



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DANIELA DE CASTRO SOARES

**POTENCIAL DE IMPLANTAÇÃO DE *GREENWAYS* PARA
TRANSPORTE NÃO MOTORIZADO EM FUNDOS DE VALE**

DANIELA DE CASTRO SOARES

**POTENCIAL DE IMPLANTAÇÃO DE *GREENWAYS* PARA
TRANSPORTE NÃO MOTORIZADO EM FUNDOS DE VALE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Prado da Silva Júnior

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Soares, Daniela de Castro.

Potencial de implantação de greenways para transporte não motorizado em fundos de vale. / Daniela de Castro Soares. - Londrina, 2021.
90 f. : il.

Orientador: Carlos Alberto Prado da Silva Júnior.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2021.

Inclui bibliografia.

1. greenways - Tese. 2. infraestrutura cicloviária - Tese. 3. mobilidade sustentável - Tese. 4. fundo de vale - Tese. I. Silva Júnior, Carlos Alberto Prado da. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 62

DANIELA DE CASTRO SOARES

**POTENCIAL DE IMPLANTAÇÃO DE *GREENWAYS* PARA
TRANSPORTE NÃO MOTORIZADO EM FUNDOS DE VALE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Prado da
Silva Júnior
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Deize Dias Lopes
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Pablo Brilhante de Sousa
Universidade Federal do Paraíba - UFPB

Londrina, 26 de Fevereiro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, que me permitiu ter saúde para concluir esse mestrado e sempre esteve sempre ao meu lado.

Ao meu orientador Prof. Carlos Prado, agradeço pela paciência em me orientar e principalmente por compartilhar suas experiências pessoais nos momentos em que precisei.

À Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade e infraestrutura oferecidas para a realização deste trabalho.

À Profª Heliana por toda a contribuição ofertada ao meu trabalho, sempre com muito bom humor.

Aos professores que contribuíram para meu desenvolvimento durante esse período de mestrado.

Aos professores da banca, Deize e Pablo pela disponibilidade em participar e contribuir com o trabalho.

À CAPES, pela bolsa concedida para realização dessa pesquisa.

À minha família, meus pais Sandra e Donizete, por tudo o que fizeram e fazem por mim, à minha irmã Duda, por me ouvir e me ajudar com as leituras e correções de texto e ao meu marido Sidinei, por todo apoio e suporte dedicados durante esses anos.

Ao Thiago Louro por compartilhar suas experiências comigo e contribuir com a coleta de dados.

Ao Gabriel Gardin por ter nos auxiliado na montagem do protótipo e coleta de dados.

Ao Vitor Salviatto, por colaborar com a coleta de dados.

À Emily Giany, pessoa responsável pelo meu ingresso no mestrado, minha eterna gratidão por toda a ajuda.

À Brenda Oliveira, por ser minha companhia em Londrina e tornar os momentos difíceis mais leves.

E a todos colegas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, serei eternamente grata.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.
Charles Chaplin

SOARES, Daniela de Castro. **Potencial de Implantação de Greenways para Transporte Não Motorizado em Fundos de Vale**. 2021. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

O incentivo ao uso de modos de transporte não motorizados é cada vez mais necessário para reduzir os impactos negativos causados pela atual situação da mobilidade urbana. Mas para esse incentivo surtir efeito, são necessárias ações, tais como a criação de infraestruturas seguras e confortáveis para o tráfego de pedestres e ciclistas. Esses investimentos poderiam encorajar o uso da caminhada e ciclismo como modo de transporte, pois a oferta de opções convenientes e seguras é um dos objetivos do planejamento de sistemas de transportes. O objetivo desse trabalho é avaliar a partir do ponto de vista legal, físico, ambiental e dos moradores e frequentadores da região de estudo, o potencial de implantação de *greenways* em fundos de vale de áreas urbanas. Para isso, o fundo de vale pertencente ao Córrego Água Fresca, na cidade de Londrina/PR, foi selecionado como local de estudo. Para realização do trabalho, foi feita a caracterização física e ambiental do local de estudo. Os dados coletados no fundo de vale foram comparados com os dados de um trecho de vias urbanas, que foi selecionado abrangendo partes das duas vias mais utilizadas por ciclistas em Londrina, a fim de avaliar se os fundos de vale têm ambiente propício para a circulação de transporte não motorizado. Um protótipo foi desenvolvido para coletar dados de parâmetros ambientais, tais como: índice UV; concentração de gases tóxicos na atmosfera, temperatura e umidade do ar. Esse protótipo foi desenvolvido por meio da plataforma Arduino. Para avaliar o ponto de vista dos moradores e frequentadores do local de estudo foi desenvolvido um projeto conceitual, que foi utilizado para apresentar a proposta à população. A partir desse projeto conceitual foi feita uma pesquisa de opinião a respeito da proposta apresentada. Os resultados dessa pesquisa mostraram que do ponto de vista legal, é possível implantar uma *greenway* no local de estudo, seguindo as principais legislações vigentes. Do ponto de vista físico, o fundo de vale oferece melhores condições para o tráfego dos pedestres e ciclistas, em termos de topografia do terreno, quando comparado ao trecho urbano. Do ponto de vista ambiental, foi possível identificar que o trecho do fundo de vale recebe reduzidos níveis de incidência de raios ultravioletas, que pode ser explicado pela presença da densa vegetação. Os resultados da análise das variáveis ambientais gases tóxicos, temperatura e umidade do ar, não foram conclusivos, sendo necessário a realização de mais coletas de dados em estudos futuros. A maioria das pessoas concorda com a implantação de *greenways* em fundos de vale, no entanto há uma preocupação com os efeitos que isso poderia causar para o meio ambiente local. Além disso, uma descoberta importante demonstrou que a implantação de uma única via verde, sem conexão com outras ou com outros tipos de infraestrutura para pedestres e ciclistas, não alcançará os objetivos de encorajar o uso de transporte ativo, servindo apenas como um espaço para esporte e lazer.

Palavras-chave: *greenway*; fundo de vale; infraestrutura cicloviária; mobilidade sustentável; transporte não-motorizado.

SOARES, Daniela de Castro. **Greenway Implantation Potential for Non-Motorized Transport in Riparian Buffer**. 2021. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Encouraging the use of non-motorized modes of transport is increasingly necessary to reduce the negative impacts caused by the current situation of urban mobility. But for this incentive to take effect, actions are necessary, such as the creation of safe and comfortable infrastructures for pedestrian and cyclist traffic. These investments could encourage the use of walking and cycling as a mode of transport, as the provision of convenient and safe options is one of the objectives of planning transport systems. The objective of this work is to evaluate, from the legal, physical, environmental point of view and of the residents and regulars of the study region, the potential of implementing greenways in valley bottoms in urban areas. For this, the valley fund belonging to the Córrego Água Fresca, in the city of Londrina / PR, was selected as the study site. To carry out the work, the physical and environmental characterization of the place of study was carried out. The data collected in the valley floor were compared with the data from a section of urban roads, which was selected covering parts of the two roads most used by cyclists in Londrina, in order to assess whether the valley floor has a favorable environment for the circulation of non-motorized transport. A prototype was developed to collect data on environmental parameters, such as: UV index; concentration of toxic gases in the atmosphere, temperature and air humidity. This prototype was developed using the Arduino platform. To assess the point of view of the residents and frequenters of the study site, a conceptual project was developed, which was used to present the proposal to the population. Based on this conceptual project, an opinion survey was carried out regarding the proposal presented. The results of this research showed that from a legal point of view, it is possible to implement a greenway at the study site, following the main legislation in force. From a physical point of view, the valley floor offers better conditions for pedestrian and cyclist traffic, in terms of terrain topography, when compared to the urban stretch. From an environmental point of view, it was possible to identify that the stretch of the valley floor receives low levels of incidence of ultraviolet rays, which can be explained by the presence of dense vegetation. The results of the analysis of the environmental variables, toxic gases, temperature and air humidity, were not conclusive, requiring further data collections in future studies. Most people agree with the implementation of greenways in valley funds, however there is a concern about the effects that this could have on the local environment. In addition, an important discovery demonstrated that the implantation of a single greenway, without connection with others or with other types of infrastructure for pedestrians and cyclists, will not achieve the objectives of encouraging the use of active transport, serving only as a space for sport. and leisure.

Key words: greenway; riparian buffer; bicycle infrastructure; sustainable mobility; non motorized transport.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Trecho da greenway Emerald Necklace, em Boston.....	17
Figura 2	Fases de criação de uma greenway ou trilha.....	20
Figura 3	Rampas normais e rampas máximas admissíveis em função do desnível a vencer.	33
Figura 4	Mapa conceitual referente as etapas da pesquisa.	38
Figura 5	Protótipo utilizado para coletar dados.	40
Figura 6	Gráfico de conversão dos valores de saída do sensor UVM-30A ..	41
Figura 7	Localização do Córrego Água Fresca.	44
Figura 8	Detalhamento do entorno do Córrego Água Fresca.....	45
Figura 9	Trechos selecionados para coleta de dados de parâmetros físicos e ambientais.....	46
Figura 10	Imagem da proposta de implantação de greenways no local de estudo. Trecho de intersecção na Rua Humaitá e Portal de entrada.....	48
Figura 11	Ponto de apoio e mobiliário urbano proposto para a implantação de greenways no local de estudo.....	48
Figura 12	Medições esperadas e registradas durante os percursos.....	51
Figura 13	Caminhos existentes na extensão do local de estudo.	53
Figura 14	Exemplos de problemas encontrados no Água Fresca: (a) descarte de resíduos sólidos, (b) erosão próximo a nascente e (c) tráfego de veículos motorizados.	55
Figura 15	Perfil de elevação do trecho do fundo de Vale.....	56
Figura 16	Perfil de elevação do Trecho das vias urbanas.....	57
Figura 17	Fundos de vale da cidade de Londrina.	58
Figura 18	Resultados gráficos para teste de normalidade.	60
Figura 19	Resultados gráficos de teste de normalidade.	61
Figura 20	Pontos registrados pelo sensor GPS.	62
Figura 21	Medições de raios UV ao longo dos trechos.....	63
Figura 22	Registros do sensor UVM-30A para radiação ultravioleta.....	63
Figura 23	Mapa de medições para valores de temperatura.	66
Figura 24	Medições de temperatura diárias ao longo dos trechos.	67
Figura 25	Mapa de Medições de Umidade do ar ao longo dos trechos.	68

Figura 26	Medições de Umidade do ar ao longo dos trechos.	69
Figura 27	Mapa de medições de Gases tóxicos ao longo dos trechos.	70
Figura 28	Medições de Gases tóxicos ao longo dos trechos.	71
Figura 29	Informações socioeconômicas dos entrevistados.	73
Figura 30	Respostas da pergunta “Como você se considera em relação a região do Córrego Água Fresca?”.....	75
Figura 31	Respostas da pergunta “Você concorda com a proposta de implantação de greenways no fundo de vale do Córrego Água Fresca?”.....	76
Figura 32	Respostas da pergunta: “Caso fosse implantada, você frequentaria a greenway do Córrego Água Fresca?”.....	77
Figura 33	Respostas da pergunta: “Qual distância você estaria disposto a caminhar para chegar até a greenway do Córrego Água Fresca?”.....	78
Figura 34	Respostas da pergunta: “Qual distância você estaria disposto a pedalar para chegar até a greenway do Córrego Água Fresca?”.....	78
Figura 35	Pontos de interesse localizados na faixa de disposição para caminhada.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Larguras mínimas da faixa de Áreas de Preservação Permanente.....	24
Tabela 2	Coeficientes de correção calculados para protótipo número 2.....	52
Tabela 3	Informações sobre a altimetria dos trechos.....	56
Tabela 4	Resultados do coeficiente de variação para a inclinação dos terrenos.	57
Tabela 5	Resultados do Teste de normalidade para as amostras.	59
Tabela 6	Média de incidência de raios ultravioletas por dia. Fonte: elaboração dos autores.....	64
Tabela 7	Resultados da ANOVA realizada para os valores de incidência de raios ultravioletas encontrados nos trechos.	64
Tabela 8	Médias diárias das variáveis coletadas.	65
Tabela 9	Resultados da ANOVA realizada para os valores de temperatura encontrados nos trechos.....	67
Tabela 10	Resultados da ANOVA para valores de umidade do ar.	69
Tabela 11	Resultados da ANOVA realizada para os valores da concentração de gases tóxicos na atmosfera, encontrados nos trechos.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
HKO	Hong Kong Observatory
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMS	Integrated Enviromental Monitoring System
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPMet	Instituto de Pesquisas Meteorológicas
IPPUL	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina
OMS	Organização Mundial da Saúde
PBB	Programa Bicicleta Brasil
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVO GERAL	15
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	GREENWAYS.....	17
2.1.1	Planejamento E Criação De Greenways	19
2.1.2	Design E Layout De Greenways.....	22
2.2	LEGISLAÇÃO SOBRE PROTEÇÃO DE FUNDOS DE VALE.....	23
2.3	EXPOSIÇÃO DOS PEDESTRES E CICLISTAS A FATORES AMBIENTAIS	25
2.4	FATORES QUE INFLUENCIAM A ESCOLHA DE PEDESTRES E CICLISTAS	27
2.4.1	Escolha Pelos Modos Não Motorizados	28
2.4.2	Escolha De Rota.....	30
2.5	NORMAS BRASILEIRAS SOBRE IMPLANTAÇÃO DE VIAS PARA TRANSPORTE NÃO MOTORIZADO.	31
2.6	UTILIZAÇÃO DE SENSORES ARDUINO PARA MONITORAMENTO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS.....	34
2.7	PROJETO CONCEITUAL	35
3	MÉTODO	38
3.1	CONSULTA A LEGISLAÇÃO VIGENTE A RESPEITO DO LOCAL DE ESTUDO	39
3.2	DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA COLETAR DADOS NO LOCAL DE ESTUDO	39
3.2.1	Concepção Inicial E Testes Preliminares	39
3.2.2	Aprimoramentos Do Protótipo E Novos Testes Preliminares	40
3.2.3	Normalização Dos Dados	42
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	42
3.3.1	Local De Estudo: Londrina	42
3.3.2	Fundo De Vale Do Córrego Água Fresca	43
3.3.2.1	Caracterização física	46

3.3.2.2	Caracterização ambiental	47
3.4	ELABORAÇÃO DE PROJETO CONCEITUAL E PESQUISA DE OPINIÃO DA POPULAÇÃO	47
4	RESULTADOS	50
4.1	CONSULTA A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	50
4.2	DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA COLETA DE DADOS AMBIENTAIS ...	50
4.2.1	Concepção Inicial E Testes Preliminares	50
4.2.2	Aprimoramentos E Novos Testes Preliminares	52
4.2.3	Normalização Dos Dados	52
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	53
3.2.1	Caracterização Física	53
3.2.1	Caracterização Ambiental.....	58
4.4	PESQUISA DE OPINIÃO DA POPULAÇÃO	71
5	CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

O planejamento e as políticas de transporte até os dias atuais, priorizam os investimentos destinados aos modos motorizados, provocando um aumento expressivo do uso de veículos motorizados individuais (MACIOROWSKI E SOUZA, 2018; MRKAJIC *et. al*, 2015). No entanto, essa prática culmina na geração de inúmeras externalidades negativas que afetam a qualidade de vida de toda a sociedade, degradam o meio ambiente e aumentam as emissões de gases de efeito estufa, causando diversas mudanças climáticas (KASPAR *et al*, 2021; CAMPOS, 2006). Diante desse contexto, é perceptível que as viagens motorizadas individuais precisam ser desestimuladas.

Todavia, para que isso se torne uma realidade é necessária uma verdadeira transformação no processo de planejamento das cidades. Pensando em deixar um ambiente de sobrevivência saudável para as gerações futuras, essa transformação deverá priorizar mudanças que mantenham níveis satisfatórios de sustentabilidade ambiental e equidade social (CAMPOS, 2005; MACIOROWSKI e SOUZA, 2018). Esse processo será de longo prazo e só terá sucesso se envolver todos os setores da sociedade e administração pública.

O incentivo ao uso de modos de transporte mais sustentáveis é uma estratégia que pode contribuir para a redução dos problemas de mobilidade urbana (VAN WEE, 2012). A caminhada e ciclismo promovem o bem estar, melhoram a saúde das pessoas e apresentam baixo impacto ambiental (PETERSEN E PEDROSO, 2021). Além disso, a utilização dos modos de transporte ativo promove cidades mais inclusivas, já que a gama de pessoas que podem ser usuárias abrange crianças, idosos e todos os tipos de pessoas. No entanto, a quantidade e qualidade da infraestrutura disponível ainda é insuficiente para motivar o aumento do tráfego de pedestres e ciclistas na maioria das cidades brasileiras. Há muitos problemas de falta de segurança e acessibilidade, portanto, é necessário cada vez mais investirmos na criação de infraestruturas que priorizem esses modos de transporte.

Os benefícios do uso de modos de transporte ativo justificam a necessidade de enfrentar os desafios e buscar alternativas para implantar infraestruturas que garantam a segurança e o conforto de pedestres e ciclistas. Nesse contexto, esse trabalho propõe um estudo a respeito do potencial de implantação de *greenways* nos fundos de vale de áreas urbanas. *Greenways* são vias muito comuns

em países como os Estados Unidos, Canadá e alguns países da Europa. Essas vias são usadas exclusivamente para o tráfego de pedestres e ciclistas. Segundo a revisão da literatura sobre *greenways*, conceitualmente elas causam pouco impacto ambiental (LITTLE, 1995), sendo assim, tornam-se uma alternativa para implantação em fundos de vale. Este estudo parte de uma avaliação do potencial em função de pontos de vista legal, ambiental, físico e a percepção dos moradores da cidade de estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

A configuração das cidades ocasionou aumento expressivo do uso de veículos motorizados individuais como principal modo de transporte dos cidadãos. No entanto, não há mais condições para manter o planejamento de transportes direcionado à priorização desses veículos. Os problemas consequentes dessa prática, causam prejuízos financeiros e sociais para toda a sociedade. É preciso encontrar alternativas para manter o funcionamento das cidades de maneira sustentável.

Por outro lado, o uso de modos de transporte não motorizados, como a bicicleta e caminhada, apresenta uma série de benefícios para as pessoas. Esses modos são mais sustentáveis, proporcionam mais saúde e bem estar de seus usuários, promovem maior equidade social, contribuem para a diminuição da poluição e ocupam menores espaços nas vias, demandando menos recursos de investimento (CAMPOS, 2006; MRKAJIC et al., 2015; PIERCY, et al. 2018). Apesar disso, a quantidade de pessoas adeptas aos modos de transporte ativo ainda é pequena. Portanto, é necessário criar alternativas e ambientes favoráveis para encorajar as pessoas a se tornarem usuárias da caminhada e bicicleta.

Uma das alternativas para incentivar essas pessoas é implantar infraestrutura adequada para a circulação segura dos pedestres e ciclistas (ZHOU et al, 2020). Além disso, não basta criar infraestrutura é preciso investir em campanhas de divulgação e fiscalização. Apesar do grande desafio para os gestores urbanos, esse incentivo tem a finalidade de reduzir os graves problemas de mobilidade e poluição urbana presentes nas cidades.

Simultaneamente aos problemas de mobilidade, os fundos de vale são áreas urbanas que deveriam ser preservados, mas recebem pouca atenção da administração pública, abrindo espaço para atitudes ilícitas e depredação do meio ambiente. A implantação de infraestruturas públicas nesses locais, poderia atrair os

olhares da população e administração pública, e favoreceria o surgimento de ações de restauração e preservação do meio ambiente.

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe a implantação de *greenways* em fundos de vale de áreas urbanas. As *greenways* têm diversas funções, e uma dessas é fornecer vias para transporte não motorizados. Essas vias podem ser implantadas em áreas de fundo de vale, devido a característica de linearidade, topografia relativamente plana e a possível conectividade desses locais com os possíveis pontos de interesse de uma determinada população.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a partir dos pontos de vista legal, físico, ambiental e de uma amostra de moradores da cidade de estudo, o potencial de implantação de *greenways* para transportes não motorizados, em fundos de vale de áreas urbanas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a possibilidade de implantação de *greenways* em fundos de vale, conforme a legislação vigente.
- Caracterizar física e ambientalmente o local de estudo: altimetria, índice UV, temperatura, umidade e qualidade do ar.
- Comparar dados altimétricos e ambientais dos fundos de vale com um trecho de vias urbanas, para fazer a confrontação das rotas e identificar se um ambiente é mais propício para o tráfego de pedestres e ciclistas.
- Elaborar um protótipo para coleta de dados ambientais em campo, por meio de um microcontrolador Arduino e sensores compatíveis.
- Elaborar projeto conceitual para propor a implantação de *greenway* no fundo de vale estudado.
- Coletar a opinião dos moradores da cidade de Londrina, com base na apresentação do projeto conceitual.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Essa dissertação é composta por cinco capítulos. No capítulo 1 é feita uma introdução do assunto a ser tratado, bem como é apresentado a justificativa e os objetivos pretendidos com a elaboração do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais assuntos a serem considerados para a análise do potencial de implantação de *greenways* em fundos de vale e para a criação de uma proposta de apresentação à população.

No capítulo 3 é apresentado o detalhamento do método que foi utilizado para construir o protótipo, coletar os dados no local de estudo, elaborar o projeto conceitual e questionário e como foi a disseminação desse questionário.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos por meio da consulta à legislação, coleta de dados no local de estudo e pesquisa de opinião da população.

O capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas por meio da realização desta pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse trabalho estuda o potencial de implantação de *greenways* em fundos de vale, com o intuito de encorajar as pessoas a adotarem os modos de transporte ativo em suas viagens cotidianas. Nesta seção serão apresentados os conceitos necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 GREENWAYS

As *greenways* surgiram nos Estados Unidos por volta do fim do século XIX e início do século XX. A partir dessa época, surgiu um movimento onde o arquiteto paisagista Frederick Law Olmsted foi considerado como precursor, devido à importância de seu projeto conhecido como *Emerald Necklace* nome dado à *greenway* Boston Park System (LITTLE, 1995, FABOS, 2004). O *Emerald Necklace* conecta as cidades de Boston, Brookline e Cambridge em Massachusetts, por meio de uma área de 4,45 km² de parques lineares. Até os dias atuais, o parque exerce importantes funções para o planejamento da região e para a sociedade, como recreação, transporte, controle de inundações e manutenção da qualidade da água e habitat da vida selvagem (CITY OF RALEIGH PARKS, 2015; FABOS, 2004). A Figura 1 mostra um trecho da *greenway* Emerald Necklace.

Figura 1 – Trecho da *greenway* Emerald Necklace, em Boston.



Fonte: <https://web-app.cuseum.com/?226#!/tours>, acesso em 13 de Dezembro de 2020.

Little (1995) define as *greenways* como espaços abertos, normalmente estabelecidos ao longo de locais que apresentam características lineares, por exemplo, em leitos de ferrovias desativadas, cadeias de montanhas, fundos de vale e outros. O uso mais frequente das *greenways* é para a realização de atividades físicas, lazer e recreação (SHAFER et al., 2000; WOLCH et al., 2014, KEITH et al., 2018). No entanto, essas vias têm a particularidade de serem multifuncionais, podendo ser usadas para uso recreacional, ecológico, cultural ou operar como vias para transporte não motorizado (FABOS, 1995, HANKEY et al., 2012). Essa característica multifuncional e suas funções sociais e políticas, torna as *greenways* significativamente diferentes de outros conceitos de planejamento paisagístico (FABOS, 2004). Por esse motivo, o planejamento das *greenways* deve considerar o uso do solo de maneira eficiente, para que os múltiplos usos sejam alcançados, considerando que isso é essencial para obter apoio econômico e político para a implantação de *greenways* (SUSTRANS, 2016).

A utilização das *greenways* como vias para transporte sustentável, resulta em benefícios para a sociedade, como a diminuição de tráfego motorizado, redução da poluição atmosférica e sonora e aumento da saúde e bem-estar da população (AKPINAR, 2016). Esse uso para transporte só é possível devido à conectividade característica das *greenways*. Além disso, a segregação do tráfego motorizado e não motorizado possibilitada pela implantação de *greenways*, pode encorajar uma gama mais diversificada de potenciais usuários do transporte ativo, incluindo a circulação de mulheres, adultos com crianças ou idosos, uma vez que as chances de acidentes com veículos motorizados são minimizadas (WINTERS et al., 2010a). Vale destacar que esse encorajamento só se torna factível se houver condições mínimas de conforto e segurança nas vias. Para proporcionar essas vias amigáveis ao tráfego de pedestres e ciclistas, as *greenways* devem possuir características de largura, inclinação e condição de superfície satisfatórios (SENES et al., 2017). (GOBSTER e WESTPHAL, 2004; REYNOLDS et al., 2007; KEITH et al., 2018).

As *greenways* também oferecem vantagens para o meio ambiente. Quando alocadas em áreas ribeirinhas, essas vias contribuem para a restauração e manutenção da qualidade da água e trazem benefícios para a fauna e flora local (FORMAN, 2014; HAO et al., 2015). Além disso, possibilitam a criação de corredores naturais de ventilação, que amenizam os efeitos das ilhas de calor, muito comuns nos

centros urbanos. As *greenways* localizadas em fundos de vale de áreas urbanas, podem contribuir para a preservação da vegetação e impedir que o desenvolvimento da cidade provoque impactos negativos para o meio ambiente (KEITH et al., 2018).

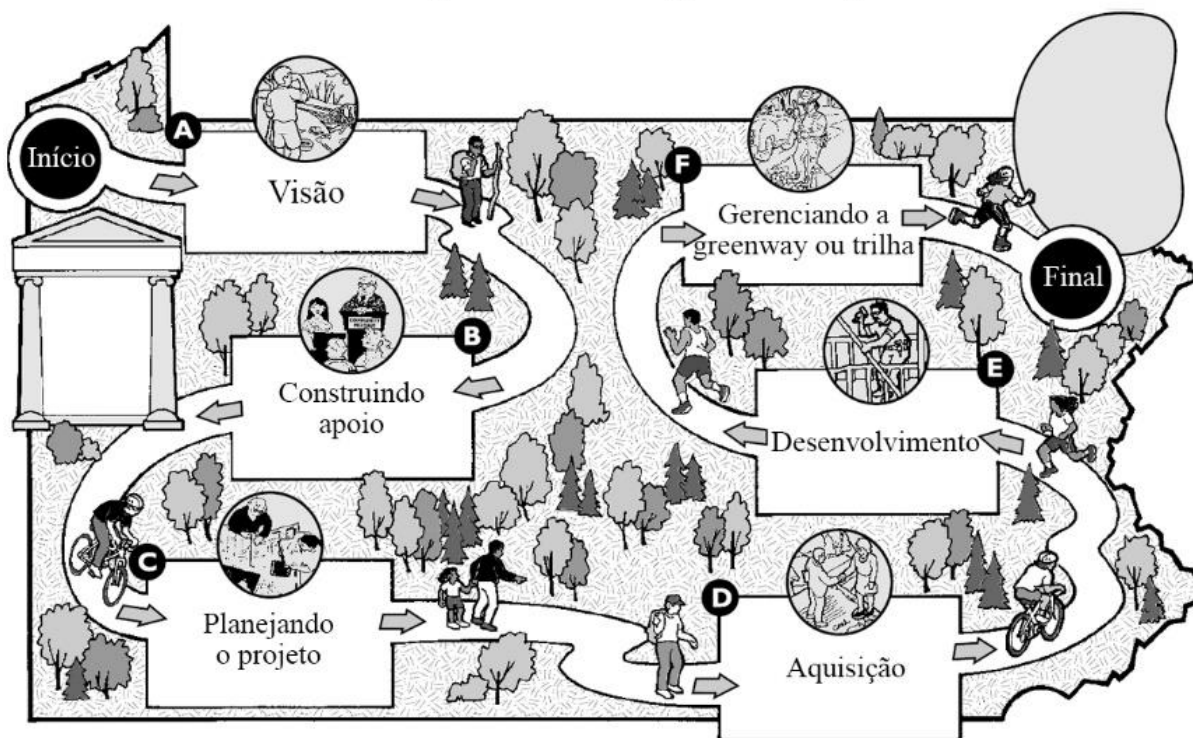
No Brasil, existem poucos estudos a respeito de *greenways*, (FRISCHENBRUDER e PELLEGRINO., 2006; CARASEK et al., 2017) embora algumas cidades já tenham determinadas infraestruturas que se assemelham como tais, essas, em geral, não formam redes e não se conectam com outros tipos de infraestrutura para pedestres e ciclistas e acabam por serem utilizadas exclusivamente para lazer e esporte. Com base nessa lacuna do planejamento de transportes das cidades brasileiras, esse trabalho propõe um estudo a respeito do potencial de implantação de *greenways* nos fundos de vale de áreas urbanas. Este estudo parte de uma avaliação em função dos pontos de vista legal, ambiental, físico e a percepção dos moradores da cidade de estudo.

