.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2021.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 37101: Sistema de gestão para desenvolvimento sustentável – Requisitos com orientação para uso. São Paulo/SP, 2017.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 37120: Cidades e comunidades sustentáveis – indicadores para serviços municipais e qualidade de vida. São Paulo/SP, 2021.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de projeto geométrico de travessias urbanas. p. 1-392. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Lei n° 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 3 jan. 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 6 jun. 2021.

CHENG, Y.; CHEN, S. Perceived accessibility, mobility and connectivity of public transportation systems. Transportation Research Part A, v.77, p.386-405, 2015.

DIGIOIA, J.; K. E. Watkins; Y. Xu; M. Rodgers e R. Guensler. Safety impacts of bicycle infrastructure: A critical review. In: Journal of Safety Research. v. 61, p. 105-119, 2017.

GOOGLE EARTH PROFESSIONAL. Disponível em: < https://www.google.com.br/earth/>. Acesso em: 02 jun. 2021.

Gossling, E.; CHOI, A.S. Transport transitions in Copenhagen: Comparing the cost of cars and bicycles. In: Ecological Economics, v. 113, p. 106-113, 2015.

Heinen,E.; Mattioli, G. Multimodality and CO2 emissions: A relationship moderated by distance. Transportation Research. V. 75, p. 179-196, 2019.

ITDP INSTITUTO DE POLÍTICA DE TRANSPORTES E DESENVOLVIMENTO. Política de Mobilidade por Bicicletas e Rede Cicloviária da Cidade de São Paulo: Análise e Recomendações. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: < http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/03/Relatorio-CIclovias-SP.pdf> . Acesso em: 10 jun. 2021.

LESSA, D. A.; LOBO, C.; CARDOSO, L. Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte / Minas Gerais – Brazil. Journal of Transport Geography, v. 77, p. 1–10, 2019.

LINDENAU, M.; BÖHLER-BAEDEKER, S. Citizen and stakeholder involvement: a precondition for sustainable urban mobility. Transportation Research Procedia, v. 4, p. 347–360, 2014.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Caderno de referência para a construção de planos diretores de mobilidade urbana. Brasília, DF, 2015.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Transporte ativo: Caderno técnico para projetos de mobilidade urbana. Brasília, DF. p. 117, 2016.

MONTEIRO, F. B. Avaliação de espaços urbanos para pedestres e ciclistas visando a integração com o transporte de massa. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, Brasil, 2011.

MORELLI, A. B. CUNHA, A. L. Verificação de vulnerabilidades em redes de transporte: uma abordagem pela teoria dos grafos. TRANSPORTES, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/transportes.v29i1.22>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Nova Agenda Urbana, 2017. Disponível em: < http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Angola.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana de Uberlândia. p.1–115, Uberlândia, MG, 2014. Disponível em: < http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/informacion/banco-de-estudo-de-impactos/643-plano-de-mobilidade-uberlandia/file>. Acesso em: 10 jun. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. Secretaria de Planejamento Urbano (SEPLAN). Sistema viário urbano. Uberlândia, MG, 2021. Disponível em : <https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/Mapa-Sistema-Vi%C3%A1rio.pdf> . Acesso em: 10 jun. 2021.

QGIS. Quantum Gis 3.4.6 La Coruña. Software de geoprocessamento. Disponível para download em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html>. Acesso em: 2 jun. 2021.

SOLÁ, A. G.; VILHELMSON, B.; LARSSON, A. Understanding sustainable accessibility in urban planning : Themes of consensus , themes of tension. Journal of Transport Geography, v. 70, p. 1–10, 2018.