2.1.1 Planejamento e Criação de *Greenways*

Em países como os Estados Unidos e Reino Unido, onde as *greenways* fazem parte do planejamento urbano, há uma vasta quantidade de documentos que fornecem diretrizes para o planejamento, construção, gerenciamento e manutenção dessas infraestruturas. A criação de *greenways* com base nesses documentos permite que todas as fases de implantação sejam planejadas, desde a ideia inicial até o gerenciamento das *greenways* construídas. Isso ajuda a obter os melhores resultados e conservar os recursos disponíveis. Dessa forma, esses manuais sugerem uma sequência de atividades a serem executadas. Exceto por algumas exceções, o caminho para o planejamento, criação e gerenciamento de *greenways* segue as etapas indicadas na Figura 2.

Figura 2 – Fases de criação de uma *greenway* ou trilha.

Fases de criação de uma *greenway* ou trilha



Fonte: Adaptado de JOHNSON, 1998.

As *greenways* surgem de uma visão, que pode partir de um morador, pessoa interessada ou poder público. Normalmente essa pessoa expõe essa visão para outras pessoas e, dessa forma, as recruta para transformar a ideia em realidade. (LITTLE, 1995; JOHNSON et al., 1998). O histórico das *greenways* revela que a participação dos cidadãos é essencial para alcançar resultados positivos. Essa implantação requer muito trabalho e envolve diversas disciplinas, se tornando quase impossível a realização por uma única pessoa. Sendo assim, envolver os cidadãos aumenta as chances de obter maior apoio social e econômico para levar o projeto adiante (CITY OF RALEIGH PARKS, 2015; SUSTRANS, 2016). A primeira fase de implantação de *greenways* consiste em criar grupos de apoiadores interessados em trabalhar voluntariamente para colocar a ideia em prática (GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998). Seguindo este raciocínio, o estado de Vermont recomenda por meio de seu manual (GIBSON et al., 2005), a criação de comitês com número suficiente de pessoas para realizar reuniões de maneira eficiente e distribuir as tarefas. Esses comitês têm responsabilidades como: solicitar a opinião pública, fazer

campanhas de educação ao público, motivar a entrada de novos participantes, organizar eventos e outras atividades (JOHNSON et al., 1998).

Após a fase de visão do projeto, é recomendado a realização de um levantamento das características físicas da região que receberá as potenciais rotas das *greenways* (JOHNSON et al., 1998). Esse levantamento auxilia as tomadas de decisões sobre quais locais são ideais para alocar as rotas e possibilita a redução de impactos negativos para o meio ambiente. Esse levantamento pode ser realizado por meio de visitas locais e criação de mapas em plataformas SIG (GIBSON et al., 2005). É importante que esses mapas contenham informações como localização de rios, córregos e pântanos, ferrovias abandonadas, vias locais, terras públicas, edifícios históricos e pontos de interesse da população em geral (JOHNSON et al., 1998).

De posse dessas informações, é possível criar um projeto conceitual para compartilhar a proposta com a população local e apresentá-los ao conceito de *greenways* para obter maior engajamento dessas pessoas. Nesse sentido, o projeto conceitual funciona como uma ferramenta de comunicação com o público e por isso tem devida importância dentro das fases de planejamento e implantação de *greenways*. Os manuais de Vermont (GIBSON et al., 2005) e Pennsylvania (JOHNSON et al., 1998), indicam a criação de um projeto conceitual como uma das primeiras etapas desse processo. A partir da criação do projeto conceitual, novas etapas podem ser desenvolvidas.

As etapas seguintes contemplam a recrutação de mais apoiadores e coleta da percepção da população sobre as propostas apresentadas. O envolvimento da população com o projeto, favorece a aceitação das pessoas sobre o mesmo, ajuda a manter a via bem cuidada após construída e contribui para a adequação do projeto às suas realidades (GIBSON et al., 2005).

Ocasionalmente as *greenways* passam por terrenos privados e será necessário dialogar com os respectivos proprietários, a fim de estabelecer a melhor situação para todos os envolvidos. As etapas seguintes envolvem obtenção de apoio financeiro para a construção e organização do gerenciamento das *greenways*. Nessas etapas, é primordial o trabalho conjunto da administração pública e população, somente assim a implantação de *greenways* terá êxito (CITY OF RALEIGH PARKS, 2015; SUSTRANS, 2016)

2.1.2 Design e Layout de *Greenways*

Conforme as fases de planejamento da *greenways* se desenvolvem e o projeto conceitual é discutido entre a população e administração pública, a opinião das pessoas vai sendo agregada ao projeto e, conseqüentemente, é gerado um refinamento desse projeto, segundo a percepção pública (GIBSON et al., 2005).

Algumas das principais características que devem ser consideradas durante a concepção de projeto para *greenways* em fundos de vale são os recursos hídricos, inclinação da via, topografia, pontos de interesse, tipo de revestimento, cruzamentos com outras vias e interseções com outras *greenways*, entre outras (GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998).

Os recursos hídricos atraem mais pessoas e por isso valorizam e aumentam a popularidade das *greenways*, no entanto, os rios, riachos e demais cursos d'água devem receber tratamento adequado para restaurar e manter a qualidade da água. Essas práticas facilitam a obtenção de possíveis licenças ambientais necessárias para a construção da *greenway* (GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998).

Independente do tipo de revestimento, a pista da *greenway* deve ter inclinação transversal para evitar que a água de chuva fique empocada, causando danos na via. No que diz respeito a topografia, a via deve seguir o perfil do terreno sempre que possível, respeitando os limites de declividade para garantir a acessibilidade de pedestres e ciclistas (GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998)..

A ligação da *greenway* com pontos de interesse aumenta as chances de uso da via para fins de transporte, por isso o levantamento desses locais na fase de caracterização física é importante para garantir que o traçado horizontal das *greenways* conecte a maior parte possível desses pontos de interesse (GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998).

O revestimento da *greenway* pode ser de diversos tipos de materiais, como por exemplo: solo, concreto, material betuminoso, pedriscos, etc. A escolha desses materiais deve considerar as características do local de implantação. Devem ser evitados solos arenosos, pois prejudicam a estabilidade da pista (GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998).

O cruzamento da *greenway* com vias para transporte motorizados é de extrema preocupação durante o planejamento de implantação de *greenways*. Isso

porque um cruzamento inseguro pode provocar receio entre as pessoas, principalmente entre aquelas que possuem alguma limitação física. Dessa forma, é preciso considerar o correto dimensionamento das travessias. De preferência, os cruzamentos devem ser planejados em ângulos retos, para encurtar as distâncias de travessia e aumentar a segurança (CITY OF RALEIGH PARKS, 2015; GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998).

A ligação de uma *greenway* com outras infraestruturas destinadas a pedestres e ciclistas, favorece a criação de uma rede que tem o poder de incentivar o uso de modos de transporte não motorizados, dessa forma, é importante considerar possíveis conexões da *greenway* planejada (CITY OF RALEIGH PARKS, 2015; GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998).

O planejamento de acessibilidade da *greenway* é fundamental para garantir o acesso de todas as pessoas ao espaço. Dessa forma, é necessário dimensionar os acessos destinados as pessoas com limitações e deficiências físicas. Além disso, a via deve respeitar os limites de declividades exigidos por norma para possibilitar o tráfego dessas pessoas. Quando necessário, pode-se fazer rampas diagonais em alguns trechos (GIBSON et al., 2005; JOHNSON et al., 1998).

Nesse capítulo foram apresentadas algumas observações importantes para a concepção do projeto de *greenways*, no entanto, há muitos outros fatores a serem considerados. Os manuais de outros países podem ser utilizados como base para a criação de um manual específico para as características brasileiras.

2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE PROTEÇÃO DE FUNDOS DE VALE.

A Lei nº 12.651, publicada em 25 de maio de 2012, comumente conhecida como Código Florestal Brasileiro estabelece as normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012). Essa lei determina que tanto nas zonas rurais quanto nas urbanas, todos os cursos d'água naturais perenes e intermitentes devem ter uma faixa marginal de preservação da mata nativa, denominada como Área de Preservação Permanente (APP). As APP's devem ter uma largura mínima, definida conforme a dimensão do curso d'água e essa dimensão é contada a partir da borda da calha do leito regular (BRASIL, 2012). De acordo com o Código Florestal, a largura mínima da faixa da Área de Preservação Permanente para cursos d'água é correspondente aos valores da Tabela 1.

Tabela 1 – Larguras mínimas da faixa de Áreas de Preservação Permanente.

Largura do curso d'água	Largura mínima da faixa de proteção
Menos de 10 metros	30 metros
Entre 10 e 50 metros	50 metros
Entre 50 e 200 metros	100 metros
Entre 200 e 600 metros	200 metros
Mais de 600 metros	500 metros

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2012.

Além disso, o Código Florestal determina que as áreas no entorno de nascentes também são consideradas como Áreas de Preservação Permanente e devem ter devem raio mínimo de 50 metros. O entorno de lagos e lagoas naturais devem possuir uma faixa de no mínimo 30 metros de largura de preservação permanente em áreas urbanas (BRASIL, 2012).

A seção II do Código Florestal estabelece o regime de proteção das Áreas de Preservação Permanente. De acordo com o artigo 7º dessa seção o proprietário da área é responsável pela manutenção e preservação da vegetação nativa das APP's. Já o artigo 8º declara que a intervenção ou retirada da vegetação somente será permitida em casos de utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental. Por fim segundo o artigo 9º, o acesso de pessoas e animais às APP's é permitido somente para a realização de atividades de baixo impacto ambiental.

Em Londrina, a Lei de Uso e Ocupação do solo denominada como Lei nº 12.236, de 29 de Janeiro de 2015, define as áreas de fundos de vale como “Áreas Especiais de Fundo de Vale e Preservação Ambiental” (ZE4), determinando que são zonas de preservação permanente onde podem ser incorporados praças e devem ser mantidas as áreas verdes (LONDRINA, 2015).

2.3 EXPOSIÇÃO DOS PEDESTRES E CICLISTAS A FATORES AMBIENTAIS

Os usuários dos modos de transporte não motorizados estão mais expostos às condições climáticas e ambientais em relação aos usuários de veículos motorizados. Isso ocorre porque os usuários do transporte ativo não possuem uma carroceria protegendo-os dessas condições (POLEDNIK e PIOTROWICZ, 2020).

No caso dos ciclistas, essa exposição é agravada pela proximidade do tráfego motorizado e pela necessidade de respiração mais intensa para realizar o deslocamento da bicicleta (BIGAZZI E FIGLIOZZI, 2014). Ainda que a bicicleta promova um ganho de saúde para quem a utiliza, essa exposição além de ser fator desestimulante para o uso, também pode causar alguns problemas, a curto e longo prazo. Pedalar sob condições extremas de calor, por exemplo, pode causar dificuldades para respirar, desidratação e hipertermia (TARINI *et al.*, 2005; GOMES *et al.*, 2014).

Nos itens seguintes são descritos alguns dos impactos sobre a poluição do ar e raios UV para os usuários dos modos de transporte não motorizados.

2.3.1 Poluição Do Ar

O tráfego de veículos motorizados é uma das fontes primárias de poluição atmosférica global. Todos os cidadãos estão sujeitos à exposição das partículas liberadas pelos veículos, em determinado momento de suas vidas (VALAVANIDIS *et al.*, 2008). Algumas situações favorecem uma maior ou menor exposição. Por exemplo, os níveis de liberação de partículas poluentes variam de acordo com fatores como a composição da frota, velocidade dos veículos e condições meteorológicas, porém os níveis mais altos se encontram em vias onde há maior movimentação de tráfego (PETERS *et al.*, 2014). O tempo gasto em viagens, padrão de deslocamento e escolha do modo de transporte também influenciam no nível de exposição das pessoas à essas partículas (PETERS *et al.*, 2014).

A exposição prolongada às partículas derivadas do trânsito pode provocar problemas sérios para a saúde humana e contribuir para o surgimento de doenças graves como o desenvolvimento de asma, redução da capacidade respiratória, danos no sistema nervoso central e problemas cardiovasculares (VALAVANIDIS *et al.*, 2008, WEICHENTHAL *et al.*, 2012, BRUGGE *et al.* 2007, LEE

et al. 2019).

Existem alguns estudos que analisam a exposição do pedestre a partículas poluentes originadas pelo tráfego de veículos (CHOI et al., 2018; RAKOWSKA et al., 2014; POLEDNIK e PIOTROWICZ, 2020). Polednik e Piotrowicz (2020) estudaram essa exposição em uma calçada movimentada de Lublin, na Polônia, nas quatro estações do ano e em diferentes períodos do dia. Nesse estudo eles identificaram que os maiores níveis de exposição foram encontrados nos cruzamentos de quatro vias movimentadas, durante o período do dia e no outono.

Também há diversos estudos que investigam a exposição de ciclistas às partículas poluentes liberadas pelos veículos motorizados. Quando comparados com usuários de outros modos de transporte, os ciclistas estão mais expostos ao risco de inalação de partículas ultrafinas, do que os usuários de carros e ônibus (NAZELLE et al., 2017, BOOGAARD et al., 2009, BIGAZZI E FIGLIOZZI, 2014). Essa exposição se justifica porque o ciclista trafega mais próximo do tráfego, sem a proteção da carroceria dos veículos (QIU, 2019) . Segundo MacNaughton et al. (2014) essa exposição pode ser minimizada com a adoção de ciclovias separadas das faixas de tráfego.

O incentivo ao uso de modos de transporte mais sustentáveis pode contribuir para a minimizar as emissões de gases poluentes na atmosfera, visto que possibilita a redução do uso de modos motorizados. Por outro lado, implantar infraestruturas para pedestres e ciclistas em áreas que apresentam menores índices de poluição atmosférica, como áreas arborizadas, pode reduzir os níveis de exposição dessas pessoas.

2.3.2 Raios UV

Os raios ultravioleta são extremamente necessários para possibilitar a existência de vida na Terra (DOS SANTOS E FURLAN, 2008). As características do Brasil favorecem altos níveis de exposição solar para pedestres e ciclistas. No entanto, essa exposição ao longo dos anos é a principal causa de diversos malefícios à saúde humana, como o envelhecimento precoce e surgimento dos tipos mais comuns de cânceres de pele (KIMLIN *et al.*, 2006).

O câncer mais frequente registrado no Brasil é o de pele, do tipo não melanoma. Segundo o INCA (2018) essa neoplasia representa cerca de 30% das

ocorrências. Além do câncer, existem aproximadamente outros 40 tipos de doenças que podem ser causadas pelo excesso de exposição solar (JUCHEM, *et al.*, 2001).

Existem diversos estudos a respeito da exposição dos ciclistas a radiação ultravioleta. O estudo de Willians *et al.* (1989), por exemplo, dá suporte para a premissa de que os ciclistas estão mais expostos ao excesso de radiação ultravioleta, pois identificou a presença de melanoma, que é o tipo mais grave de câncer de pele, em pessoas que praticavam o ciclismo como forma de lazer nos finais de semana.

Em Utah foi realizado um estudo que mediu a exposição aos raios UV entre ciclistas de lazer e atletas profissionais durante o período do verão, por meio de dosímetros UV (CURTIS, 2012). Os resultados desse estudo mostraram que ambos tipos de ciclistas excederam os níveis recomendáveis de exposição aos raios ultravioleta (CURTIS, 2012). Já Kimlin *et al.* (2006) utilizaram dosímetros de polissulfone para medir a diferença do nível de exposição de diferentes partes do corpo de ciclistas. As partes analisadas foram o dorso da mão, parte posterior do tornozelo e laterais e topo da cabeça. Nesse estudo foi identificado que o topo da cabeça é a parte do corpo que mais recebe incidência de raios ultravioleta, porém as outras partes analisadas também apresentaram altos índices de absorção.

Embora os estudos sobre exposição de ciclistas tenham constante enfoque em atletas, os ciclistas que utilizam a bicicleta em viagens pendulares também estão expostos praticamente todos os dias. Além disso, os pedestres também estão expostos, embora não tenha sido encontrado nenhum estudo específico sobre os efeitos da exposição dessas pessoas à radiação solar. Por isso, encontrar estratégias que minimizem a incidência de raios UV pode ter grande importância na prevenção de doenças causadas pelo excesso de radiação solar. Nesse sentido, estudos confirmam que as árvores tem potencial para diminuir a quantidade de radiação solar que atinge a superfície da Terra (GRANT *et al.*, 2002; WAI *et al.*, 2017). Sendo assim, as *greenways* podem ter capacidade de proteger as pessoas dos altos níveis de exposição solar devido a presença de vegetação densa.

2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM A ESCOLHA DE PEDESTRES E CICLISTAS

Os vários estudos existentes a respeito dos fatores que influenciam a escolha por modo e rota de pedestres e ciclistas podem contribuir para a análise da

possibilidade de uso das *greenways* para fins de transporte. Sendo assim nesta seção serão apresentados alguns fatores para tais escolhas encontrados em estudos.

2.4.1 Escolha Pelos Modos Não Motorizados

A escolha por modos de transporte abrange diversos fatores. O tempo, distância e motivo de viagem, por exemplo, são alguns fatores que podem determinar essa escolha. Devido as características dos modos de transporte não motorizados, algumas condições específicas podem contribuir ou não para a escolha desses modos.

Os fatores que influenciam a escolha do modo a pé foram estudados por Larrañaga *et al.* (2009), por meio de entrevistas individuais. Nesse estudo foi identificado que os principais motivadores para a utilização desse modo foram: a proximidade de comércios e serviços, distâncias curtas de viagens e o desejo de realizar exercícios físicos. Outros fatores foram identificados como facilitadores, tais como: redução do custo, não possuir um automóvel e redução do tempo de viagem visto que não é necessário procurar um lugar para estacionar, entre outros. Entretanto, esses facilitadores não foram considerados como determinantes para a escolha do modo a pé.

Já os fatores limitantes para a escolha do modo a pé, encontrados no estudo de Larrañaga *et al.* (2009) foram os seguintes: falta de segurança pública, distância de viagens muito longas, medo de realizar deslocamento no período noturno e limitações físicas. Fatores como excesso de tráfego nas vias, topografia acidentada, ausência de calçadas em bom estado, obstáculos nas calçadas impedindo a passagem de pedestres e poluição ambiental foram citados como importantes, mas não foram considerados como limitantes na escolha do modo a pé.

Em relação a escolha do modo bicicleta existem particularidades, visto que os ciclistas necessitam realizar maior esforço físico para se deslocar. Implantar infraestrutura como as ciclovias e ciclofaixas, por exemplo, é um importante facilitador para o tráfego de bicicletas (DILL E CARR, 2003; FLYNN, 2012). Diversos outros fatores influenciam a escolha por esse modo de transporte, por exemplo, o clima é relatado como um dos principais influenciadores na escolha da bicicleta como modo de transporte (LIU *et al.*, 2017). Dessa forma, as condições climáticas podem

estimular ou servir como barreira ao uso da bicicleta (BATTISTON *et al.*, 2017).

Entre os fatores climáticos que mais afetam a decisão de usar a bicicleta para realizar viagens, destacam-se a temperatura e precipitação (PARKIN *et al.*, 2007; FLYNN, 2012). De acordo com Saneinejad *et al.* (2012) em baixas temperaturas o uso de veículos motorizados cresce consideravelmente. Contribuindo para essa constatação, o estudo de Flynn *et al.* (2012) demonstrou que o aumento de um grau na temperatura, expandiu a probabilidade de uso da bicicleta em aproximadamente 3%. Por outro lado, Sabir (2011) constatou que o número de usuários da bicicleta em viagens diárias apresenta uma variação em forma de distribuição normal, sendo que aumenta simultaneamente com a temperatura até os 25°C e a partir daí decresce, demonstrando que as pessoas preferem pedalar sob temperaturas mais amenas.

Oliveira (2012) identificou que em dias muito quentes, na cidade de Florianópolis, as pessoas deixam de usar a bicicleta e adotam outro modo de transporte para realizar suas viagens. A maioria dos entrevistados desse estudo acredita que a sensação de calor extremo está relacionado com a falta de arborização e com o excesso de veículos motorizados nas vias, e por isso esses entrevistados consideram que as árvores são benéficas para aumentar o conforto térmico de suas viagens. Ainda segundo Oliveira (2012), a implantação de ciclovias e ciclofaixas seriam os principais estímulos para o uso da bicicleta como modo de transporte.

O ambiente construído também é um fator que contribui para a tomada de decisão referente ao uso da bicicleta como modo de transporte. Winters *et al.* (2010a) encontrou que as chances de andar de bicicleta aumentavam em locais mais planos, com menor presença de vias arteriais, existência de sinalização adequada, uso misto do solo e maior densidade populacional.

Em outro estudo realizado no Brasil, Stein e Silva (2018) investigaram quais eram as barreiras e motivadores para o uso do transporte sustentável para realizar viagens até um campus universitário na cidade de São Carlos. Os resultados desse estudo mostraram que 16,7% dos estudantes e funcionários entrevistados estão dispostos a trocar o modo de transporte utilizado, sendo que entre essas pessoas 27,1% afirmaram que gostariam de ir caminhando, enquanto 46,2% apontaram a preferência pela bicicleta. Entre os principais fatores para não utilizar a bicicleta detectados nesse estudo encontram-se em ordem decrescente de importância: a necessidade de realizar paradas adicionais no trajeto (principalmente

entre os funcionários, para levar crianças na escola, etc), a posse de carro, condições climáticas desfavoráveis, risco de acidentes envolvendo veículos motorizados e a inexistência de ciclovia conectando a origem da viagem ao campus universitário. Já entre os motivadores para o uso da bicicleta destaca-se o benefício gerado para a saúde dos ciclistas como principal resultado apontado.

Em estudo realizado na cidade de Londrina-PR, Ricieri *et al.* (2017) identificaram que há pessoas dispostas a utilizar a bicicleta para realização de deslocamentos diários. Foi identificado ainda, que não há preconceito significativo em relação a esse uso, entre os entrevistados. No entanto, esses estudo constatou que para aumentar as taxas de ciclistas na cidade, são necessários investimentos em medidas de incentivo, tal como criar uma rede cicloviária que possibilite o acesso da população aos pontos de interesse. Atualmente a infraestrutura cicloviária de Londrina possui trechos espalhados, que não formam uma rede e nem fornecem acessos a outros modos de transporte (SILVA JÚNIOR E FONTENELE, 2015). Segundo os autores Silva Júnior e Fontenele (2015) esse é um fator que estimula o uso da bicicleta apenas para atividades esportivas e recreacionais.

A partir dos estudos citados, nota-se que as *greenways* podem contribuir para aumentar a escolha pelos modos não motorizados, visto que estas vias podem amenizar diversos fatores considerados como limitantes para essa escolha. As *greenways* têm potencial para fornecer vias seguras destinadas a pedestres e ciclistas acessarem diversos pontos de comércio e serviços. Sendo assim, a implantação de *greenways* em fundos de vale parece ser uma boa alternativa para promover a mobilidade sustentável em áreas urbanas.

2.4.2 Escolha De Rota

Os pedestres e ciclistas nem sempre optam pela rota de menor caminho, existem diversos fatores que podem influenciar a escolha dessas rotas e que podem ser decisivos para a preferência por uma rota mais longa. Sarjala (2019), por exemplo, identificou que a densidade de interseções e a existência de encostas muito íngremes são características fortemente evitadas por pedestres e ciclistas.

Barros *et al.* (2015) encontraram que a escolha de rota por pedestres leva em consideração fatores como conforto, segurança e forma urbana. Segundo os autores, esses indivíduos têm preferência por rotas mais arborizadas em dias

ensolarados, boa iluminação em períodos noturnos, calçadas com pavimentação de qualidade e que não tenham obstáculos que prejudiquem a acessibilidade à rota, principalmente entre as pessoas com limitações físicas.

O estudo de Winters *et al.* (2010b) apontou que os ciclistas preferem percorrer caminhos mais longos do que os mínimos possíveis, desde que estes trajetos sejam equipados com facilitadores de tráfego de bicicleta, tais como: bicicletários, ciclovias e sinalização. Além disso, foi identificado que esses usuários evitam o deslocamento por vias arteriais, onde é comum encontrar um alto volume de tráfego de veículos motorizados, e conseqüentemente optam por rotas com menores concentrações de poluição do ar.

Outro fator que contribuiu para que os ciclistas do estudo de Winters *et al.* (2010b) optassem por caminhos mais longos foi a quantidade de cobertura verde disponível na rota. Nesse sentido, Souza e Sanches (2019) também identificaram que a arborização tem impacto na escolha de rota de ciclistas, visto que grande parte dos entrevistados desse estudo consideraram a vegetação como fator importante para proporcionar viagens mais agradáveis. Segundo as autoras, além da arborização, também foi identificado que mais da metade dos entrevistados se preocupam com a poluição do ar, embora este fator não seja decisivo para a escolha de rota. Entre as principais preocupações em relação a escolha de rotas segundo Souza e Sanches (2019), destacam-se a opção por caminhos mais curtos, seguros, iluminados e com boa pavimentação.

Conforme visto nos estudos citados, os pedestres e ciclistas têm preferência por caminhos equipados com infraestrutura que lhes garanta segurança em trafegar próximo ao trânsito motorizado. Além disso, sempre que possível essas pessoas preferem percorrer rotas arborizadas, mesmo em situações que essas rotas tenham extensões mais longas que o caminho mínimo. Esses achados contribuem para a concepção de que as *greenways* seriam atrativas para as escolhas de rotas de pedestres e ciclistas.

2.5 NORMAS BRASILEIRAS SOBRE IMPLANTAÇÃO DE VIAS PARA TRANSPORTE NÃO MOTORIZADO.

O projeto de implantação de vias para transporte não motorizado possui diretrizes muito similares entre si, visto que os usuários desses modos utilizam

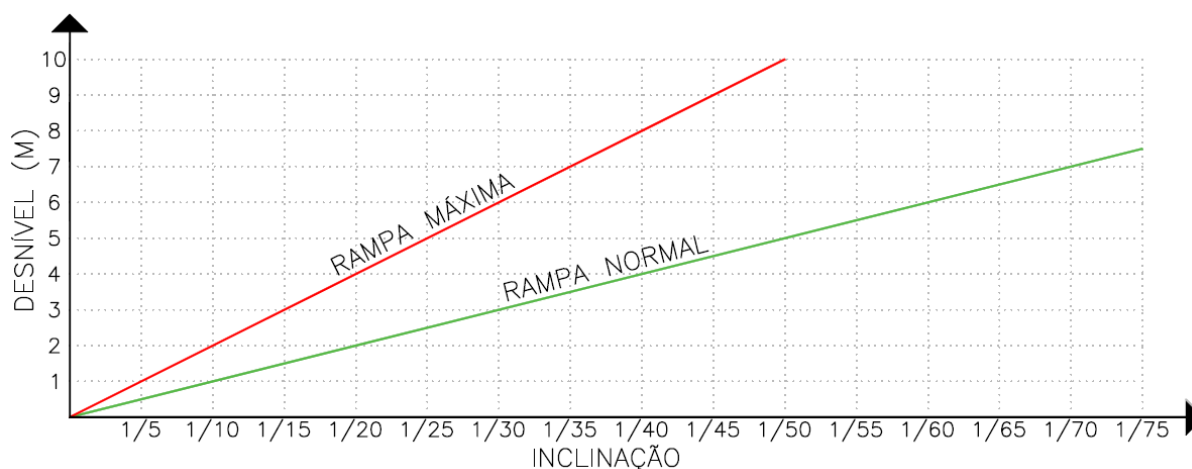
a própria força humana para realizar o deslocamento. É importante respeitar essas diretrizes pois elas possibilitam a circulação segura de pedestres e ciclistas, e por isso podem motivar mais pessoas a aderirem esses modos. Dada a importância dessas diretrizes são realizadas algumas considerações a seguir.

As calçadas possuem diretrizes de projeto determinadas pelos municípios. Em Londrina, por exemplo, a Prefeitura disponibiliza um documento denominado Padrão de Calçadas (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA, 2019). Esse documento compreende uma série de orientações que possibilitam a construção de calçadas adequadas, uniformes e acessíveis a todos os pedestres, mesmo aqueles com mobilidade reduzida. De uma forma geral, as calçadas não devem possuir degraus, mudança de níveis repentinas ou inclinações acentuadas. Também não devem ser colocados obstáculos que impeçam a passagem de pedestres.

Já em relação ao transporte cicloviário, as diretrizes de projeto de infraestrutura são recentes e surgiram da necessidade de promover o uso da bicicleta como modo de transporte. Dessa forma, em 2007, o Ministério das Cidades lançou o Caderno de Referência para Elaboração do Plano de Mobilidade por Bicicletas nas Cidades, pertencente ao Programa Bicicleta Brasil. Esse Caderno fornece algumas orientações a respeito das características básicas para a implantação de infraestrutura cicloviária. Dentre as principais, pode-se citar a inclinação das rampas, largura mínima e revestimento.

Assim como nas calçadas, deve-se ter o cuidado em respeitar as inclinações máximas das rampas. Esse fator é muito importante, pois a criação de ciclovias e ciclofaixas com rampas muito acentuadas desestimula o uso do transporte cicloviário. Portanto, as rampas do greide das ciclovias e ciclofaixas devem ser suavizadas sempre que possível. Para isso existem valores determinados para rampa normal e máximo admissível que são apresentados na Figura 3. Nota-se que os valores são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior for o desnível a ser vencido, menores são os valores de inclinação recomendados (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Figura 3 - Rampas normais e rampas máximas admissíveis em função do desnível a vencer.



Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2007).

Outra característica importante a ser considerada é a largura mínima das ciclovias e ciclofaixas. Deve-se sempre considerar a faixa de espaço útil do ciclista, ou seja, o espaço necessário para o ciclista conseguir se movimentar livremente (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). O Caderno de Referências (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007) apresenta valores de largura mínima para ciclovias e ciclofaixas com base no volume horário de ciclistas. Ainda segundo esse documento, as ciclofaixas devem ter sempre sentido unidirecional, sendo que apenas as ciclovias podem ter sentido bidirecional.

Sobre o revestimento das ciclovias, o Caderno de referências aponta para três alternativas sendo concreto, material betuminoso ou apenas chão batido (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). A terceira opção parece ser a alternativa que causa menor impacto para o meio ambiente, sendo passível de ser adotada para as *greenways* em fundos de vale. No entanto, nesses casos torna-se necessário desempenar e regularizar o pavimento com certa frequência para prevenir deformações devido a ocorrência de chuvas e dificultar a formação de poças d'água (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

O Caderno de referência recomenda ainda que as cidades implantem espaços públicos que estimulam a vivência, onde apenas é permitido o acesso de modos de transporte não motorizados. O intuito dessa recomendação é proporcionar locais mais saudáveis, com menores índices de poluição atmosférica e sonora. Além disso, o Caderno sugere que a presença de vegetação na extensão desses locais

pode ser um atrativo para aumentar as viagens por transporte ativo, pois as árvores proporcionam sombra e aumentam o conforto dos usuários (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Como pôde ser visto a partir das referências, os fundos de vale parecem fornecer condições apropriadas para a circulação de pedestres e ciclistas. Isso porque a topografia desses locais costumam ser suaves, favorecendo a criação de rampas mínimas. Além disso, a vegetação pode proporcionar ambientes saudáveis de vivência entre as pessoas. Por isso, torna-se necessário avaliar se é possível implantar *greenways* nos fundos de vale, atendendo as demais diretrizes de projeto de vias para transporte não motorizado.

2.6 UTILIZAÇÃO DE SENSORES ARDUINO PARA MONITORAMENTO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS

O uso de sistemas de monitoramento convencionais tem custos elevados e geralmente apresenta limitação na quantidade de coleta de dados, devido a necessidade de permanecer fixo em um único local (IDRESS, 2018). Uma alternativa a esses aparelhos convencionais tem sido o uso de sensores compatíveis com o microcontrolador Arduino. Atualmente, diversos trabalhos de monitoramento de parâmetros ambientais tem sido realizados por meio desse microcontrolador, principalmente pelo baixo custo e alto nível de acessibilidade dos sensores. Alguns exemplos de aplicação dos sensores utilizados nesse trabalho são apresentados nesta seção.

O trabalho de Morales (2018) desenvolveu e validou um dispositivo de medição de raios ultravioleta, na cidade de Bauru. O autor desenvolveu dois protótipos, sendo que em um deles utilizou o sensor UVM-30A conectado a uma placa de Arduino UNO R3 Rev3 Atmega328. Nesse estudo, os dispositivos foram instalados em um local conveniente, a cerca de 3 metros de altura. Os resultados apresentados pelo dispositivo de Arduino foram validados por meio de comparação com dados de quatro sites de monitoramento climático (Wheather Online, INPE, Climatempo e IPMET Bauru). Esses dados demonstraram que o dispositivo teve um funcionamento estável, pois ocorreram poucos travamentos e as médias registradas pelo sensor UVM-30A foram muito próximas as registradas nos sites de monitoramento.

Um sistema de monitoramento ambiental foi desenvolvido por Wong

et al. (2014). Esse sistema foi denominado como Integrated Environmental Monitoring System (IEMS), e consistia em uma plataforma para coletar dados ambientais em tempo real. Nesse sistema foram utilizados os sensores UVM-30A e DHT22, sendo que para a realização do controle do teste foram utilizados dados de raios ultravioleta registrados pelo *Hong Kong Observatory* (HKO) e um Anemômetro Termohigro Luxímetro Digital modelo LM-8000 Lutron, respectivamente. Os resultados mostraram que as leituras do sensor UVM-30A estavam correlacionadas com os registros do HKO, e por isso os resultados do sensor foram considerados aceitáveis. Já o sensor DHT22 apresentou leituras de temperatura com média de 0,7°C mais altas que o anemômetro, enquanto a umidade registrada foi em média 9,54% mais elevadas.

Outro trabalho que aplicou o sensor DHT22 foi o sistema de aquisição e armazenamento de dados de temperatura e umidade, desenvolvido por Mota *et al.* (2018) para ser acessível a pequenos produtores agrícolas. Nesse trabalho o sensor foi testado em comparação com dados de duas estações meteorológicas automáticas. Para isso foram realizadas análises estatísticas que demonstraram a existência de correlação entre os dados coletados pelo sensor e pelas estações meteorológicas, sendo que o valor mínimo encontrado para o coeficiente de correlação foi de 0,87, considerada como forte.

2.7 PROJETO CONCEITUAL

Os métodos utilizados tradicionalmente no planejamento de transportes podem algumas vezes não refletir as reais necessidades da população (BOOTH e RICHARDSON, 2001). Entretanto, a comunidade de moradores é diretamente atingida pelas tomadas de decisões referentes ao planejamento de transportes. Por isso é importante que os administradores também analisem a opinião da população, para entender os problemas únicos que as pessoas daquele local enfrentam no dia-a-dia e, dessa forma, oferecer alternativas que melhorem o funcionamento do sistema (VICTORIA STATE GOVERNMENT, 2016). Sendo assim, investir em métodos que dependam da participação dos moradores, pode contribuir para uma coleta de dados mais inclusiva que retrata as necessidades e padrões de viagens da população de maneira mais adequada. Isso evita que dinheiro público seja investido em construções de infraestruturas que posteriormente serão sub-utilizadas.

O projeto conceitual é uma ferramenta muito utilizada em diversos

segmentos. Uma das funções dessa ferramenta é obter o *feedback* de determinado público alvo, antes de colocar o projeto em prática (GOMES, 2018). Por meio do projeto conceitual é possível apresentar e explorar todas as possibilidades para solucionar um determinado problema (CITY OF MELBOURNE, 2019).

No campo de transportes, o projeto conceitual vem sendo amplamente utilizado, com o objetivo de estabelecer uma via de comunicação direta entre a população e os planejadores (GOMES, 2018). Gomes (2018) avaliou o uso de projeto conceitual para integrar a opinião da população a respeito de ações realizadas no sistema de transportes. Na ocasião, foi apresentado um projeto conceitual que propôs a implantação de sistema de compartilhamento de bicicletas em um campus universitário. O estudo concluiu que o projeto conceitual é uma ferramenta aceitável para obter *feedback* do público alvo, estando apto para coletar sugestões que podem auxiliar e melhorar a concepção do projeto executivo.

Outros exemplos de aplicação do projeto conceitual no campo de transportes podem ser encontrados na Austrália. Como no estado de Victoria, que possui uma Organização Governamental que realiza o desenvolvimento e gerenciamento das principais vias arteriais e rodovias que dão suporte ao transporte público e privado do estado. Essa Organização é denominada VicRoads. Por meio de um site, são disponibilizados os projetos em andamento, planejados ou concluídos. Os interessados podem fornecer *feedbacks* dos projetos apresentados e discutir as opções. Além disso, a Organização mantém contato próximo com a população por meio de site e redes sociais (VICTORIA STATE GOVERNMENT, 2016).

A cidade de Melbourne, também na Austrália, implantou um sistema online para apresentar à população os projetos referentes a cidade e realizar uma consulta pública aos moradores sobre as propostas. O projeto é denominado como *Participate Melbourne*. Entre os projetos conceituais pode-se encontrar propostas relacionadas a área de transportes. Um exemplo de aplicação em Melbourne pode ser citado pela proposta de readequação da *Elizabeth Street* (CITY OF MELBOURNE, 2019). Essa rua se caracteriza por ser a entrada para o comércio de Melbourne e servir como principal rota de transporte. Por isso, a rua comporta diversas atividades de comércio e modos de transportes. Visto que o espaço para a mobilidade urbana estava cada vez mais restrito, foi proposto uma adaptação que facilitará a circulação de pedestres, ciclistas e transporte público. Foram realizadas diversas consultas a comunidade, residentes, empresas e proprietários de imóveis do entorno da *Elizabeth*

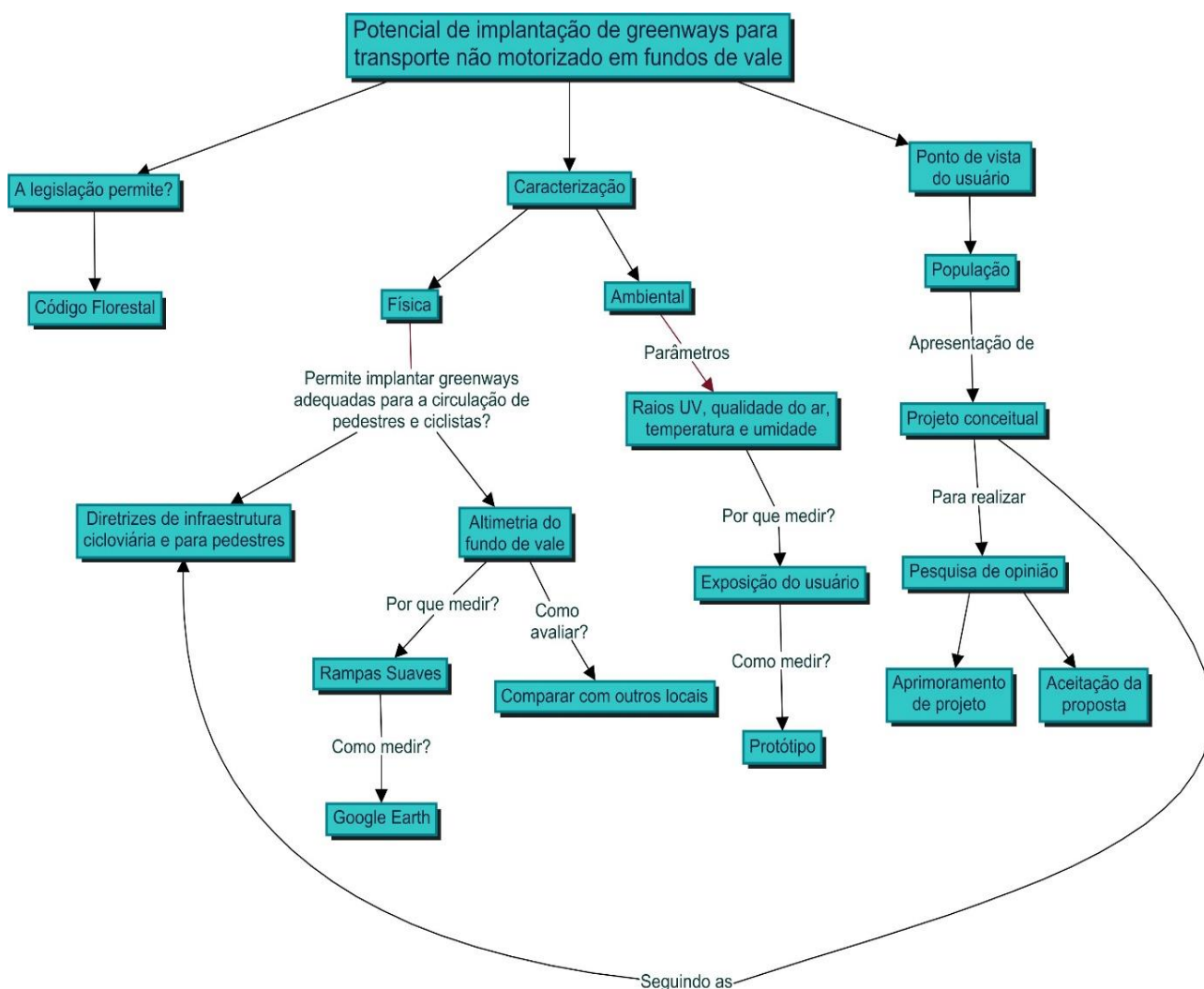
Street para obter o ponto de vista dessas pessoas. A opinião da comunidade auxilia o governo da cidade a aperfeiçoar suas propostas de maneira que atenda as necessidades da maior parte dos afetados pelas intervenções. A primeira etapa da readequação da *Elizabeth Street* foi aprovada e as obras começaram no início de 2020 (CITY OF MELBOURNE, 2019).

A partir das referências nota-se a utilidade do projeto conceitual para apresentar uma proposta para a população. Sendo assim, essa ferramenta pode contribuir para avaliar se a população afetada apoia a construção de *greenways* em fundos de vale. Por meio desse *feedback* também é possível obter estimativas dos potenciais usuários das *greenways* antes da implantação da infraestrutura.

3 MÉTODO

O planejamento para implantação de *Greenways* deve considerar as diferentes perspectivas afetadas por essa implantação, principalmente, para manter a sustentabilidade da proposta. Portanto, a metodologia utilizada para esta pesquisa é composta pelas seguintes etapas: i) Consulta a legislação vigente a respeito das restrições de uso do solo do local de estudo e proteção ambiental; ii) Desenvolvimento de protótipo para coletar dados no local de estudo; iii) Caracterização física e ambiental do local de estudo; e iv) Elaboração de projeto conceitual e pesquisa de opinião com uma amostra da população. As etapas da realização da pesquisa seguirão o exposto no mapa conceitual apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Mapa conceitual referente as etapas da pesquisa.



Fonte: o próprio autor.

3.1 CONSULTA A LEGISLAÇÃO VIGENTE A RESPEITO DO LOCAL DE ESTUDO

Os fundos de vale são classificados como Áreas de Preservação Permanente, por isso, para verificar a possibilidade de implantação de *greenways* nesses locais foi realizada uma consulta à legislação vigente a respeito da proteção ambiental e restrições de uso e ocupação do solo desses locais.

3.2 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA COLETAR DADOS NO LOCAL DE ESTUDO

O protótipo foi construído para coletar dados de incidência de raios ultravioleta, temperatura, umidade e concentração de gases tóxicos na atmosfera. Nessa seção serão descritos os procedimentos para a criação e testes desse protótipo.

3.2.1 Concepção Inicial E Testes Preliminares

A primeira versão do protótipo utilizou os seguintes sensores conectados a uma placa Arduino UNO R3 Rev3: sensor DHT 22, ML8511, MQ-135 e GPS GY-NEO6MV2 e um módulo SD-CARD para armazenamento dos dados. Todos esses sensores foram programados para fazer leituras ao mesmo tempo e registrar os dados em um cartão microSD. O Arduino por se tratar de um microcontrolador foi utilizado como elemento central, sendo responsável pela sincronização da coleta dos dados de todos os sensores e o salvamento no cartão micro SD. Os dados coletados por meio do protótipo são referentes à qualidade do ar, índice UV, temperatura, umidade do ar e coordenadas de latitude e longitude.

Foram feitos alguns testes preliminares e percebeu-se que o protótipo precisava ser aprimorado para coletar todos os dados necessários para a elaboração da pesquisa.

Os testes preliminares do protótipo foram executados para avaliar o tempo de autonomia da bateria e a capacidade de coleta e armazenamento de dados. Para isso, um trajeto foi percorrido dentro do campus universitário da UEL, na manhã do dia 26 de Junho de 2019 no período compreendido entre as 07h30 e 09h45. O trajeto foi percorrido cinco vezes durante esse período sendo que cada percurso iniciou respectivamente nos seguintes horários 07h30, 08h, 08h30h, 09h e 09h30. O

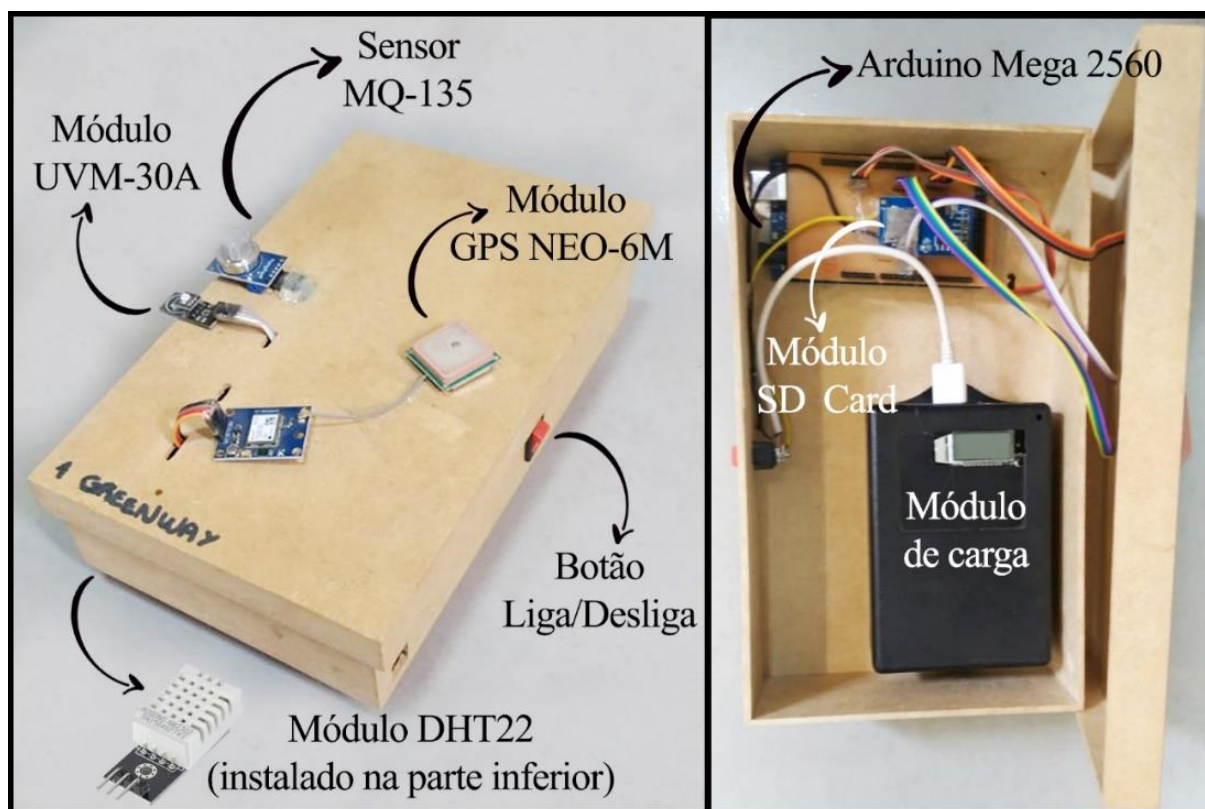
trajeto demorava em média 12 minutos para ser percorrido e o protótipo permaneceu ligado todo o tempo, mesmo quando parado.

Além disso, foram feitos testes para verificar a capacidade do sensor ML8511. Esses testes foram feitos em um local livre da incidência de qualquer tipo de raios ultravioleta.

3.2.2 Aprimoramentos Do Protótipo E Novos Testes Preliminares

As alterações do protótipo constituem a troca da placa de Arduino UNO Rev3 pela Arduino Mega 2560, substituição do sensor ML8511 pelo sensor UVM-30A e o desenvolvimento de um novo sistema de carga, para garantir maior tempo de autonomia do protótipo. Dessa forma, para alimentação do circuito foram utilizadas quatro baterias 18650 conectadas em paralelo a um módulo de carga, que fornece ferramentas para carga e descarga das baterias. A versão final do protótipo e as indicações dos sensores estão na Figura 5.

Figura 5 - Protótipo utilizado para coletar dados.



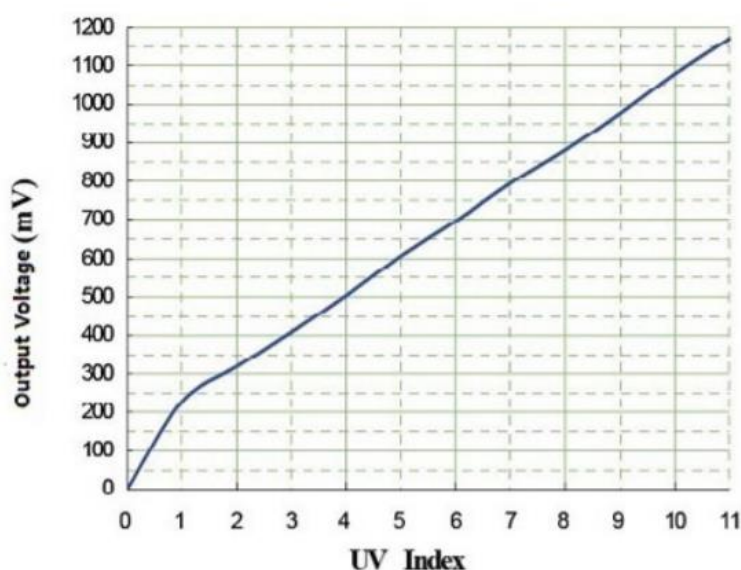
Fonte: o próprio autor.

A programação do protótipo também foi alterada para possibilitar o

funcionamento dos novos sensores selecionados. Para isso, foi utilizada a IDE VS Code e o *plugin* Platformio. Após o aprimoramento do protótipo, novos testes foram realizados.

O módulo do sensor UVM-30A capta a intensidade da radiação ultravioleta incidente no local e converte em valores de sinais elétricos que variam entre 0 a 1023mV, de acordo com essa intensidade. Os valores de saída podem ser convertidos para valores do índice ultravioleta que é comumente usado para indicar o nível de radiação solar. Essa conversão pode ser feita por meio de um gráfico apresentado na Figura 6 e que foi retirado do *datasheet* do sensor (WILTRONICS, 2020). A acurácia do módulo é de ± 1 UV Index (WILTRONICS, 2020).

Figura 6 - Gráfico de conversão dos valores de saída do sensor UVM-30A.



Fonte: Wiltronics, 2020.

O módulo de sensor de gases tóxicos MQ-135 detecta a presença de amônia (NH₃), óxido de nitrogênio (NO_x), álcool, benzeno, fumaça, gás carbônico (CO₂), e outros gases na atmosfera. Esse sensor também exibe os resultados por meio de sinais elétricos que variam entre 0 e 1023mV (OLIMEX, 2020).

A faixa de operação do sensor DHT22 é de 0 a 100% para valores de umidade do ar e -40 a 80 °C para valores de temperatura. Esse sensor tem acurácia de $\pm 2\%$ para a umidade do ar e $\pm 0,5^\circ\text{C}$ para a temperatura. Essas informações foram retiradas de seu *datasheet*. (SPARKFUN, 2020)

Após a realização dos novos testes, normalização dos dados e

verificação do funcionamento do protótipo, o mesmo pôde ser utilizado para coletar os dados no local de estudo.

3.2.3 Normalização Dos Dados

Foi necessário realizar a normalização dos dados dos protótipos para possibilitar a comparação entre os dados coletados por ambos. Para isso, os protótipos foram colocados em um mesmo local, sob as mesmas condições e permaneceram ligados por 4 horas e 18 minutos coletando dados. A partir desses dados calculou-se a diferença entre as medições e a média desses valores. Essa média foi definida como um fator de correção do protótipo 2 em relação ao protótipo 1, sendo assim, o cálculo gerou coeficientes de correção para as quatro variáveis medidas.

A partir desses coeficientes de correção, os dados coletados simultaneamente pelos dois protótipos, quando colocados em locais diferentes, poderiam ser comparados estatisticamente.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

3.3.1 Local De Estudo: Londrina

Londrina está localizada no Norte do Paraná e tem população estimada em 563.943 habitantes (IBGE, 2018). A cidade cresceu em todas as direções, e se expandiu rapidamente em virtude do potencial do solo para atividades de agricultura (ARCHELA *et al.*, 2008). Essa expansão de Londrina por todas as regiões, aumentou as distâncias entre trabalho e moradia, assim como aconteceu em várias cidades brasileiras (ARCHELA *et al.*, 2008). Sendo assim, o uso de modos de transportes motorizados para realização de viagens pendulares foi acentuado. O crescimento da frota de veículos corrobora essa informação, visto que representou 54%, no período compreendido entre 2008 e 2018 (IBGE, 2018).

Nos últimos anos, o município iniciou a implantação de infraestrutura cicloviária para o incentivo ao uso de modos de transporte sustentáveis. Dessa forma, Londrina possui 42km de ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas (IPPUL, 2016). No entanto, conforme Silva Júnior e Fontenele (2015), a infraestrutura existente é suficiente apenas

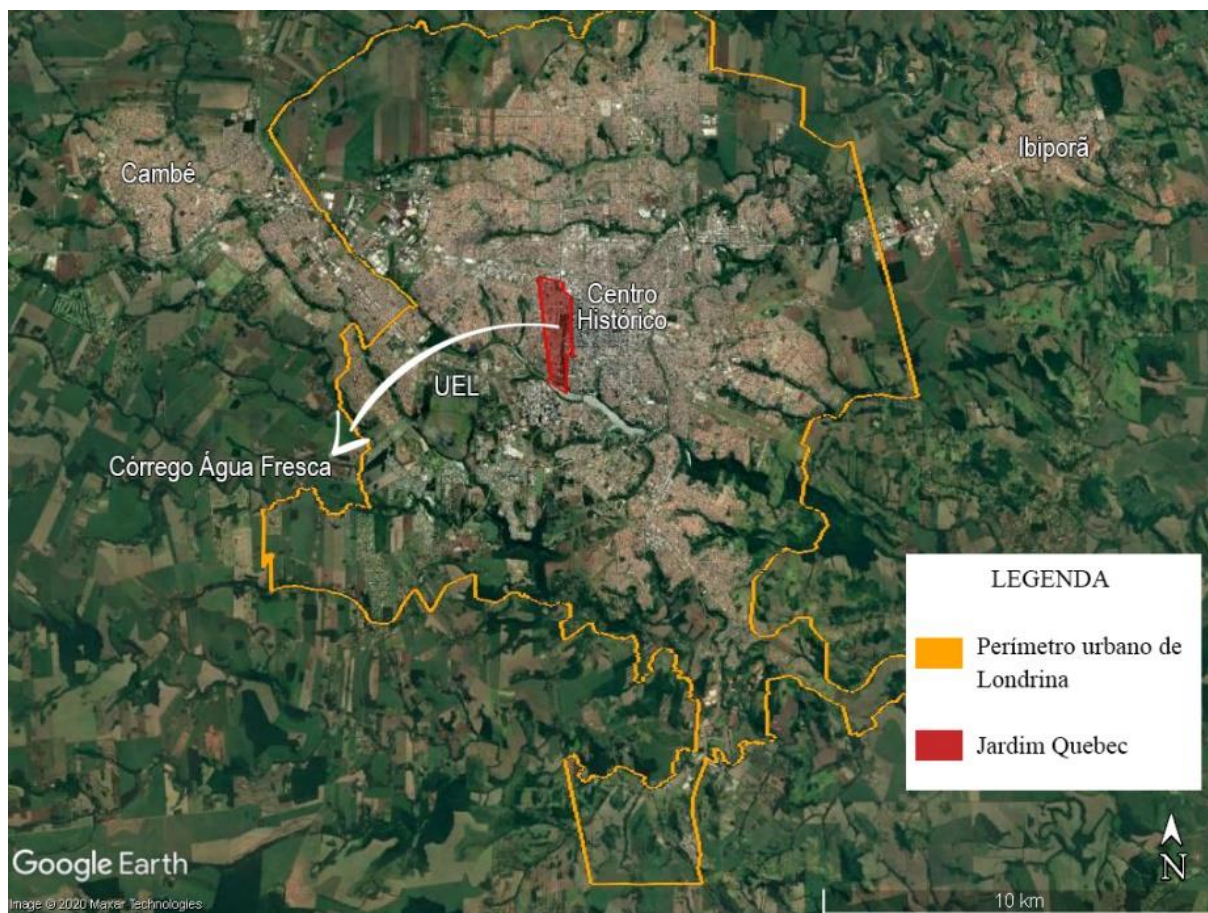
para atrair usuários da bicicleta como lazer e esporte, pois os trechos de ciclovia implantados não formam uma rede. Sendo assim, essas vias não conectam os pontos de interesse e não são integradas aos demais modos de transporte disponíveis (SILVA JÚNIOR E FONTENELE, 2015). Ricieri *et al.* (2017) identificaram que em Londrina existem pessoas dispostas a utilizar a bicicleta como modo de transporte. Mas para que isso se torne uma realidade, é necessário a realização de medidas de incentivo, como a implantação de infraestrutura adequada (RICIERI *et al.*, 2017).

3.3.2 Fundo de Vale do Córrego Água Fresca

Londrina possui muitas áreas de fundo de vale. Porém, a rápida expansão da cidade trouxe muitos problemas ambientais para esses locais. De acordo com Mendonça e Barros (2002) é possível encontrar ocupações inadequadas de áreas de proteção ambiental, degradação da vegetação nativa, deposição de resíduos sólidos em matas e rios, erosão, assoreamento, inundações, entre outros.

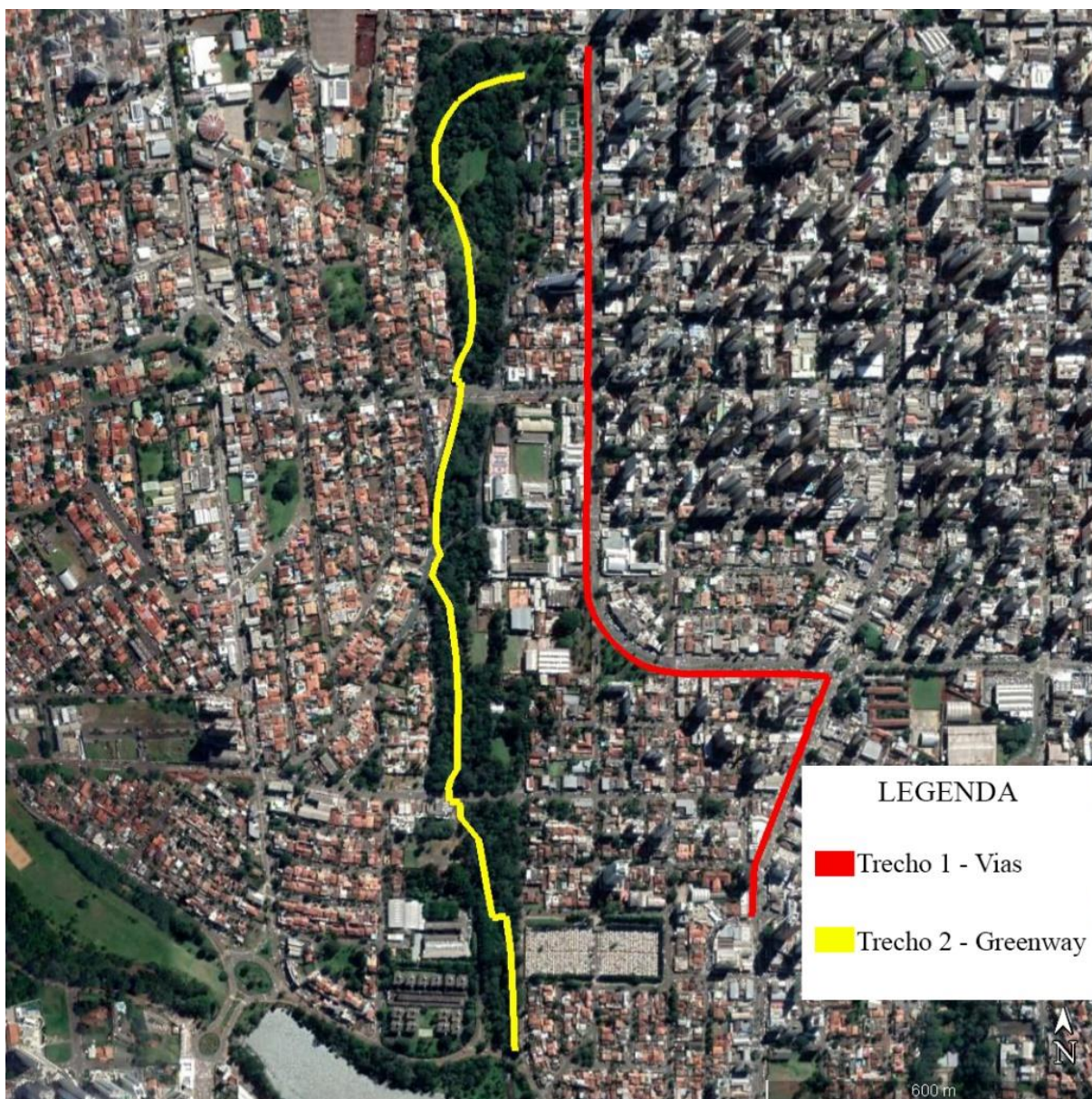
Os problemas citados por Mendonça e Barros (2002) também existem no fundo de vale selecionado para a realização deste trabalho. Esse fundo de vale pertence ao Córrego Água Fresca, localizado na bacia hidrográfica Ribeirão Cambé. Além disso, o local de estudo está situado no Jardim Quebec e faz divisa com o Jardim Higienópolis. A área do fundo de vale é de 186.327,13 m² (LONDRINA, 2018). A localização do fundo de vale pode ser vista na Figura 7 e o detalhamento das vias do entorno podem ser vistos na Figura 8.

Figura 7 - Localização do Córrego Água Fresca.



Fonte: o próprio autor.

Figura 9 - Trechos selecionados para coleta de dados de parâmetros físicos e ambientais.



Fonte: o próprio autor.

3.3.2.1 Caracterização Física

A caracterização física do local de estudo foi feita para analisar se é possível atender aos requisitos técnicos para a construção de infraestruturas destinadas a pedestres e ciclistas. Sendo assim, foram feitas algumas visitas ao local para demarcação do trecho a ser estudado e realização de fotos.

A altimetria dos trechos foi extraída do Google Earth, a fim de analisar se o fundo de vale apresenta a possibilidade da criação de rampas mais suaves, visto

que o fator inclinação é influente na escolha dos modos de transporte não motorizados, devido ao esforço corporal que os usuários precisam fazer para gerar movimento. O método utilizado para essa comparação foi o coeficiente de variação.

Além disso, o ambiente construído é um dos principais fatores influentes para o uso de modos de transporte não motorizados, por isso, nesta etapa também foi feito um mapa com os pontos comerciais da região de estudo com base nos dados do trabalho de Louro (2018).

3.3.2.2 Caracterização Ambiental

A caracterização ambiental do local de estudo foi realizada com o objetivo de avaliar se o ambiente dos fundos de vale oferece melhores condições para a circulação de pedestres e ciclistas, em comparação com outros locais que costumemente recebem o tráfego desses usuários. Sendo assim, foram coletados dados de temperatura, umidade do ar, raios UV e concentração de gases tóxicos dos dois trechos selecionados para o estudo. Esses dados foram coletados por meio do protótipo desenvolvido a partir da plataforma Arduino.

De posse do protótipo, pesquisadores voluntários percorreram os trechos simultaneamente por aproximadamente meia hora em cada dia, durante seis dias, com início por volta das 11:30. A coleta ocorreu de Domingo a Sábado com exceção da quarta-feira, devido à chuva. Os dados foram registrados a cada minuto. O tratamento selecionado para comparar os dados de ambos os trechos percorridos foi a Análise de Variância (ANOVA).

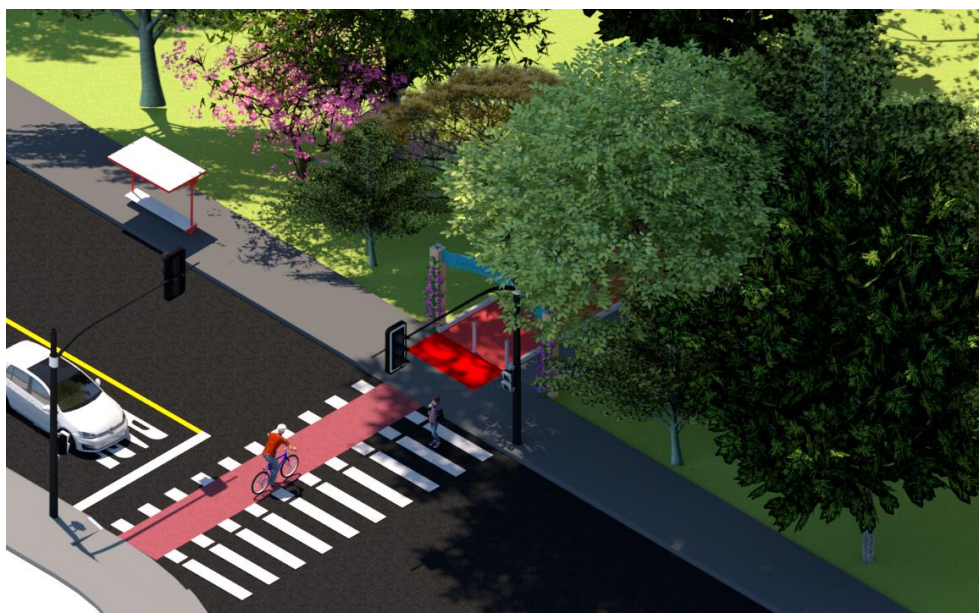
3.4 ELABORAÇÃO DE PROJETO CONCEITUAL E PESQUISA DE OPINIÃO DA POPULAÇÃO

Um projeto conceitual foi desenvolvido para apresentar à população e captar a percepção desses em relação a proposta inicial de implantação de *greenways* no fundo de vale do Córrego Água Fresca. A elaboração do projeto conceitual e pesquisa de opinião seguiram as recomendações dos manuais de Vermont (GIBSON, 2005) e Pennsylvania (JOHNSON, 1998), nos Estados Unidos e do Reino Unido (SUSTRANS, 2016).

Inicialmente, o projeto seria apresentado pessoalmente em diversos pontos do local de estudo, porém em virtude da atual pandemia de Covid 19, o método

precisou ser adaptado. Sendo assim, o projeto foi elaborado em formato de maquete eletrônica e foi apresentado em formato de vídeo. Alguns trechos do projeto conceitual são exibidos nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Imagem da proposta de implantação de *greenways* no local de estudo. Trecho de intersecção na Rua Humaitá e Portal de entrada.



Fonte: o próprio autor.

Figura 11 - Ponto de apoio e mobiliário urbano proposto para a implantação de *greenways* no local de estudo.



Fonte: o próprio autor.

O vídeo era composto por uma explicação sobre o que é uma *greenway*, quais são os benefícios da implantação, a representação da proposta e outras possibilidades para Londrina. Dessa forma, as pessoas que assistissem o vídeo estariam prontas para fornecer seus pontos de vista acerca da proposta. O vídeo foi disponibilizado no Youtube e pode ser acessado por este link: <https://www.youtube.com/watch?v=IYrtPAkFZBI>.

A pesquisa de opinião da população foi feita com o suporte de um questionário desenvolvido na plataforma *Google Forms*®. Esse questionário foi composto por 13 perguntas sendo 6 sobre a relação do entrevistado com o local de estudo e sua opinião a respeito da proposta e 7 sobre informações socioeconômicas.

A divulgação do vídeo e questionário ocorreu duas formas distintas, sendo presencial e online. Essa divulgação tinha o objetivo de convidar a população londrinense a conhecer a proposta e responder o questionário online. A abordagem presencial ocorreu em vários pontos do local de estudo e foi realizada por um entrevistador voluntário. Já o convite online ocorreu por meio das redes sociais: *WhatsApp*®, *Facebook*®, *Instagram*®, *Twitter*® e *LinkedIn*®. Os moradores de Londrina foram convidados por meio de mensagem diretas, posts patrocinados e publicações em grupos específicos da cidade. O questionário ficou aberto para receber respostas durante 4 meses e durante esse tempo as pessoas foram convidadas a participar.

Para dimensionamento da amostra, foram adotados os valores de 90% de nível de confiança e 10% para erro amostral. Dessa forma, pelo menos 68 pessoas deveriam ser entrevistadas.

4 RESULTADOS

4.1 CONSULTA A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com o código florestal (Lei nº 12.651) a vegetação das Áreas de Preservação Permanente deve ser protegida. Conforme essa lei, a retirada ou intervenção da vegetação desses locais é permitida apenas em casos de utilidade pública interesse social ou de baixo impacto ambiental. O acesso de pessoas e animais é permitido, desde que esses pratiquem atividades de baixo impacto ambiental.

Sendo assim, segundo a legislação, a implantação de *greenways* em fundos de vale é permitida, visto que a proposta de implantação dessas vias pretende causar o mínimo impacto possível. Além disso as *greenways* podem ser caracterizadas como um local de utilidade pública e interesse social.

4.2 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA COLETA DE DADOS AMBIENTAIS

Nesta seção serão apresentados os resultados dos testes do protótipo e coleta de dados no local de estudo.

4.2.1 Concepção Inicial E Testes Preliminares

Os testes preliminares do protótipo demonstraram que existe potencial no uso da plataforma Arduino para coletar os dados necessários. No entanto, alguns ajustes precisaram ser feitos, visto que nem todos os sensores funcionaram da maneira esperada e a autonomia da bateria também não foi satisfatória para suprir as necessidades dos experimentos planejados.

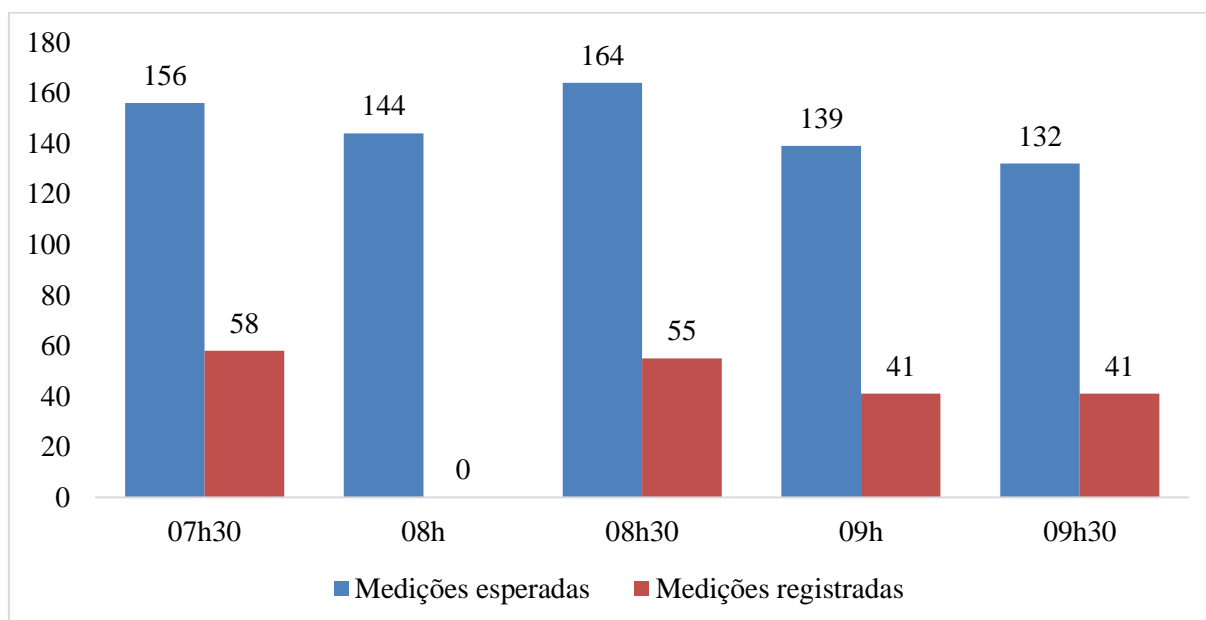
O protótipo permaneceu ligado por cerca de duas horas e quinze minutos e logo após esse período foram medidas as cargas das baterias. Nessa medição foi detectado que as cargas de ambas já estavam abaixo do limite mínimo e por isso as baterias precisavam ser recarregadas. Por esse motivo, o sistema de fornecimento de energia para o protótipo foi aprimorado.

Outra limitação da concepção inicial foi a quantidade de leituras armazenadas, pois o protótipo foi programado para registrar os dados apenas quando

todos os sensores apresentassem resultados numéricos. No teste inicial, era esperado o registro de 735 leituras, mas somente 27% desse valor foi armazenado. Isso aconteceu em parte porque o sensor DHT 22 não apresentou valores numéricos para algumas das leituras, apresentando apenas “nan%”. Mais um motivo para a limitação de medições foi o uso do sensor GPS NEO-6M acoplado ao protótipo, pois esse sensor nem sempre conseguia receber sinal de um número suficiente de satélites para registrar as coordenadas geográficas. Um terceiro motivo que contribuiu para a limitação das medições foi o alto uso da memória RAM do Arduino UNO, demandada pela quantidade de sensores conectados. A diferença entre as medições esperadas e as registradas podem ser observadas na Figura 12. As leituras do trajeto percorrido as 08h não foram registradas.

O sensor ML8511 detectou raios ultravioleta mesmo na ausência desses raios. Por esse motivo, esse sensor foi substituído pelo sensor UVM-30A e novos testes foram feitos. Para resolver estes problemas, foram feitas as substituições necessárias e alterações na programação.

Figura 12 - Medições esperadas e registradas durante os percursos.



Fonte: o próprio autor.

4.2.2 Aprimoramentos E Novos Testes Preliminares

As substituições necessárias para o aprimoramento do protótipo foram: troca do sensor ML8511 pelo UVM-30A, troca do sistema de fornecimento de energia e adequações na programação do protótipo. Após essas atualizações foram feitos novos testes preliminares e o protótipo ficou pronto para realizar a coleta de dados.

No entanto, a coleta foi adiada para a segunda semana de agosto de 2020, devido aos efeitos da pandemia de covid 19. Essa coleta aconteceria entre os dias 10 e 14 de agosto, mas após o primeiro dia de coleta, constatou-se que o sensor DHT 22 e o MQ-135 estavam queimados e precisavam ser substituídos. Sendo assim, a coleta de dados foi remarcada e aconteceu entre os dias 15 e 21 de novembro, com exceção da quarta-feira devido as chuvas, com início às 11h30min.

4.2.3 Normalização Dos Dados

Após a troca dos sensores DHT22 e MQ-135 , realizou-se novos cálculos de coeficiente de correção. Para calcular esses coeficientes, foram utilizados dados dos protótipos que foram coletados durante 4 horas e 18 minutos sob as mesmas condições ambientais.

Calculados os coeficientes de correção, aplicou-se o teste ANOVA e verificou-se que os dados coletados eram estatisticamente homogêneos. Os resultados dos coeficientes podem ser vistos na Tabela 2. Os demais dados obtidos pelos sensores serão discutidos na seção de caracterização ambiental.

Tabela 2 – Coeficientes de correção calculados para protótipo número 2.

Variável	Fator de correção
Temperatura	0,9244
Umidade	0,9153
Raios UV	0,7867
Gases tóxicos	0,7904

Fonte: o próprio autor.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

3.2.1 Caracterização Física

A visita ao local de estudo permitiu a identificação de diversos trechos que se assemelham as *greenways*, conforme a Figura 13. Essa constatação fornece indicativos de que a implantação dessas vias no local de estudo, poderia dispensar grandes intervenções na natureza, pois seria necessário apenas limpar o local e prepará-lo para receber a via, sem a necessidade de retiradas de árvores. Esse fator pode ser um importante motivador para a proposta, em razão da possibilidade de redução de impactos ambientais consequentes da construção das *greenways*.

Figura 13 - Caminhos existentes na extensão do local de estudo.



Fonte: o próprio autor.

Apesar disso, há problemas relevantes no local que precisam ser considerados. Por exemplo, o descarte inadequado de resíduos sólidos foi encontrado por toda a extensão do fundo de vale. Parte das pessoas que passam por ali,

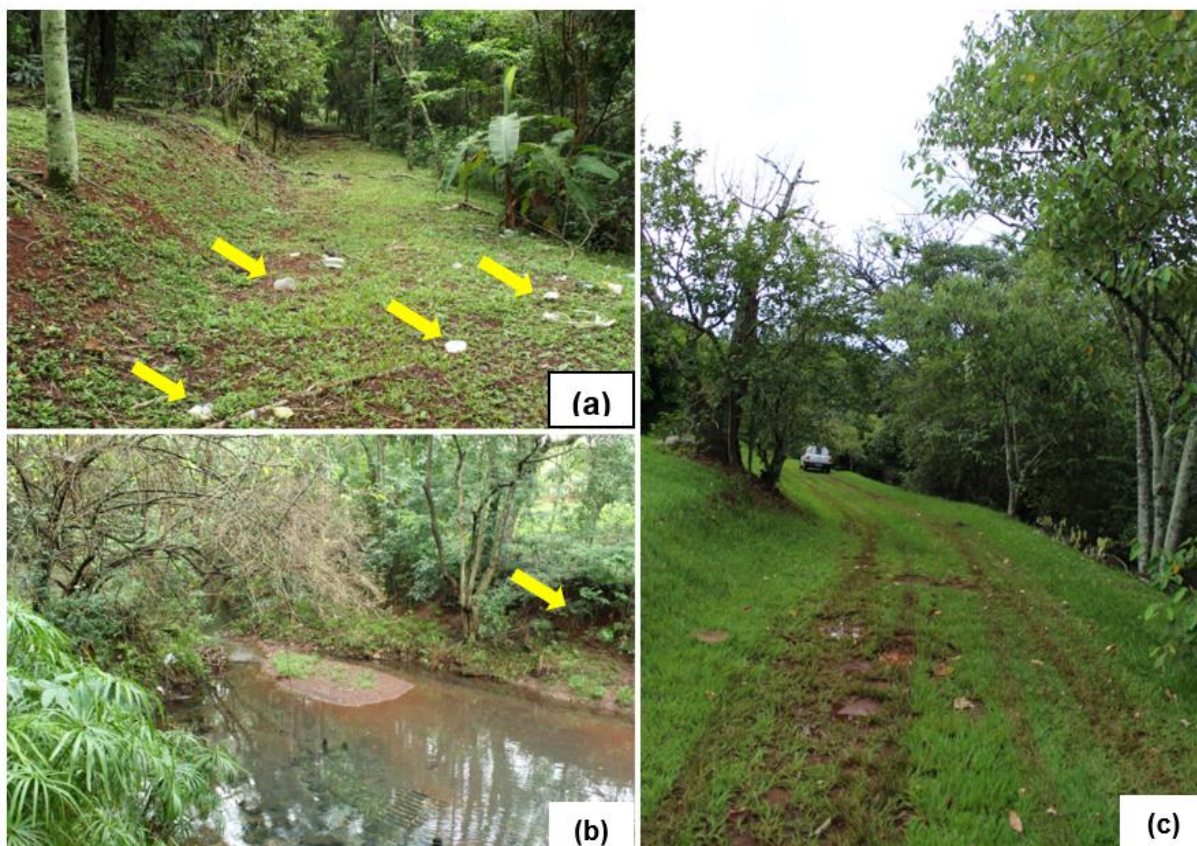
descartam embalagens de alimentos e diversos outros objetos que deveriam ser acondicionados em lixeiras apropriadas. Esses resíduos, muitas vezes, são carregados para o leito do córrego, causando mais poluição das águas.

A quantidade e extensão das erosões também é um fator preponderante no local de estudo. Principalmente próximo à nascente do córrego, a vegetação foi amplamente devastada, deixando a região frágil, favorecendo o surgimento desse problemas. Como o córrego recebe o despejo de águas pluvias, a situação das erosões foi muito agravada. Por isso, o planejamento de implantação de *greenways* em locais similares ao fundo de vale, deve considerar uma solução para evitar o surgimento de novas erosões e definir o tratamento mais adequado para as que já estão presentes na região.

A ocupação e tráfego inadequados de veículos automotores na área que deveria ser de preservação, também são facilmente detectados em uma visita. O quarteirão onde fica localizada a nascente do córrego, recebe o tráfego de veículos de uma companhia que fornece serviços de água e esgoto para a cidade de Londrina, além disso, muitas pessoas vão ao local de moto e as estacionam dentro do perímetro da área de preservação.

Todos os problemas citados acima, são exemplificados na figura 14. Mesmo sendo uma Área de Preservação Permanente, é notável que atualmente as leis de proteção não estão sendo aplicadas para a conservação do meio ambiente na região do Córrego Água Fresca, assim como também não existem atividades de recuperação ambiental.

Figura 14 - Exemplos de problemas encontrados no Água Fresca: (a) descarte de resíduos sólidos, (b) erosão próximo a nascente e (c) tráfego de veículos motorizados.



Fonte: o próprio autor.

Em relação a comparação entre a altimetria do fundo de vale e do trecho das vias, foram identificadas algumas diferenças que tornam o fundo de vale mais propício para o deslocamento de pedestres e ciclistas, considerando o esforço corporal que essas pessoas precisam fazer para se movimentar.

Conforme a tabela 3, o ganho de elevação entre os trechos foi similar, não apresentando desvantagens para nenhum trecho. No entanto, a perda de elevação teve uma diferença de 17,98 metros entre os trechos e foi maior para o trecho das ruas, indicando que nesse trecho há mais declives que podem contribuir para a necessidade de maior esforço corporal.

As diferenças entre as inclinações máximas de cada trecho também beneficiam a escolha pelo fundo de vale, visto que o trecho das ruas apresentou inclinações máximas 2,3% e -3,6% maiores que o terreno do fundo de vale. Em termos de inclinação média, o trecho das ruas também apresentou os maiores valores, correspondendo a uma diferença de 0,9% e -1,8 %, completando o indicativo de que

o fundo de vale é mais uniforme quando comparado as vias urbanas. As altimetrias dos trechos são exibidas nas Figuras 15 e 16, onde pode-se fazer um comparativo visual das informações apresentadas.

Tabela 3 – Informações sobre a altimetria dos trechos.

	Fundo de vale	Ruas
Ganho de elevação (m)	42,0	43,3
Perda de elevação (m)	-7,32	-25,3
Inclinação máxima (%)	8,2	10,5
Inclinação máxima (%)	-3,2	-6,8
Inclinação média (%)	2,9	3,8
Inclinação média (%)	-1,1	-2,9

Fonte: Adaptado de Google Earth.

Figura 15 - Perfil de elevação do trecho do fundo de Vale.



Fonte: Google Earth

Figura 16 - Perfil de elevação do Trecho das vias urbanas.

Fonte: Google Earth.

O cálculo do coeficiente de variação, feito com o objetivo de comparar a altimetria dos trechos, confirmou que o fundo de vale apresenta menor variação de inclinação que o trecho das vias urbanas, apesar de ambos os trechos apresentarem alta dispersão dos dados. Os resultados do coeficiente de variação são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do coeficiente de variação para a inclinação dos terrenos.

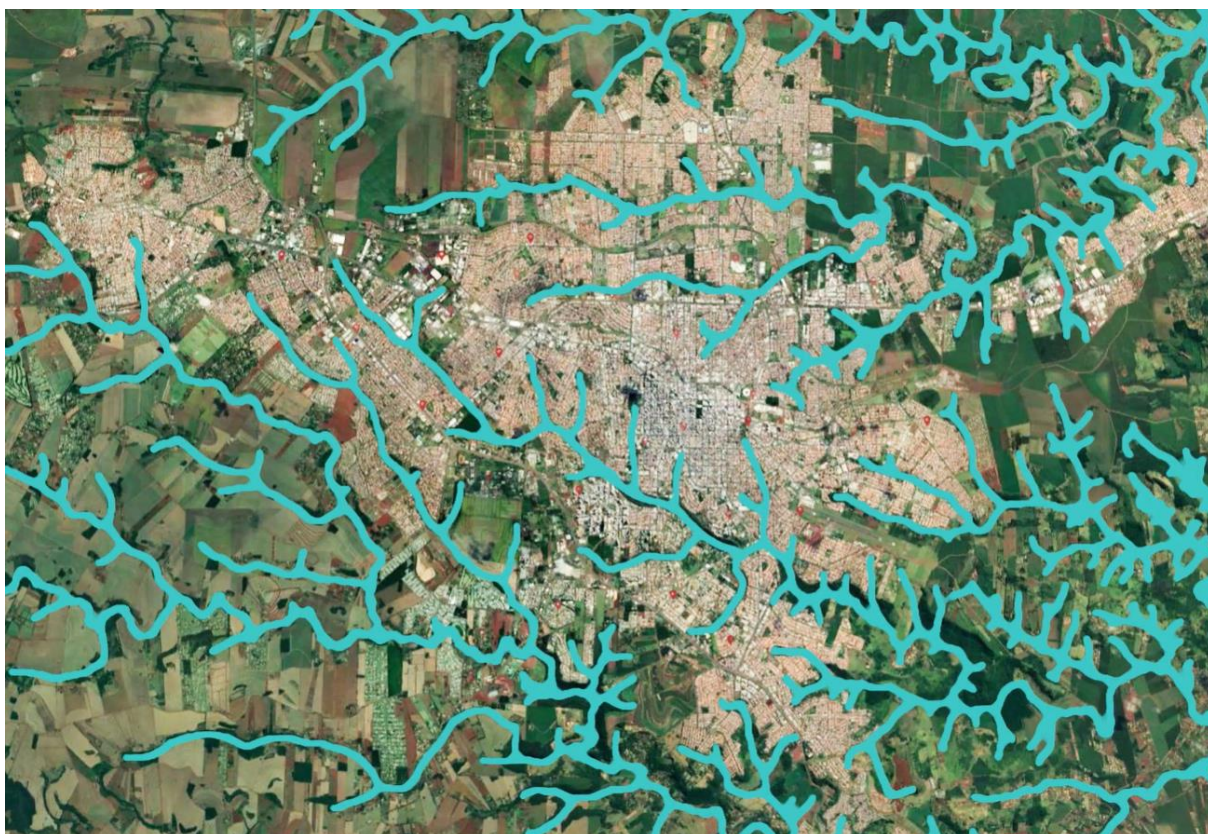
Trechos	Coeficiente de variação
Fundo de vale	109,52
Vias urbanas	617,60

Fonte: o próprio autor.

Pela delimitação da hidrografia da cidade de Londrina, é possível notar que há muitas áreas de fundo de vale e que essas se conectam. Essa situação é ilustrada na Figura 17. Nota-se que seguindo apenas os caminhos desses fundos

de vale, podemos sair de uma região da cidade e ir para outra. Esse é mais um indicativo de que as *greenways* poderiam ser utilizadas como vias de transporte não motorizados, caso fossem implantadas em grande parte desses locais. Além disso, essas *greenways* também poderiam se conectar a ciclovias e ciclofaixas, aumentando a rede de possibilidades para essas vias.

Figura 17 - Fundos de vale da cidade de Londrina.



Fonte: Adaptado de Google Earth e SIGLON (2020).

3.2.1 Caracterização Ambiental

O teste de normalidade feito para as variáveis coletadas, indicaram que a amostra apresenta uma distribuição normal dos dados. Os resultados dos testes de normalidade são exibidos na Tabela 5 e Figuras 18 e 19. Na tabela 5, nota-se que os resultados apresentaram normalidade para todos os quatro testes realizados.

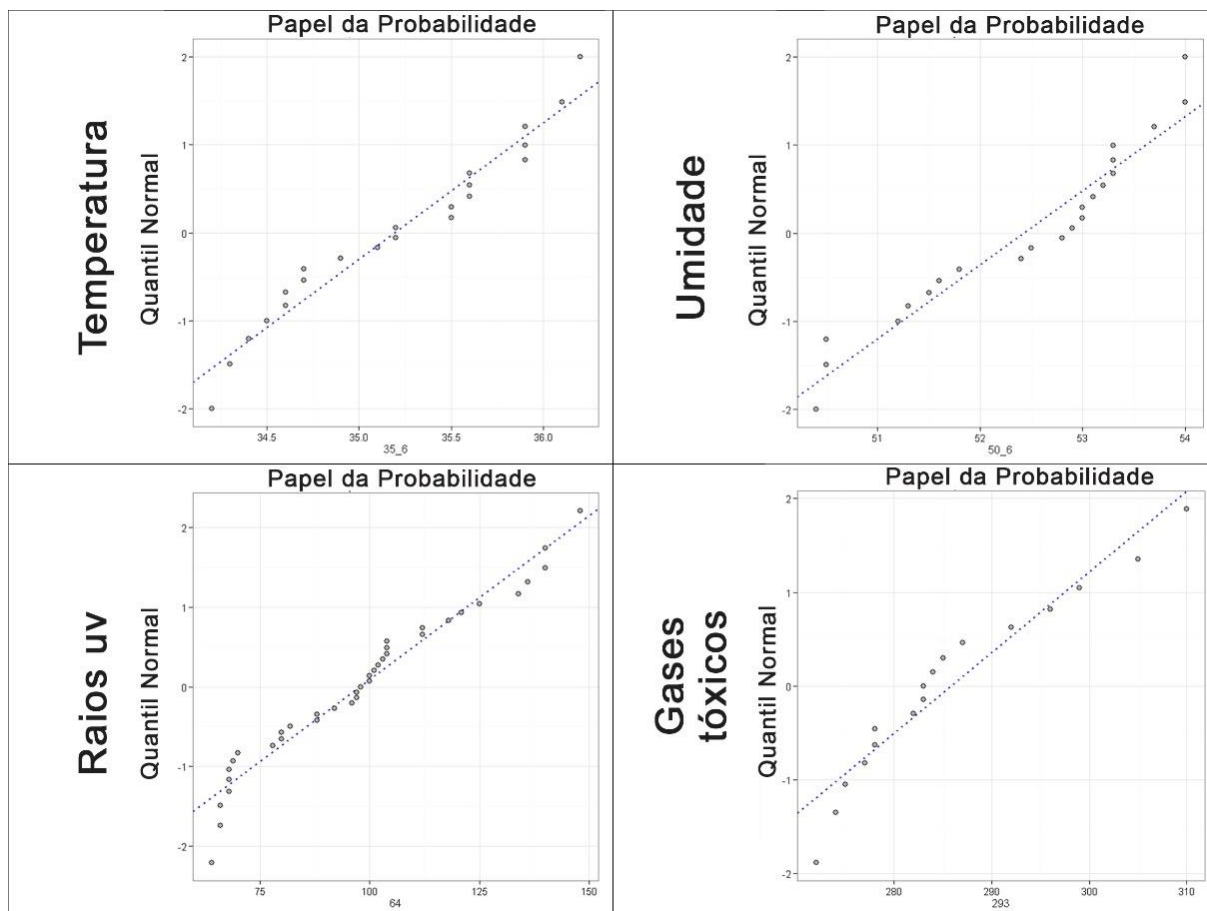
Tabela 5 – Resultados do Teste de normalidade para as amostras.

Testes de normalidade								
Testes	Estatísticas				P-values			
	Temp.	Umid.	Raios UV	Gases tóxicos	Temp.	Umid.	Raios UV	Gases tóxicos
Anderson - Darling	0,474	0,684	0,574	0,554	0,217	0,063	0,126	0,129
Kolmogorov - Smirnov	0,147	0,175	0,126	0,178	0,242	0,076	0,142	0,157
Shapiro - Wilk	0,940	0,917	0,944	0,915	0,201	0,0665	0,064	0,125
Ryan - Joiner	0,978	0,965	0,977	0,960	0,353	0,125	0,123	0,144

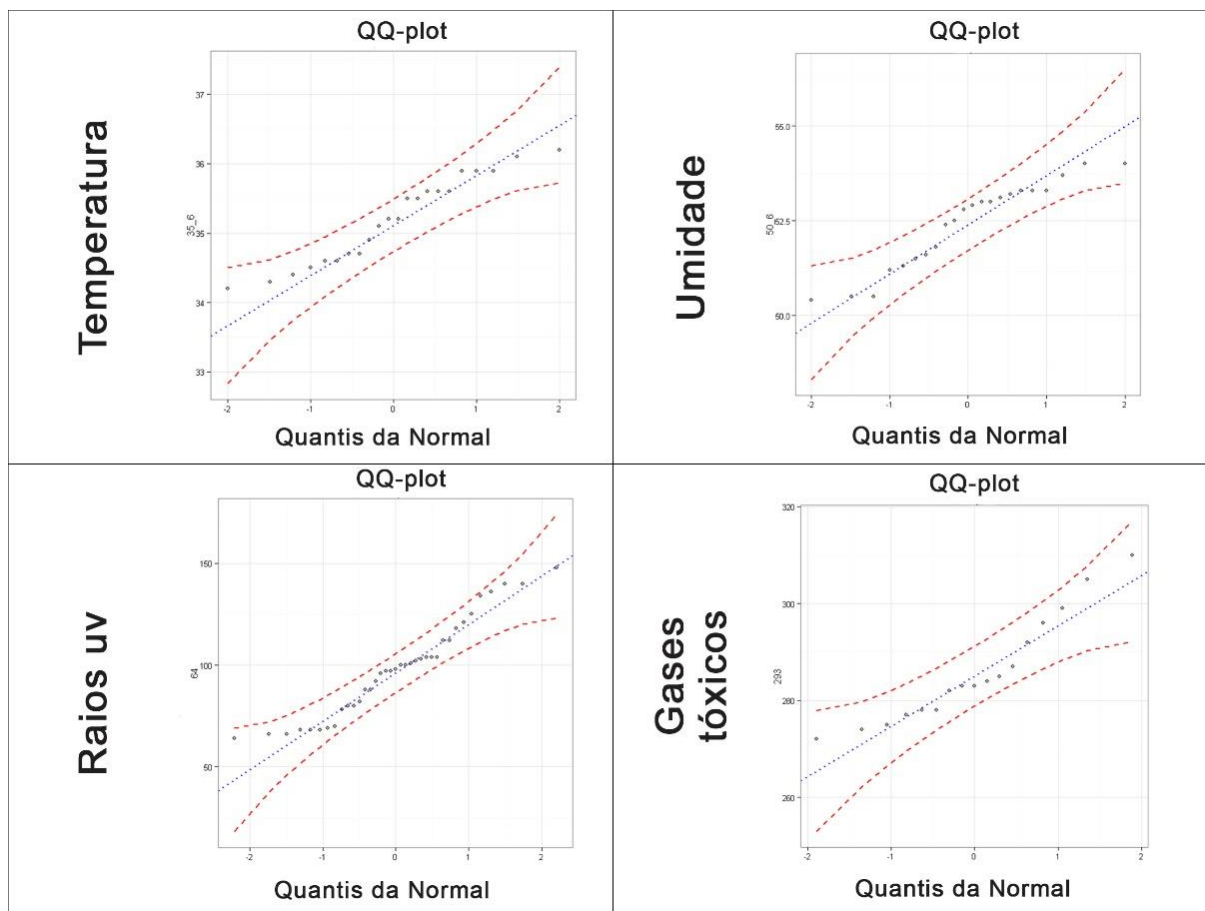
Fonte: o próprio autor.

Os resultados do método gráfico, obtidos pelo software Action Stat, também demonstraram a distribuição normal dos dados, principalmente para os resultados de incidência de raios UV. Essa inferência ocorreu por meio da análise da linearidade dos gráficos, sendo assim, é perceptível, por meio Figuras 18 e 19, que todas as variáveis apresentaram determinada linearidade, ou seja, os pontos se aproximaram da reta.

Em função desses resultados, foi escolhido a Análise de variância (ANOVA), com significância de 5%, para realizar a análise da coleta de dados, destinada à caracterização ambiental dos trechos.

Figura 18 - Resultados gráficos para teste de normalidade.

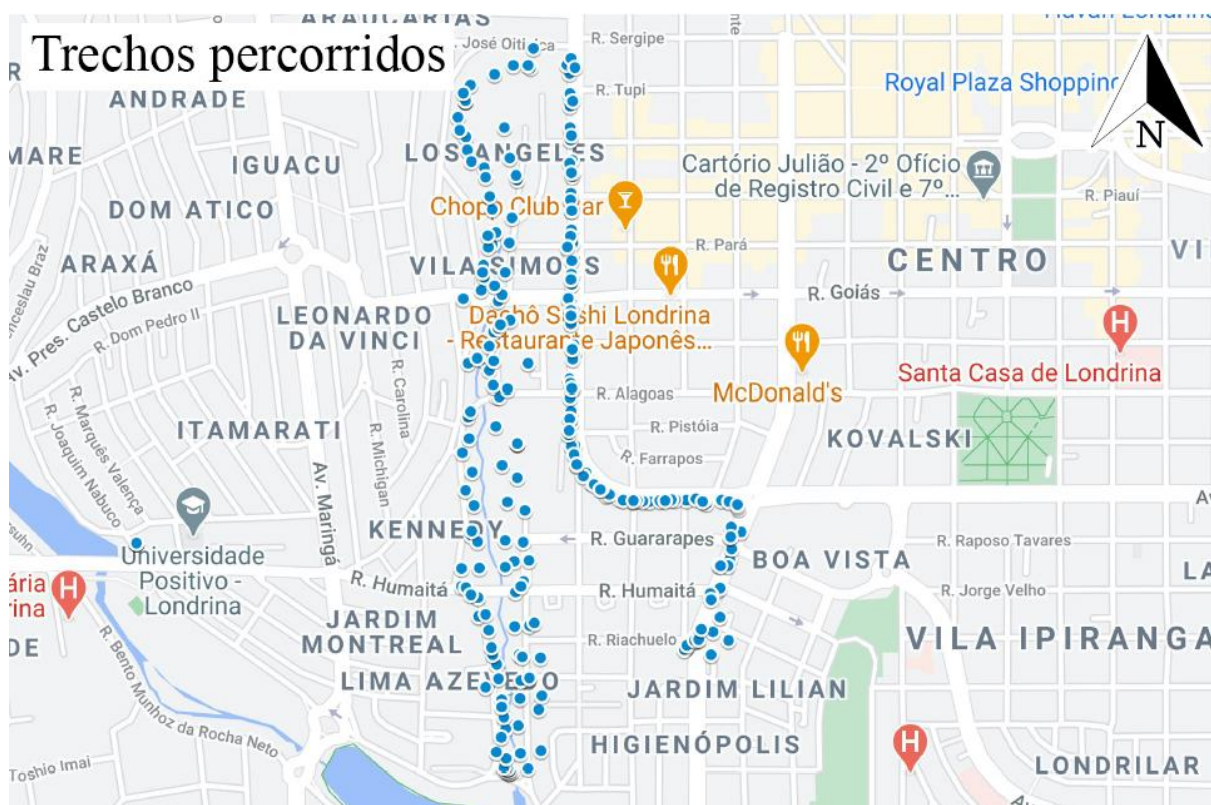
Fonte: Action Stat.

Figura 19- Resultados gráficos de teste de normalidade.

Fonte: Action Stat.

O sensor GPS funcionou corretamente, marcando todos os pares de coordenadas correspondentes aos pontos dos trajetos. Na Figura 20, são exibidos os pontos registrados pelo sensor, nota-se que esse sensor demonstrou performance satisfatória para o registro de tais dados. O registro das coordenadas trecho do fundo de vale ficou mais disperso que o trecho das vias, porque neste trecho quatro voluntários se revezaram entre os dias, para auxiliar a coleta de dados. Dessa forma, cada voluntário percorreu partes distintas do fundo de vale.

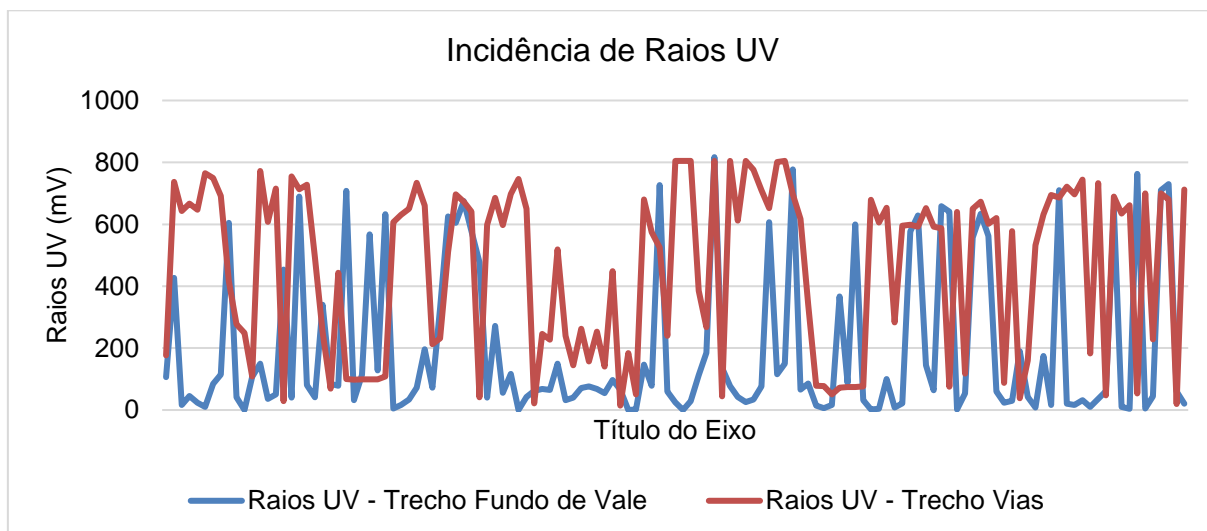
Figura 20 - Pontos registrados pelo sensor GPS.



Fonte: o próprio autor.

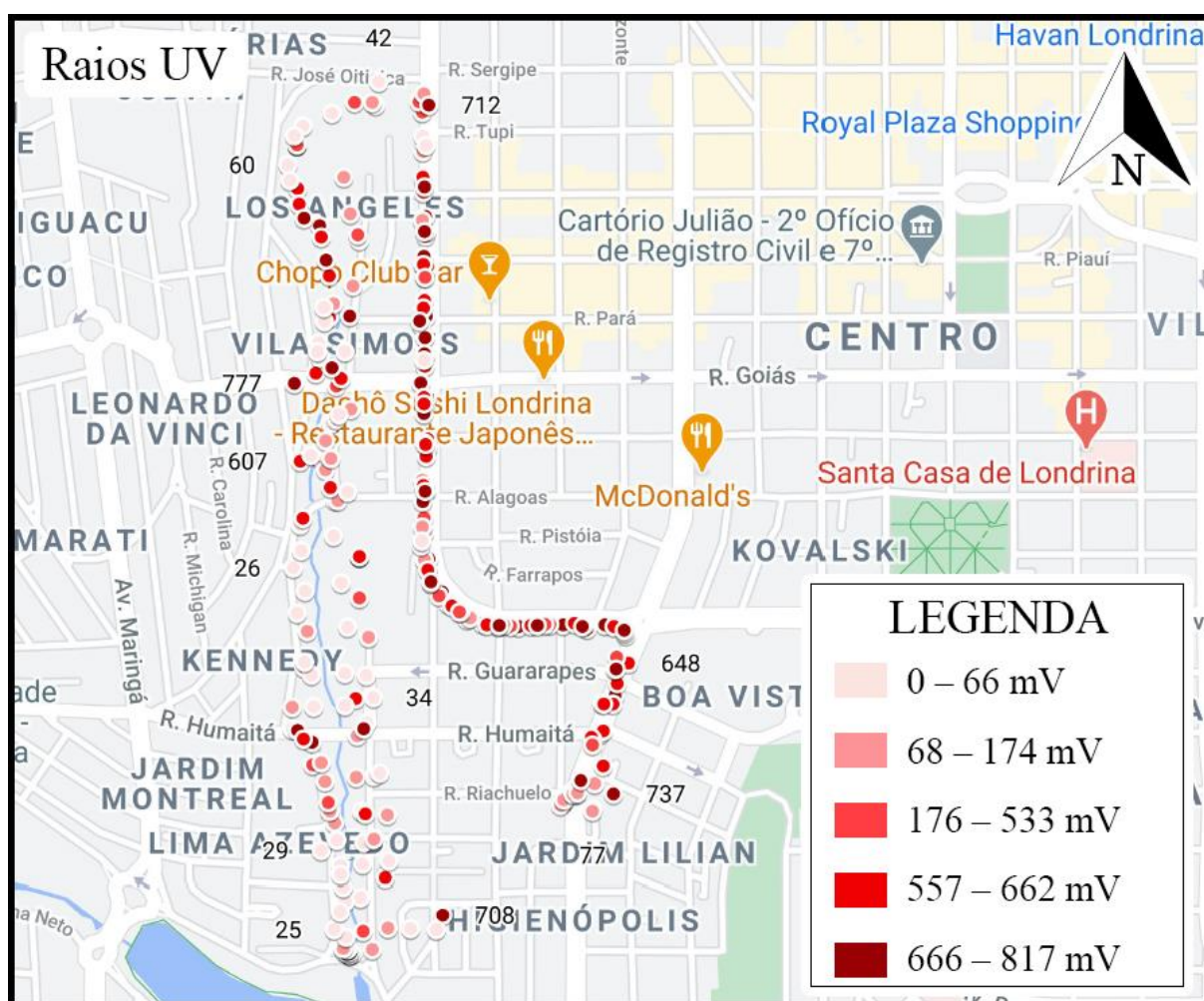
No gráfico da Figura 21, é possível identificar que o trecho das vias urbanas, apresentou maiores níveis de incidência de raios ultravioletas do que o trecho do fundo de vale, durante a maior parte da coleta de dados. Por meio dos dados apresentados na Figura 22, é possível distinguir que os valores mais altos de incidência solar, para o trecho do fundo de vale, foram encontrados nas travessias e em trechos onde a vegetação foi subtraída. Já o trecho das vias apresentou altos níveis em toda sua extensão, exceto por registros isolados de baixos índices de radiação solar.

Figura 21 - Medições de raios UV ao longo dos trechos.



Fonte: o próprio autor.

Figura 22 - Registros do sensor UVM-30A para radiação ultravioleta.



Fonte: o próprio autor.

Conforme a tabela 6, o trecho das vias apresentou valores de índice UV que podem causar danos moderados, em quatro do seis dias de coleta. No trecho do fundo de vale, foram encontrados valores médios correspondentes à baixo risco de danos em todos os dias da coleta.

Tabela 6 – Média de incidência de raios ultravioletas por dia. Fonte: elaboração dos autores.

Incidência de raios UV						
Dia da semana	Trecho - Fundo de vale			Trecho Vias		
	Média (mV)	UV Index	Risco de danos	Média (mV)	UV Index	Risco de danos
Domingo	157,5	0	Baixo	508,9	4	Moderado
Segunda-feira	288,6	1	Baixo	430,4	3	Moderado
Terça-feira	95,3	0	Baixo	316,2	2	Baixo
Quinta-feira	186,7	0	Baixo	641	5	Moderado
Sexta-feira	218,8	1	Baixo	378	2	Baixo
Sábado	203,8	1	Baixo	537,5	4	Moderado

Fonte: o próprio autor.

Os resultados da ANOVA, com um nível de significância de 5%, feita para esta variável, comprovaram que a diferença entre as médias dos dois locais, são estatisticamente significativas. Dessa forma, com base na análise dos dados apresentados, temos que o ambiente do fundo de vale pode reduzir consideravelmente os níveis de exposição aos raios ultravioletas. Essa redução pode ser explicada pela proteção da densa vegetação do local. Os resultados da ANOVA são demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da ANOVA realizada para os valores de incidência de raios ultravioletas encontrados nos trechos.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Raios UV - Trecho Fundo de Vale	131	25442	194,2137	61178,86
Raios UV 2 - Trecho Vias	131	60372,12	460,8558	73204,84

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4656920	1	4656920	69,3078	4,84E-15	3,877473
Dentro dos grupos	17469882	260	67191,85			
Total	22126802	261				

Fonte: o próprio autor.

O resumo das médias dos dados de temperatura, umidade do ar e gases tóxicos coletados por dia, é apresentado na tabela 8. Os resultados para esses dados não foram condizentes com os resultados dos testes preliminares do protótipo e com os resultados esperados. Analisando as médias encontradas, esperava-se que os valores de temperatura, umidade do ar e gases tóxicos fossem menores para o trecho do fundo de vale, porém como visto na tabela, essa não foi a realidade do experimento.

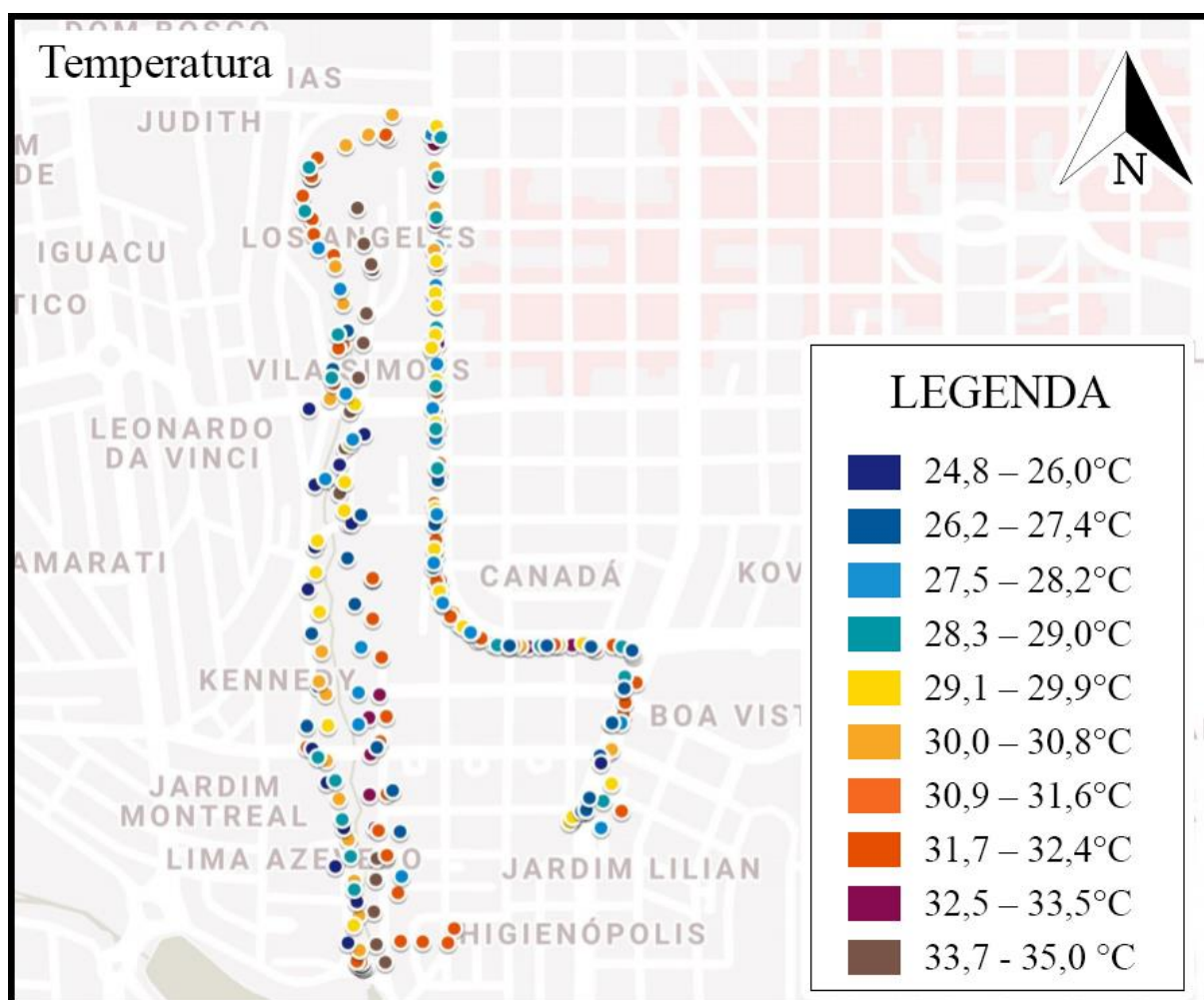
Tabela 8 – Médias diárias das variáveis coletadas.

Dias da semana	Temperatura (°C)		Umidade do ar (%)		Gases Tóxicos (mV)	
	Fundo de vale	Vias	Fundo de vale	Vias	Fundo de vale	Vias
Domingo	34,0	32,5	46,2	47,9	391,2	261,7
Segunda-feira	31,6	30,4	46,9	49,0	284,1	238,7
Terça-feira	31,1	31,8	54,0	48,3	271,0	194,8
Quinta-feira	25,8	27,0	59,2	53,6	215,2	226,3
Sexta-feira	29,9	28,8	33,2	35,9	212,7	300,0
Sábado	27,7	28,0	44,0	44,1	221,6	267,0

Fonte: o próprio autor.

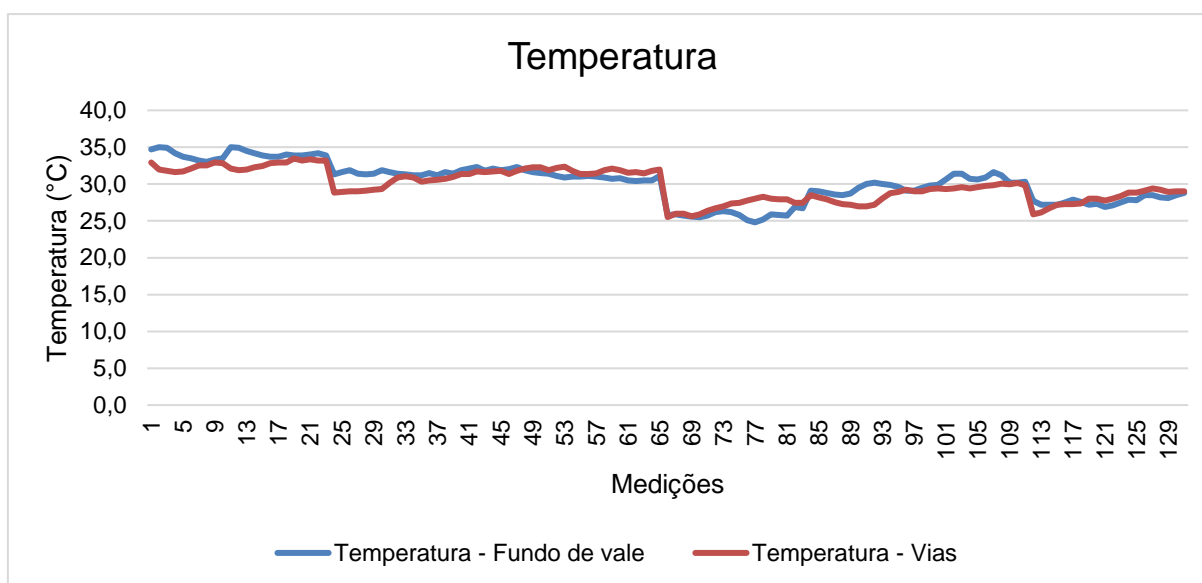
Pela Figura 23, é possível ver a localização de cada registro de temperatura, onde nota-se que os valores ficaram bem distribuídos ao longo dos trajetos. Por meio da análise dessa imagem e das médias diárias, não foi possível afirmar que um trecho é mais agradável que o outro, em termos de conforto térmico.

Figura 23 - Mapa de medições para valores de temperatura.



Fonte: o próprio autor.

A variação da temperatura ao longo das medições é exibida na Figura 24. Por meio desse gráfico, fica evidente que os valores de temperatura encontrados são muito aproximados para a maioria das medições realizadas. Os resultados da anova para essa variável, exibidos na tabela 9, confirmam que não se pode fazer alguma afirmação a respeito da comparação dos dados. Isso porque o resultado do teste indicou a aceitação da hipótese nula, ou seja, os tratamentos são homogêneos. No entanto, esse resultado não era esperado, pois de acordo com a literatura, a vegetação contribui para a diminuição das ilhas de calor. Como o ambiente do fundo de vale tem uma vegetação densa, seria necessário coletar mais dados para verificar se a mesma situação se repete. Todavia, devido ao curto prazo e dificuldades em encontrar voluntários, essa nova coleta de dados se tornou uma recomendação para trabalhos futuros.

Figura 24 - Medições de temperatura diárias ao longo dos trechos.

Fonte: o próprio autor.

Tabela 9 – Resultados da ANOVA realizada para os valores de temperatura encontrados nos trechos.

RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Temperatura – Fundo de vale	131	3958,1	30,2145	7,031096		
Temperatura - Vias	131	3907,213	29,82605	4,524541		

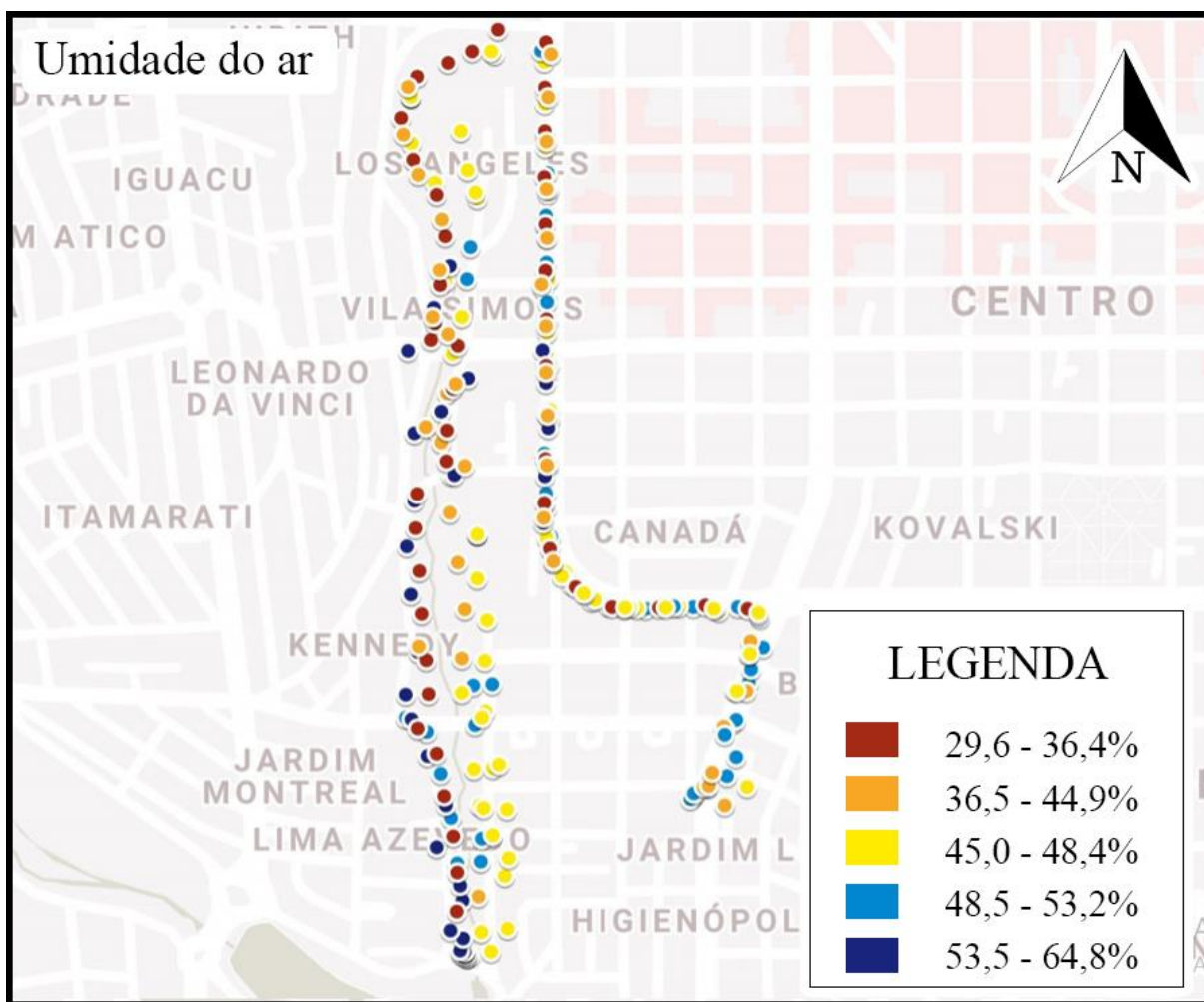
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	9,883558	1	9,883558	1,710604	0,192062	3,877473
Dentro dos grupos	1502,233	260	5,777818			
Total	1512,116	261				

Fonte: o próprio autor.

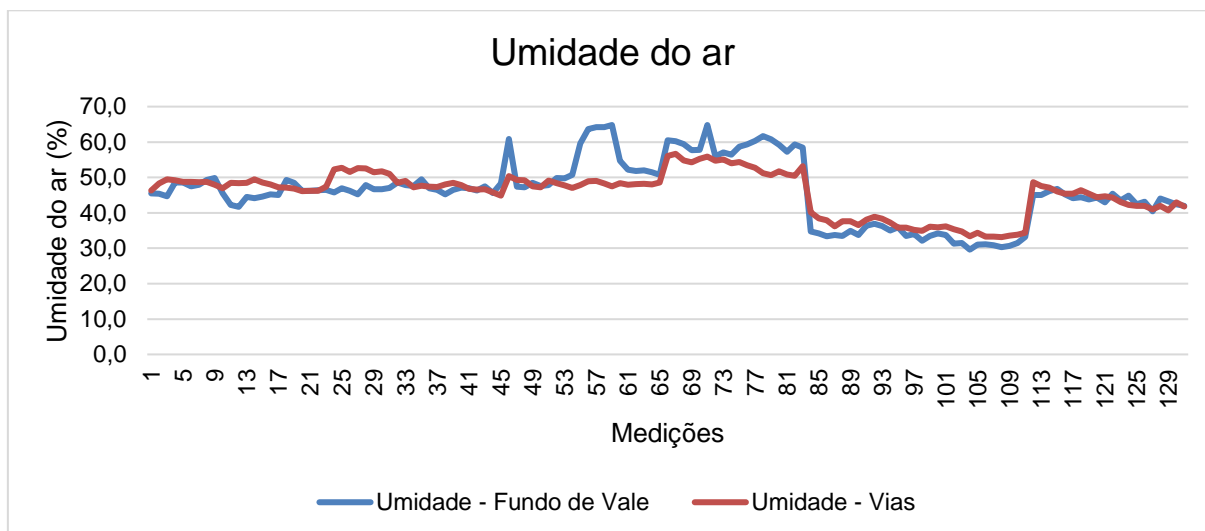
A mesma situação ocorreu com os valores encontrados para a umidade do ar. Na Figura 25, percebe-se que os valores mais altos de umidade do ar

foram encontrados predominantemente em apenas um dos lados do fundo de vale. Conforme a Figura 26, os valores de umidade também foram muito próximos, entre os trechos, exceto pelos dados de terça-feira, onde foram encontradas as maiores diferenças de valores.

Figura 25 - Mapa de Medições de Umidade do ar ao longo dos trechos.



Fonte: o próprio autor.

Figura 26 - Medições de Umidade do ar ao longo dos trechos.

Fonte: o próprio autor.

Em relação aos resultados da ANOVA exibidos na Tabela 10, foi encontrado que os tratamentos são homogêneos, ou seja, os dados de umidade de ambos os trechos não são significativamente diferentes. Esses resultados também não eram esperados, de acordo com os testes preliminares.

Tabela 10 - Resultados da ANOVA para valores de umidade do ar.

RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Umidade - Fundo de vale	131	6049,2	46,1771	78,23824		
Umidade - Vias	131	6001,298	45,81143	36,81387		

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	8,758139	1	8,758139	0,152246	0,696717	3,877473
Dentro dos grupos	14956,77	260	57,52606			
Total	14965,53	261				

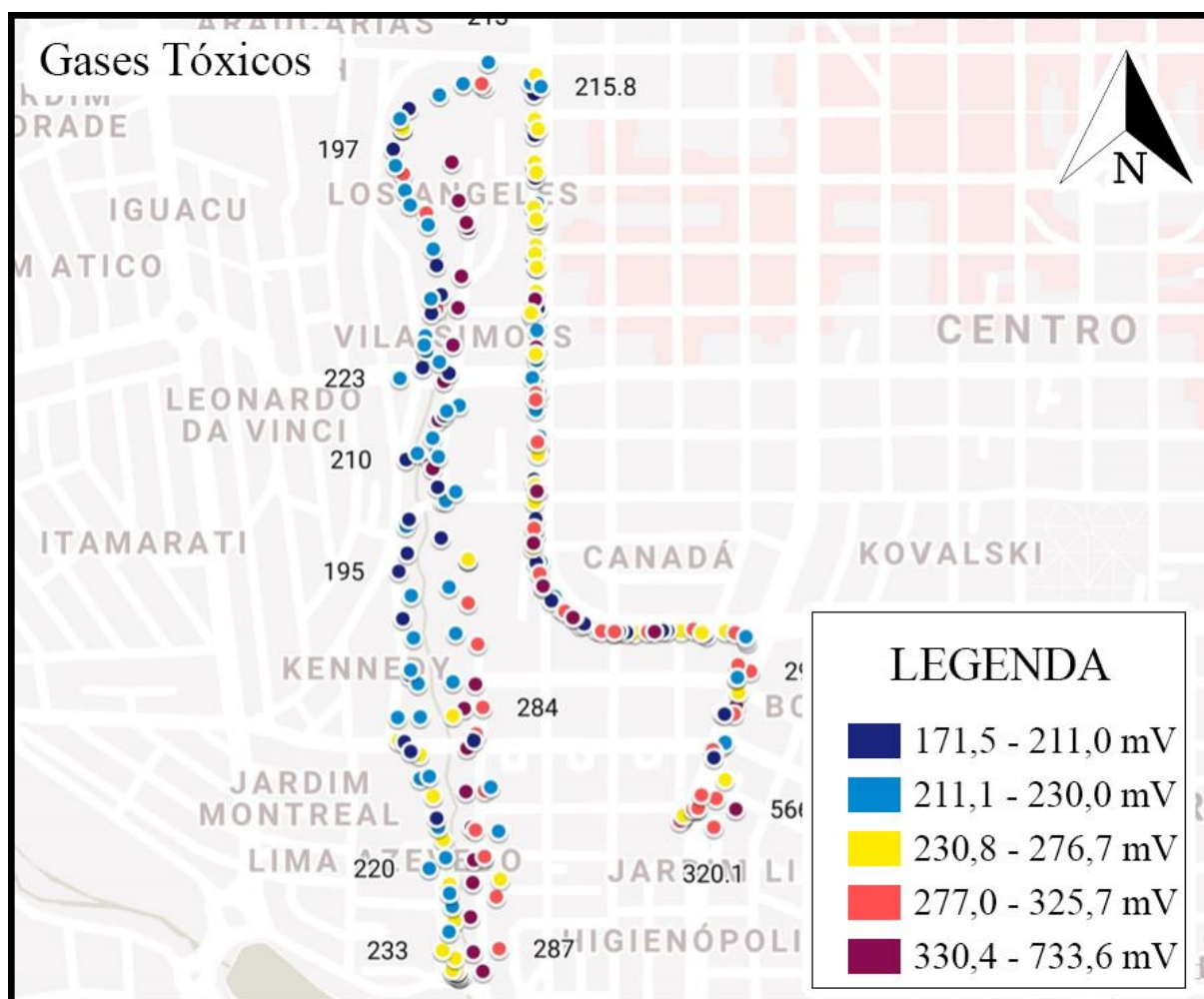
Fonte: o próprio autor.

A medição de dados de concentração de gases tóxicos também não resultou como o esperado. Comparando os dados das figuras 27 e 28, percebe-se

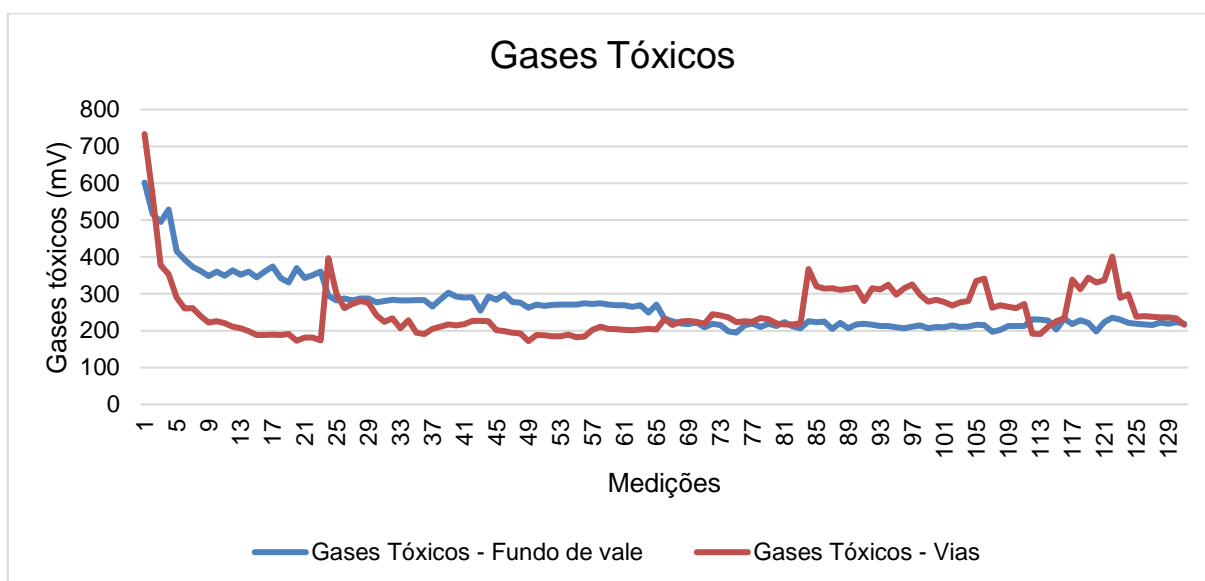
que apenas em alguns pontos, o trecho do fundo de vale apresentou valores menores que as vias. Os resultados da ANOVA, demonstrados na Tabela 11, também indicaram a homogeneidade dos trechos.

A causa da divergência dos resultados encontrados com os esperados, não foi encontrada e por isso sugere-se a coleta de mais dados, em estudos futuros.

Figura 27 - Mapa de medições de Gases tóxicos ao longo dos trechos.



Fonte: o próprio autor.

Figura 28 - Medições de Gases tóxicos ao longo dos trechos.

Fonte: o próprio autor.

Tabela 11 – Resultados da ANOVA realizada para os valores da concentração de gases tóxicos na atmosfera, encontrados nos trechos.

RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
Gases Tóxicos – Fundo de vale	131	34928	266,626	5043,851		
Gases Tóxicos - Vias	131	32981,1	251,7642	5347,745		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	14467,18	1	14467,18	2,7844	0,09639	3,877473
Dentro dos grupos	1350907	260	5195,798			
Total	1365375	261				

Fonte: o próprio autor.

4.4 PESQUISA DE OPINIÃO DA POPULAÇÃO

O convite para participar da pesquisa de opinião alcançou mais de

2000 pessoas e 145 dessas responderam ao questionário, sendo que 112 pessoas responderam de forma online e 33 de forma presencial. Embora o convite tenha tido uma baixa adesão, importantes considerações foram apontadas pelos entrevistados. Além disso, o modo online permitiu que as pessoas realmente interessadas em fornecer sua opinião a respeito da proposta respondessem o questionário.

A Figura 29 mostra algumas características socioeconômicas dos entrevistados. A maioria, correspondente a 56% da amostra, era do sexo masculino e os 44% restantes do sexo feminino, conforme figura 29a. Os entrevistados eram em grande parte pessoas jovens, visto que 60% tinha entre 20 e 39 anos.

No que se refere a escolaridade dos entrevistados, percebeu-se, por meio da Figura 29c, que a maior parte da amostra possuía ensino superior completo correspondendo a 69%, seguido de ensino superior incompleto com 19% e ensino médio completo com 11%.

Considerando que o convite para participar atingiu pessoas de com diversas características socioeconômicas, pode-se inferir há indicativos de que o perfil das pessoas que se interessam em fornecer *feedback* a respeito de uma proposta voltada para o modo de transporte não motorizado, é formado em sua maioria, por homens jovens com ensino superior completo.

Foi perguntado aos respondentes sobre quais os modos de transporte eles tinham acesso para realizar as viagens do dia a dia, conforme a Figura 29e, o modo a pé é o mais apontado, correspondendo a 86,9% dos entrevistados, seguido dos modos: carro particular (77,2%), carro por aplicativo (64,1%), bicicleta (55,9%) e ônibus (48,3%), táxi (23,5%), motocicleta (17,9%) e van ou ônibus fretado (1,4%). Os entrevistados podiam assinalar mais de uma opção, por isso a soma ultrapassa 100%. Uma importante consideração é a de que os modos a pé, bicicleta e ônibus, que são os mais sustentáveis, são acessíveis a parcelas significativas dos entrevistados, indicando que essas pessoas poderiam optar por esses modos em suas viagens diárias. No entanto, a realidade é outra, visto que foi perguntado aos entrevistados qual é o modo de transporte principal utilizado para a realização de suas viagens diárias e o modo carro particular foi o mais apontado pelos respondentes, totalizando 62,8% das respostas. Na Figura 29d, nota-se que a utilização dos modos a pé (4,1%), bicicleta (9,7%) e ônibus (11%) é baixa quando comparados ao acesso a esses modos.

Figura 29 - Informações socioeconômicas dos entrevistados.

Figura 29a – Sexo dos entrevistados

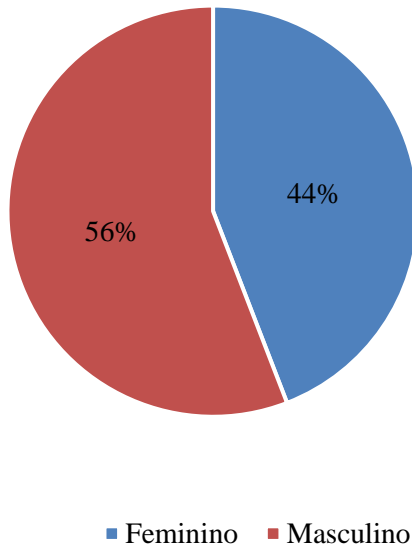


Figura 29b – Faixa etária dos entrevistados.

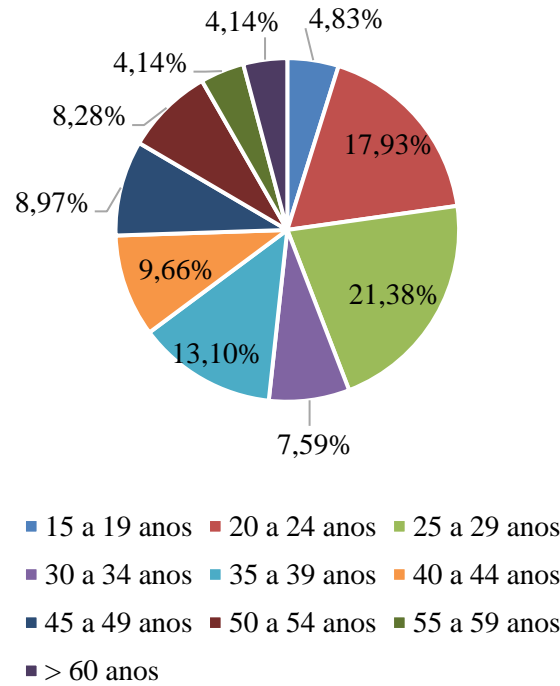


Figura 29c – Grau de escolaridade dos entrevistados.

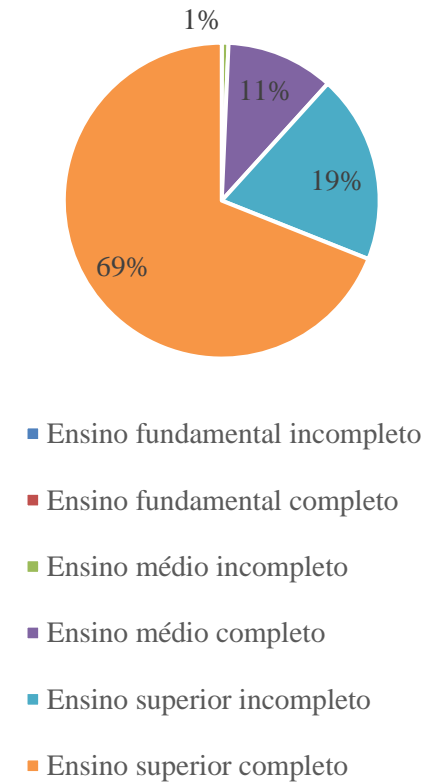


Figura 29d - Principal modo de transporte utilizado pelos entrevistados em viagens do dia a dia.

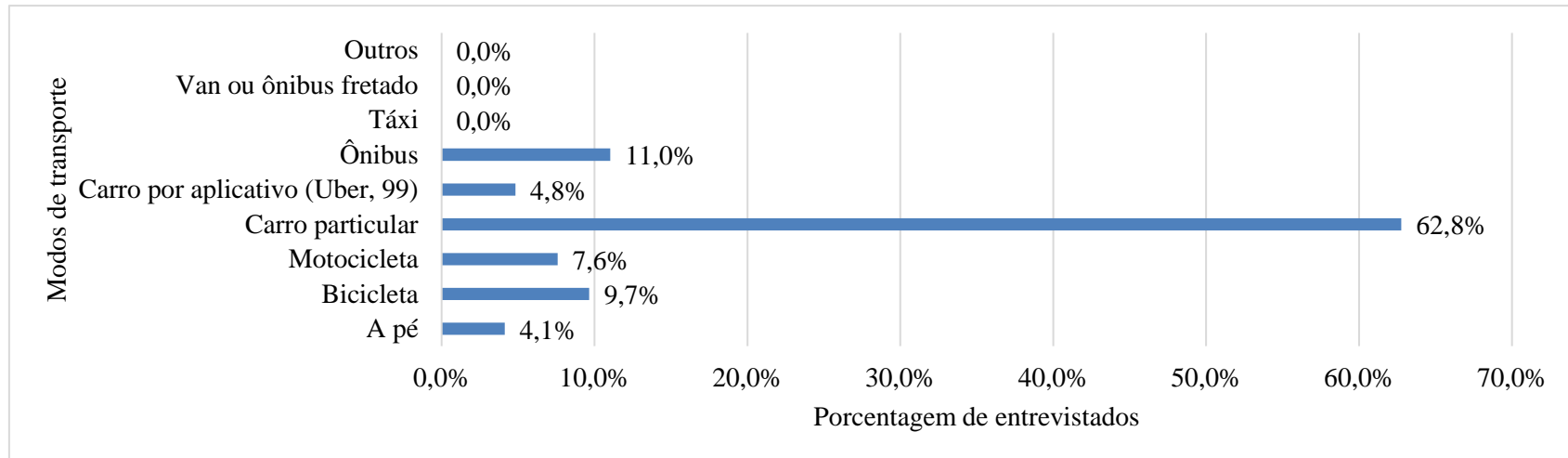
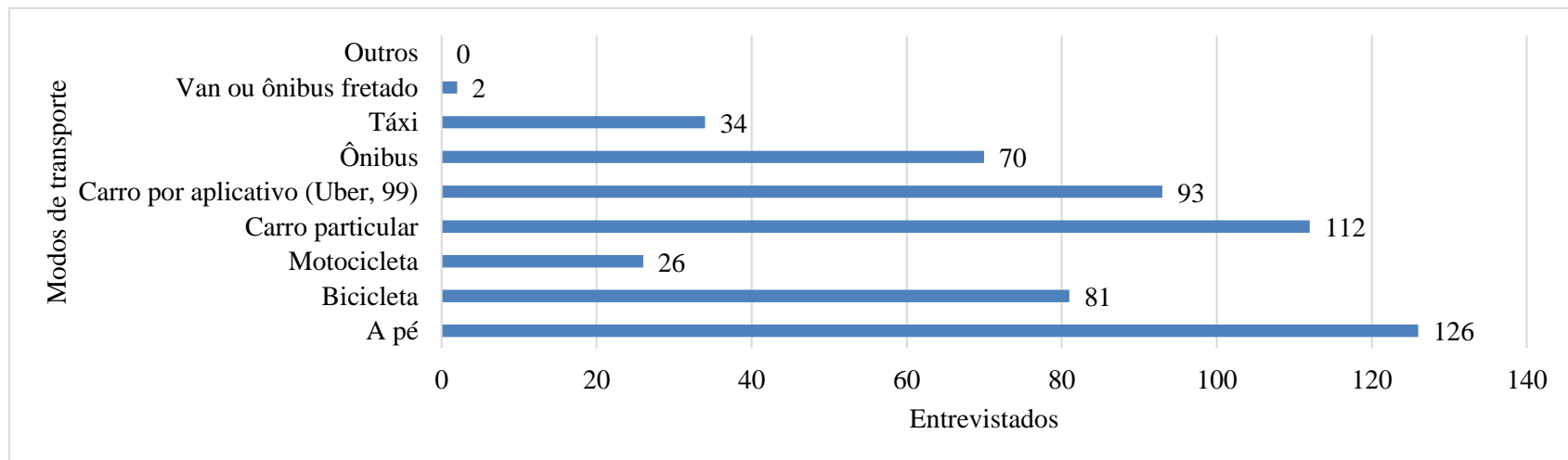


Figura 29e – Acesso a modos de transporte.



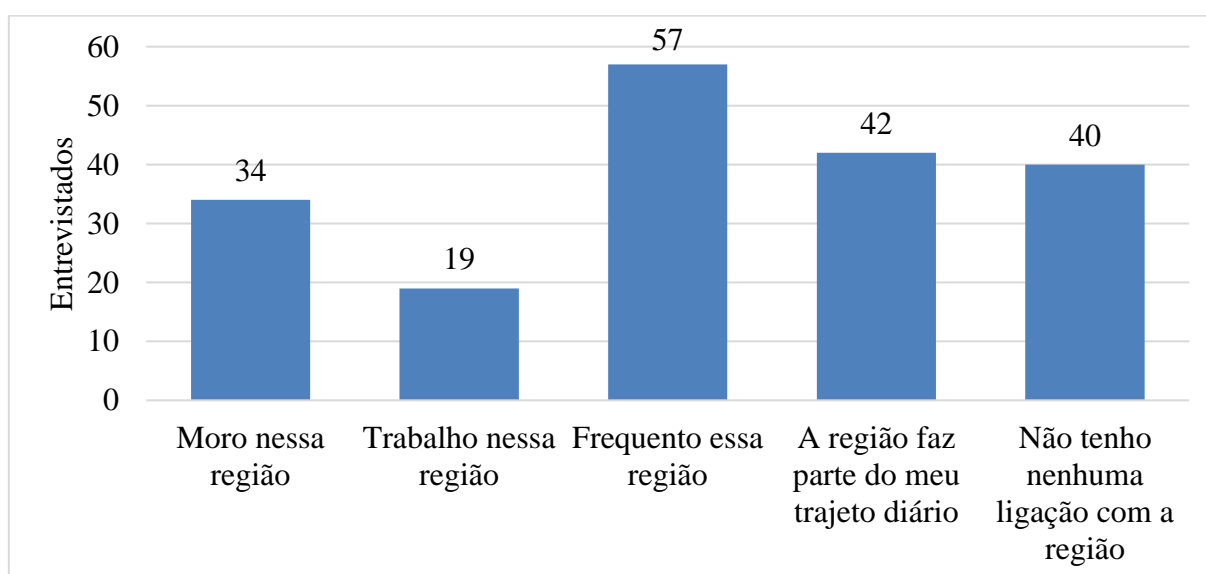
Fonte: o próprio autor.

Tendo em consideração a relação do entrevistado com o local de estudo, identificou-se que 72% das pessoas possuem um ou mais tipos de relação, alternando entre morar, trabalhar, frequentar ou transitar pela região. Uma parcela expressiva da amostra (39,3%) afirmou que frequenta a região, conforme é indicado na Figura 30. Alguns entrevistados citaram que costumam frequentar o fundo de vale para praticar atividades físicas, passear com animais de estimação e estar mais próximo da natureza. Essas afirmações são facilmente verificadas em uma visita ao local de estudo durante o período da manhã e final da tarde.

Vale destacar que a porcentagem de entrevistados que informaram passar pelo local em seus trajetos diários, correspondente a 29% da amostra, indica que a região é importante para o sistema viário.

A expressiva porcentagem de pessoas que não tem ligação com a região de estudo, mas que responderam o questionário, demonstra o interesse de uma parte da população londrinense em fornecer seu *feedback* para propostas destinadas à cidade.

Figura 30 - Respostas da pergunta “Como você se considera em relação a região do Córrego Água Fresca?”.

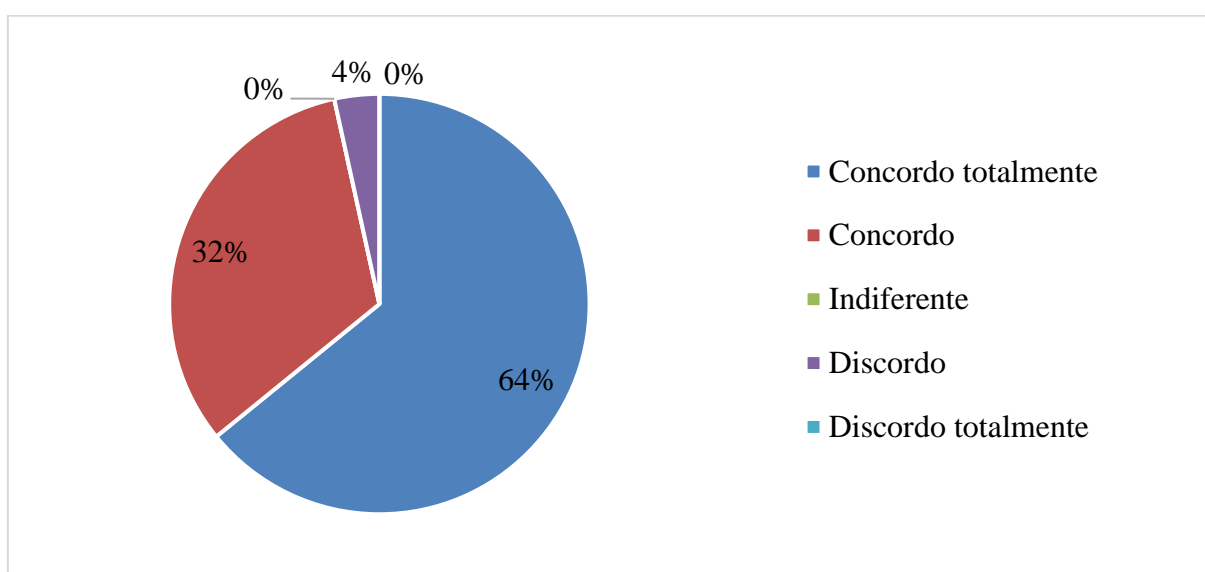


Fonte: o próprio autor.

A maioria dos entrevistados se mostrou favorável à implantação de *greenways* no fundo de vale do Córrego Água Fresca. De acordo com a Figura 31, 64% dos entrevistados concordaram totalmente, 32% concordaram e apenas 4%

discordaram da proposta. O mesmo resultado positivo foi encontrado quando analisamos a disposição do entrevistado em utilizar as *greenways*. Cerca de 86% afirmaram que usariam a *greenway* do fundo de vale do Córrego Água Fresca, caso ela fosse implantada. Entre os entrevistados que afirmaram que não utilizariam, dois usaram a grande distância até a sua residência como justificativa para a resposta. Outro motivo citado para o não uso das *greenways* foi a discordância com a proposta.

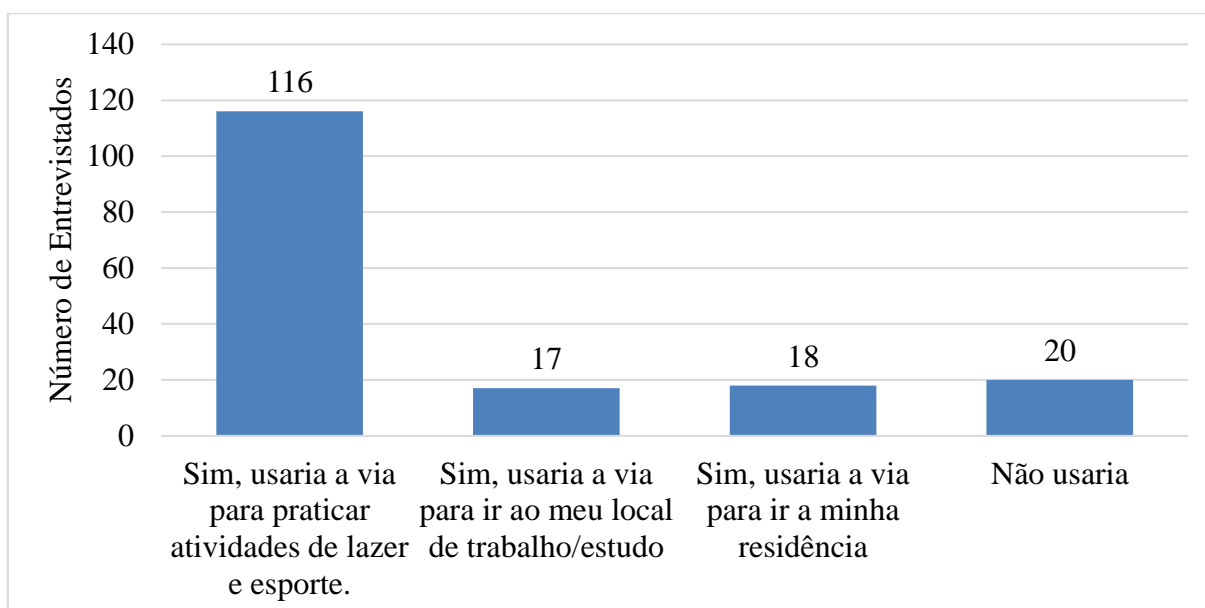
Figura 31 - Respostas da pergunta “Você concorda com a proposta de implantação de *greenways* no fundo de vale do Córrego Água Fresca?”.



Fonte: o próprio autor.

Entre as pessoas que usariam a *greenway*, o principal motivo de uso apontado, é para a realização de atividades de lazer e esportes, como é mostrado na Figura 32. Aproximadamente 80% dos entrevistados responderam que utilizariam a via para essa finalidade. Quanto aos motivos de uso, vale destacar que há uma parcela significativa de pessoas dispostas a usar a via para chegar ao seu local de trabalho/estudo e/ou residência, correspondendo a 12,4% e 11,7% da amostra, respectivamente. Essa informação fornece indícios de que se houvesse infraestrutura adequada algumas pessoas optariam por modos de transporte ativos para realizar suas viagens pendulares.

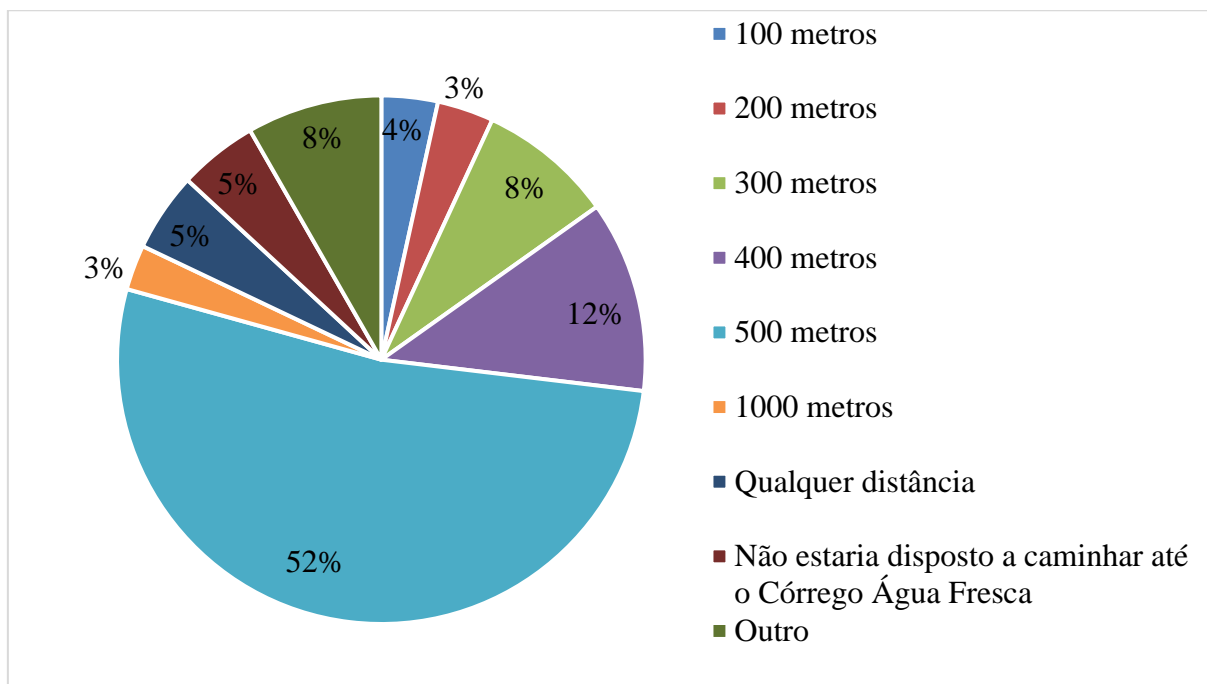
Figura 32 - Respostas da pergunta: “Caso fosse implantada, você frequentaria a *greenway* do Córrego Água Fresca?”.



Fonte: o próprio autor.

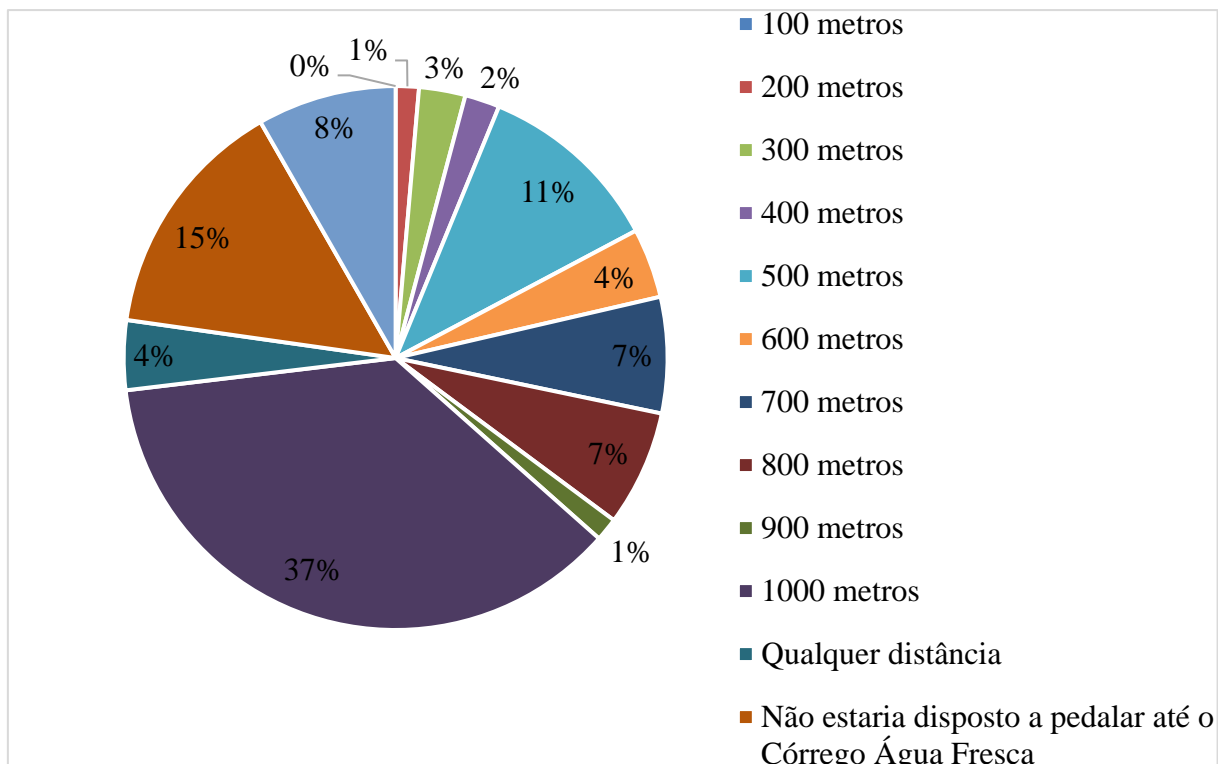
Em relação a disposição para caminhar e pedalar até a *greenway*, as Figuras 33 e 34 revelam uma distinção entre os entrevistados. No geral, a maioria das pessoas estão dispostas a caminhar ou pedalar até a *greenway*, no entanto, 5% dos entrevistados preferem não caminhar e 15% preferem não pedalar até o local de estudo. Entre os motivos citados para essa decisão, o mais frequente foi a distância da residência até o fundo de vale. Todavia, 52% dos entrevistados estão dispostos a caminhar até 500 metros para chegar à via e 37% estão dispostos a pedalar até 1000 metros. Isto significa que a amostra entrevistada se mostrou bem-disposta para usar o espaço das *greenways*.

Figura 33 - Respostas da pergunta: “Qual distância você estaria disposto a caminhar para chegar até a *greenway* do Córrego Água Fresca?”.



Fonte: o próprio autor.

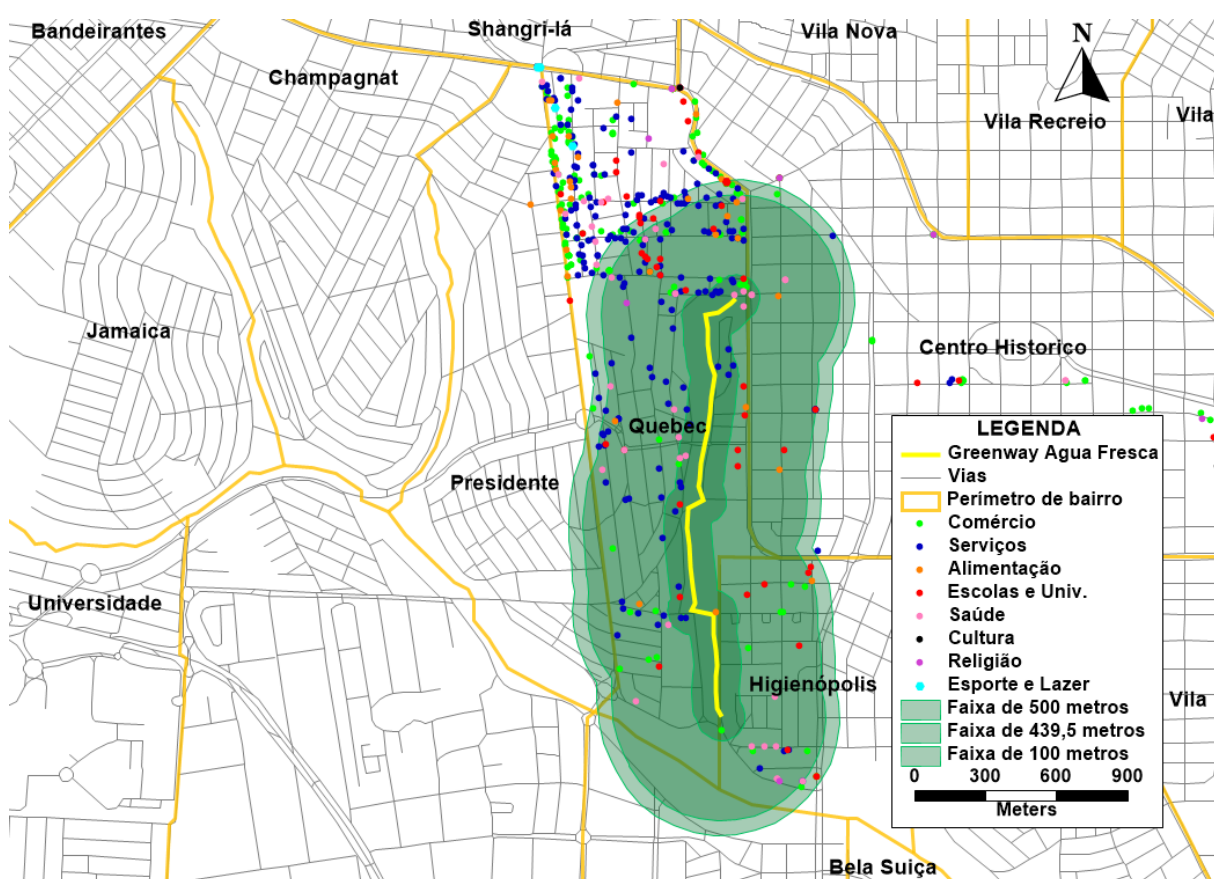
Figura 34 - Respostas da pergunta: “Qual distância você estaria disposto a pedalar para chegar até a *greenway* do Córrego Água Fresca?”.



Fonte: o próprio autor.

A partir da junção dos dados da Figura 33 e das coordenadas geográficas dos pontos de interesse localizados na adjacência do fundo de vale, foi possível ter uma percepção de que mais usuários poderiam ter acesso a esses locais por meio de transportes sustentáveis, e de uma maneira confortável e segura por boa parte do trajeto. Essa situação é ilustrada na Figura 35, onde pode-se notar a quantidade de pontos de interesse dentro de cada faixa de distância de caminhada, contados a partir da extensão da *greenway*. Para a construção dessa figura, foram considerados os valores mínimo, médio e mais frequente de disposição para caminhada até a *greenway*. Destaca-se que os pontos de prestação de serviços são os que mais aparecem dentro das faixas, no entanto, também há quantidade expressiva de escolas e universidades, clínicas de saúde e comércios que poderiam ser beneficiados pela implantação da *greenway* no local de estudo.

Figura 35 - Pontos de interesse localizados na faixa de disposição para caminhada.



Fonte: o próprio autor.

Entre as respostas da pergunta aberta, foram apontadas muitas sugestões que tornariam o local mais atrativo para os respondentes. Dois tópicos

foram evidenciados por grande parte dos entrevistados e ambos têm relação direta, são eles: iluminação e segurança. Para aumentar a segurança, 28 entrevistados recomendaram a implantação de itens como câmeras, posto da Guarda Municipal e patrulha policial por toda a extensão da *greenway*. Dois entrevistados enfatizaram que só usariam o local caso se sentissem seguros. Já em relação à iluminação, 26 entrevistados citaram a importância de se ter um sistema de iluminação pública adequado para reforçar a segurança do local em períodos noturnos.

Os entrevistados também demonstraram preocupação com a sustentabilidade do projeto, desde sua execução até o uso do local pela população. A proposta apresentada sugeria a construção da via com pavimentos intertravados que podem ser impermeáveis, no entanto, algumas pessoas sugeriram que a via poderia ter um revestimento menos impactante, mais natural e que permita a maior infiltração de águas de chuva, como cascalho e pedriscos. Os entrevistados citaram como exemplo, o caminho existente na área do lago Igapó que é revestido com pedriscos. Esses comentários são relevantes devido a característica de inundação do local em períodos chuvosos. Por outro lado, um entrevistado citou que a proposta permitiria a circulação de pedestres e ciclistas, mesmo em períodos chuvosos. Houve também pessoas que acreditam que a proposta apresentada não agride a natureza e proporciona a revitalização do fundo de vale. Esse é um dos princípios almejados pela implantação de *greenways*, inclusive, segundo a literatura.

Outro ponto marcante nos comentários dos entrevistados são as preocupações a respeito da qualidade de vida da fauna local. Um entrevistado considera que a implantação de *greenways* poderia prejudicar a vida dos animais presentes ali, visto que o fluxo de pessoas aumentaria. Algumas pessoas se preocuparam com as famílias de pássaros e tatus que habitam o local e poderiam ser prejudicados pela presença humana. A implantação de *greenways* traz benefícios de conectividade para os animais, mas para isso, alguns fatores devem ser considerados, como quais animais vivem ali, qual a rotina desses e qual a previsão de tráfego de pessoas pela via.

O descarte de resíduos sólidos também foi um item muito citado pelos entrevistados, inclusive foi utilizado como justificativa por alguns daqueles que são contra a implantação de *greenways* no fundo de vale. Como visto, esse problema já é existente no local e precisa de ações corretivas, mesmo que as *greenways* não venham a ser implantadas, pois esse descarte é muito prejudicial para a qualidade do

solo e água do fundo de vale.

Em relação ao mobiliário urbano, muitas foram as sugestões, alguns entrevistados gostariam que o local possuísse espaços para a recreação infantil, como parquinhos. Também foi sugerido a implantação de pistas de skate, lixeiras, bebedouros, bancos, banheiros públicos, espaço para alimentação, portais para impedir a entrada de veículos motorizados e academia para idosos. Em contrapartida um entrevistado considera que os bebedouros são dispensáveis à proposta, e justificou sua opinião devido a atual pandemia e possíveis ataques de vandalismo.

Os entrevistados também sugeriram a colocação de placas informativas sobre o local e a dispersão de mensagens de conscientização e preservação da natureza e patrimônio. Para complementar, um entrevistado propôs a criação de sinalização personalizada com a marcação de destinos importantes localizados próximos ao Córrego com a indicação de tempo de percurso de bicicleta até esses locais. Outro entrevistado sugere a colocação de placas nas redondezas do local, para indicar a presença da *greenway* no fundo de vale. Essas ações poderiam fomentar a utilização da caminhada e bicicleta como modo de transporte, a longo prazo.

No que se refere ao uso da *greenway* para melhorar mobilidade urbana, os respondentes afirmaram que apesar de ser uma boa proposta para a população, é necessário criar uma rede de ciclovias na cidade, para que a *greenway* seja incorporada nos trajetos das pessoas, assim como também citaram a importância de conectar a *greenway* com o transporte coletivo. Um entrevistado afirmou que caso não haja essa rede de infraestruturas, são grandes as chances de a via ser utilizada apenas para esporte e lazer.

A contribuição dos entrevistados foi importante para elencar os itens que são considerados relevantes para a população, assim como permitiu a revisão de alguns itens que foram considerados dispensáveis. Esses resultados são uma demonstração de como a população poderia participar das tomadas de decisão relacionadas ao planejamento de transportes.

5 CONCLUSÕES

Esse estudo contribuiu com a escassa literatura a respeito de implantação de *greenways* nos fundos de vale de cidades brasileiras. Ainda há muitas lacunas para serem preenchidas, para que de fato essas vias exerçam todo seu potencial de contribuição para um sistema de mobilidade mais sustentável, quando implantadas. No entanto, foram encontradas evidências de que existe um potencial significativo para a alocação das *greenways* em fundos de vale.

Do ponto de vista da legislação, considera-se permitida a implantação de *greenways* nesses locais, visto que suas características atendem as exceções citadas pelo Código Florestal Brasileiro. Além disso, por meio da revisão bibliográfica, é possível perceber que um serviço adequado de manutenção das *greenways* pode contribuir para a restauração e preservação do meio ambiente, incluindo níveis satisfatórios de qualidade da água e trazendo benefícios de conectividade para a fauna e flora local. Para obter todos esses benefícios é necessário planejamento apropriado e detalhado, garantindo a preservação das características locais. Outro ponto que deve ser considerado para o correto dimensionamento, é o volume de pessoas que podem acessar a via simultaneamente, assim é possível manter qualidade de vida dos animais que habitam esses lugares.

A caracterização física do local de estudo, permitiu verificar que há espaço para a construção de *greenways* sem causar grandes danos a vegetação. Além disso, foi possível constatar que em termos de altimetria, o fundo de vale fornece um ambiente mais conveniente para a circulação de pedestres e ciclistas.

No que se refere ao ponto de vista da população, notou-se que o planejamento participativo é primordial para aprimorar o projeto conceitual e agregar itens que são realmente relevantes para os potenciais usuários da via, assim como também foi importante para identificar os itens que são dispensáveis. Dessa forma, estudos futuros podem utilizar esses comentários para aprimorar a sugestão apresentada e torná-lo mais adequado e atrativo para outras pessoas.

Vale destacar que apenas a construção de uma única *greenway* não incentivaria mais pessoas a usar a caminhada ou bicicleta como modo de transporte, pois é necessário criar uma rede segura, direcionada para esses tipos de transporte e que permita que as pessoas cheguem em seus pontos de interesse. Sem essa conexão, as *greenways* corre o risco de se tornar apenas mais um item recreacional

para as cidades. Sendo assim, o incentivo ao uso desses modos precisa de investimentos para a criação de uma rede mais desenvolvida e conectada.

Os testes iniciais do protótipo demonstraram potencial, mas devido a discordância dos resultados dos sensores MQ-135 e DHT22, recomenda-se a realização de mais testes com esses sensores, em estudos futuros, a fim de obter conclusões mais seguras a respeito da exposição de pedestres e ciclistas aos efeitos de temperatura, umidade do ar e gases poluentes.

Por fim, os resultados obtidos pelo sensor UVM-30A demonstraram um importante indicativo de que a vegetação do fundo de vale é essencial para reduzir significativamente a exposição das pessoas aos raios ultravioletas, quando comparados com as vias urbanas. Esse indício é mais um motivo para concentrarmos nossos esforços na preservação da vegetação de áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

AKPINAR, Abdullah. Factors influencing the use of urban greenways: A case study of Aydın, Turkey. **Urban forestry & urban greening**, v. 16, p. 123-131, 2016.

ARCHELA, Rosely Sampaio et al. Expansão Urbana de Londrina. **ATLAS AMBIENTAL DA CIDADE DE LONDRINA. BARROS, MV F; et al. Projeto de Pesquisa**, n. 05058/08, 2008.

BARROS, APBG; MARTÍNEZ, Luis Miguel; VIEGAS, José Manuel. Entender conjuntamente a escolha modal e de rotas dos pedestres em Portugal. In: **XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET**. Anais. 2015.

BATTISTON, Marcia; OLEKSZECHEN, Nikolas; NETO, Arnaldo Debatin. Barreiras e facilitadores no uso da bicicleta em deslocamentos diários: alternativas para a mobilidade urbana. **Revista de Ciências Humanas**, v. 51, n. 1, p. 269-286, 2017.

BIGAZZI, Alexander Y.; FIGLIOZZI, Miguel A. Review of urban bicyclists' intake and uptake of traffic-related air pollution. **Transport Reviews**, v. 34, n. 2, p. 221-245, 2014.

BOOTH, Chris; RICHARDSON, Tim. Placing the public in integrated transport planning. **Transport policy**, v. 8, n. 2, p. 141-149, 2001.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2012.

BRUGGE, Doug; DURANT, John L.; RIOUX, Christine. Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: a review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. **Environmental health**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2007.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. Uma visão da mobilidade urbana sustentável. **Revista dos transportes públicos**, v. 2, n. 99-106, p. 4, 2006.

CHOI, Wonsik; RANASINGHE, Dihara; DESHAZO, J.R.; KIM, Jae-Jin; PAULSON; Suzanne E. Where to locate transit stops: Cross-intersection profiles of ultrafine particles and implications for pedestrian exposure. **Environmental pollution**, v. 233, p. 235-245, 2018.

CITY OF MELBOURNE. Elizabeth Street Strategic Opportunities Plan. **Summary Report**. 20p. 2019.

CITY OF RALEIGH PARKS, RECREATION AND CULTURAL RESOURCES DEPARTMENT. Capital Area Greenway Planning & Design Guide.. 2015

CURTIS, Julia; HULL, Christopher; HADLEY, Michael. Ultraviolet radiation exposure among recreational and competitive cyclists in Utah. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 66, n. 4, 2012.

DILL, Jennifer; CARR, Theresa. Bicycle commuting and facilities in major US cities: if you build them, commuters will use them. **Transportation research record**, v. 1828, n. 1, p. 116-123, 2003.

DOS SANTOS, Daiana S.; FURLAN, Cássia M. Avaliação do Grau de Informação da População de São Caetano do Sul sobre os Malefícios da Exposição Excessiva ao Sol e o Uso de Protetor Solar. **Revista de Atenção à Saúde**, v. 6, n. 17, 2008.

FABOS, Julius Gy. Introduction and overview: the greenway movement, uses and potentials of greenways. **Landscape and Urban Planning**, v. 33, p. 1-13, 1995.

FLYNN, Brian S. et al. Weather factor impacts on commuting to work by bicycle. **Preventive medicine**, v. 54, n. 2, p. 122-124, 2012.

FORMAN, R. T. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. **The Ecological Design and Planning Reader; IslandPress: Washington, DC, USA**, p. 217-234, 2014.

FRISCHENBRUDER, Marisa T. Mamede; PELLEGRINO, Paulo. Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities. **Landscape and urban planning**, v. 76, n. 1-4, p. 67-78, 2006.

GIBSON, Lucy; SMART MOBILITY INC; NORWICH, VERMONT. Vermont Trails and Greenways. Vermont Trails and Greenways Council. Setembro, 2005.

GOBSTER, Paul H.; WESTPHAL, Lynne M. The human dimensions of urban greenways: planning for recreation and related experiences. **Landscape and urban planning**, v. 68, n. 2-3, p. 147-165, 2004.

GOMES, Luís Souza; BARROSO, Sheilla da Silva; GONZAGA, Wendell da Silva; PRADO, Eduardo Seixas. Estado de hidratação em ciclistas após três formas distintas de reposição hídrica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 22, n. 3, p. 89-97, 2014.

GOMES, Vitor Hugo. Projetos conceituais como ferramenta para integrar a opinião dos usuários ao planejamento de transportes. 2018. 118 f. **Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil)**, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

GRANT, Richard H.; HEISLER, Gordon M.; GAO, Wei. Estimation of Pedestrian Level UV Exposure Under Trees. **Photochemistry and Photobiology**, v. 75, n. 4, p. 369-376, 2002.

HAO, Lijun; XIAO, Zhetao; YANG, Qiusheng. Study on planning and construction of community greenway for PM2.5 reduction. **The Open Fuels & Energy Science Journal**, v. 8, n. 1, 2015.

HANKEY, S.; LINDSEY G.; WANG X.; BORAH, J.; HOFF, K.; UTECHT, B., XU, Z. Estimating use of non-motorized infrastructure: Models of bicycle and pedestrian traffic in Minneapolis, MN. **Landscape and Urban Planning**, v. 107, n. 3, p. 307-316, 2012.

IBGE. **IBGE – Cidades**, Brasil, 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/panorama>. Acesso em: 10 de Setembro de 2019.

IPPUL. **Rede cicloviária de Londrina**. 2016 Disponível em: <https://ippul.londrina.pr.gov.br/index.php/rede-cicloviaria-de-londrina.html>. Acesso em: 17 de Setembro de 2019.

IDREES, Zeba; ZOU, Zhuo; ZHENG, Lirong. Edge computing based IoT architecture for low cost air pollution monitoring systems: a comprehensive system analysis, design considerations & development. **Sensors**, v. 18, n. 9, p. 3021, 2018.

INCA. **Estimativa de Câncer no Brasil**. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/numeros-de-cancer>, 2018. Acesso em: 12 de Agosto de 2019.

JOHNSON, Russ; PENNSYLVANIA ENVIRONMENTAL COUNCIL. Creating Connections. The Pennsylvania Greenways and Trails How-to Manual. Pennsylvania Greenways Partnership, 1998

JUCHEM, P.; HOCHBERG, J.; WINOGRON, A.; ARDENGHY, M.; ENGLISH, R. Riscos à saúde da radiação ultravioleta. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 13, n. 2, p. 31-60, 2001.

KASPAR, Jerome; MOHNKE, Jonas; VIELHABER, Michael. GreenTrail—A Sustainable Mobility Concept Advisor (SMCA) Tool. **Procedia CIRP**, v. 98, p. 648-653, 2021.

KEITH, S. J.; LARSON, L. R.; SHAFER, C. S.; HALLO, J. C.; FERNANDEZ, M. Greenway use and preferences in diverse urban communities: Implications for trail design and management. **Landscape and Urban Planning**, v. 172, p.47-59, 2018.

KIMLIN, M. G.; MARTINEZ, N.; GREEN, A. C.; e WHITEMAN, D. C. Anatomical distribution of solar ultraviolet exposures among cyclists. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 85, n. 1, p. 23-27, 2006.

LARRAÑAGA, Ana Margarita; RIBEIRO, José Luis Duarte; CYBIS, Helena Beatriz Betella. Fatores que afetam as decisões individuais de realizar viagens a pé: estudo qualitativo. **Transportes**, v. 17, n. 2, 2009.

LEE, Suji; LEE, Whanhee; KIM, Dahye; KIM, Ejin; MYUNG, Woojae; KIM, Sun-Young; KIM, Ho. Short-term PM2.5 exposure and emergency hospital admissions for mental disease. **Environmental research**, v. 171, p. 313-320, 2019.

LIU, Chengxi; SUSILO, Yusak O.; KARLSTRÖM, Anders. Weather variability and travel behaviour—what we know and what we do not know. **Transport reviews**, v. 37, n. 6, p. 715-741, 2017.

LITTLE, C. E. Greenways for america. **JHU Press**. 1995

LONDRINA. Lei nº 12.236, de 29 de Janeiro de 2015. Uso e Ocupação do Solo. 2015

LONDRINA. **Perfil do município de Londrina**. Secretaria Municipal de Planejamento Orçamento e Tecnologia – DP/GPI, 2018.

LOURO, Thiago V. Representação Espacial dos Locais de Comércio, Prestação de Serviços e moradias. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2018.

MACIOROWSKI, Maíra Mesquita; SOUZA, João Carlos. Urban Roads and Non-Motorized Transport: The Barrier Effect and Challenges in the Search for Sustainable Urban Mobility. **Transportation research procedia**, v. 33, p. 123-130, 2018.

MACNAUGHTON, Piers, MELLY, Steven, VALLARINO, Jose, et al. Impact of bicycle route type on exposure to traffic-related air pollution. **Science of the total environment**, v. 490, p. 37-43, 2014.

MENDONÇA, Luciana Baza; BARROS, Miriam Vizintim Fernandes. Mapeamento da vegetação de fundo de vale da cidade de Londrina–PR, a partir de imagens ETM Landsat 7. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 11, n. 1, p. 63-75, 2002.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Caderno de Referência para elaboração de: Plano de mobilidade por bicicletas nas cidades. **Coleção Bicicleta Brasil, Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta, Caderno 1**. Brasília, Brasil, 2007.

MORALES, Ivan L. Desenvolvimento e validação de um dispositivo de medição dos raios ultravioleta e uso na cidade de Bauru – SP - Dissertação (Mestrado em Mídia e Tecnologia) – FAAC – UNESP, Bauru, 2018.

MOTA, Wilson N.; JUNIOR, José A.; EVANGELISTA, Adão W. P.; CASAROLI, Derblai. SMUT - Sistema de baixo custo para aquisição de temperatura e umidade relativa do ar para manejo de irrigação. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 89-99, 2018.

MRKAJIC, Vladimir; VUKELIC, Djordje; MIHAJLOV, Andjelka. Reduction of CO2 emission and non-environmental co-benefits of bicycle infrastructure provision: the case of the University of Novi Sad, Serbia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 232-242, 2015.

NAZELLE, Audrey; BODE, Olivier; ORJUELA, Juan Pablo. Comparison of air pollution exposures in active vs. passive travel modes in European cities: A quantitative review. **Environment international**, v. 99, p. 151-160, 2017.

OLIMEX. Datasheet MQ-135 GAS SENSOR. Disponível em: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>. Acesso em 10/10/2020.

OLIVEIRA, Joanara M. **Identificação de fatores que contribuem para o uso da bicicleta como transporte urbano**. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 173 f, 2012.

PARKIN, John; RYLEY, Tim; JONES, Tim. Barriers to cycling: an exploration of quantitative analyses. **Cycling and society**, p. 67-82, 2007.

PETERS, Jan; VAN DEN BOSSCHE, Joris; REGGENTE, Matteo; VAN POPPEL, Martine; DE BAETS, Bernard; e THEUNIS, Jan. Cyclist exposure to UFP and BC on urban routes in Antwerp, Belgium. **Atmospheric Environment**, v. 92, p. 31-43, 2014.

PETERSEN, Ruth; PEDROSO, Margo S. Economic Benefits of Promoting Safe Walking and Biking to School: Creating Momentum for Community Improvements. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 60, n. 1, p. e41-e43, 2021.

PIERCY, Katrina L. et al. The physical activity guidelines for Americans. **Jama**, v. 320, n. 19, p. 2020-2028, 2018.

POLEDNIK, Bernard; PIOTROWICZ, Adam. Pedestrian exposure to traffic-related particles along a city road in Lublin, Poland. **Atmospheric Pollution Research**, v. 11, n. 4, p. 686-692, 2020.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA. Padrão de calçadas. Disponível em: http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_obras/dap/padro_o_de_calcada.pdf. Acesso em: 27 de Setembro de 2019.

QIU, Zhaowen et al. Exposure assessment of cyclists to UFP and PM on urban routes in Xi'an, China. **Environmental Pollution**, v. 250, p. 241-250, 2019.

RAKOWSKA, Agata; WONG Ka C.; TOWNSEND, Thomas; CHAN, Ka Lok.; WESTERDAHL, Dane; NG, Simon; MOCNIK, Grisa; DRINOVEC, Luka; NING, Zhi. Impact of traffic volume and composition on the air quality and pedestrian exposure in urban street canyon. **Atmospheric Environment**, v. 98, p. 260-270, 2014.

REYNOLDS, Kim D.; WOLCH, Jennifer; BYRNE, Jason; CHOU, Chih P.; FENG, Guanjun; WEAVER, Susan; JERRETT, Michael. Trail characteristics as correlates of urban trail use. **American Journal of Health Promotion**, v.21, p.335-345, 2007.

RICIERI, Mariana G.; FONTENELE, Heliana B.; SILVA JUNIOR, Carlos A. P. Percepção de Cidadãos de uma Cidade de Médio Porte em relação ao uso da Bicicleta como modo de Transporte. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, 2017.

SABIR, Muhammad. **Weather and travel behaviour**. 2011. Dissertação de Mestrado. Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, 2011.

SARJALA, Satu. Built environment determinants of pedestrians' and bicyclists' route choices on commute trips: Applying a new grid-based method for measuring the built environment along the route. **Journal of Transport Geography**, v. 78, p. 56-69, 2019.

SANEINEJAD, Sheyda; ROORDA, Matthew J.; KENNEDY, Christopher. Modelling the impact of weather conditions on active transportation travel behaviour. **Transportation research part D: transport and environment**, v. 17, n. 2, p. 129-137, 2012.

SENES, Giulio; ROVELLI, Rovelli; BERTONI, Danilo; ARATA, Laura; FUMAGALLI, Natália; TOCCOLINI, Alessandro. Factors influencing greenways use: Definition of a method for estimation in the Italian context. **Journal of transport geography**, v. 65, p. 175-187, 2017.

SHAFER, C. Scott; LEE, Bong Koo; TURNER, Shawn. A tale of three greenway trails: user perceptions related to quality of life. **Landscape and urban planning**, v. 49, n. 3-4, p. 163-178, 2000.

SILVA JUNIOR, Carlos A. P. e FONTENELE, Heliana B. Ciclismo como um modo de transporte em cidades de pequeno e médio porte. **XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Ouro Preto: ANPET**. p. 9-13, 2015.

SOUSA, Isabel-Cristina Nunes de; SANCHES, Suely da P. Fatores influentes na escolha de rota dos ciclistas. **EURE (Santiago)**, v. 45, n. 134, p. 31-52, 2019.

SPARKFUN ELETRONICS. Digital-output relative humidity & temperature sensor/module. DHT22 (DHT22 also named as AM2302). Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>. Acesso em 27/09/2020.

STEIN, Peolla Paula; SILVA, Antônio Néelson Rodrigues. Barriers, motivators and strategies for sustainable mobility at the USP campus in São Carlos, Brazil. **Case studies on transport policy**, v. 6, n. 3, p. 329-335, 2018.

SUSTRANS, Design Manual. Greenway management handbook, Bristol, 2016

TARINI, Victor A.; VILAS, Lígia; PEREIRA, Ricardo Z.; OLIVEIRA, Acary S. Hipertermia e exercício físico. **Revista Neurociências**, v. 13, p. 50-57, 2005.

VAN WEE, Bert. Urban transport and sustainability. In: **Sustainable Urban Environments**. Springer, Dordrecht, 2012. p. 243-261.

VICTORIA STATE GOVERNMENT. **Engage VicRoads - 5 year engagement strategy**. 18p., Melbourne, Austrália, 2016.

WAI, Ka-Ming; PETER, K. N.; CHAN, Pok-Man. Urban UV environment in a sub-tropical megacity—A measurement and modelling study. **Results in physics**, v. 7, p. 2705-2710, 2017.

WEICHENTHAL, S.; KULKA, R.; BÉLISLE, P.; JOSEPH, L.; DUBEAU, A.; MARTIN, C.; DALES, R. Personal exposure to specific volatile organic compounds and acute changes in lung function and heart rate variability among urban cyclists. **Environmental research**, v. 118, p. 118-123, 2012.

WILLIAMS, Hywel; BRETT, Judith; DU VIVIER, Anthony. Cyclist's melanoma. **Journal of the Royal College of Physicians of London**, v. 23, n. 2, p. 114, 1989.

WILTRONICS. Datasheet UV Detection Sensor. Disponível em: <https://www.wiltronics.com.au/wp-content/uploads/datasheets/ARD2-2062.pdf>. Acesso em 27/09/2020.

WINTERS, Meghan; BRAUER, Michael; SETTON, Eleanor M.; TESCHKE, Kay. Built environment influences on healthy transportation choices: bicycling versus driving. **Journal of urban health**, v. 87, n. 6, p. 969-993, 2010a.

WINTERS, Meghan; TESCHKE, Kay; GRANT, Michael; SETTON, Eleanor.; BRAUER, Michael. How far out of the way will we travel? Built environment influences on route selection for bicycle and car travel. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2190, 2010b.

WOLCH, Jennifer R.; BYRNE, Jason; NEWELL, Joshua P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. **Landscape and urban planning**, v. 125, p. 234-244, 2014.

WONG, Man Sing; YIP, Tsan Pong; MOK, Esmond. Development of a personal integrated environmental monitoring system. **Sensors**, v. 14, n. 11, p. 22065-22081, 2014.

VALAVANIDIS, Athanasios; FIOTAKIS, Konstantinos; VLACHOGIANNI, Thomais. Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms. **Journal of Environmental Science and Health, Part C**, v. 26, n. 4, p. 339-362, 2008.

ZHOU, Q., CHE, M., KOH, P. P., & WONG, Y. D. Effects of improvements in non-motorised transport facilities on active mobility demand in a residential township. **Journal of Transport & Health**, v. 16, p. 100835, 2020.