

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**Demanda potencial para um sistema de
compartilhamento de bicicletas *pedelecs*:
O caso de um campus universitário**

Leonardo Dal Picolo Cadurin

São Carlos

2016

**Demanda potencial para um sistema de
compartilhamento de bicicletas *pedelecs*:
O caso de um campus universitário**

Leonardo Dal Picolo Cadurin

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes.

Área de concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte.

Orientador: Prof. Titular Antônio Néilson Rodrigues da Silva

São Carlos

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

D121d Dal Picolo Cadurin, Leonardo
Demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas pedelecs: O caso de um campus universitário / Leonardo Dal Picolo Cadurin; orientador Antônio Néelson Rodrigues da Silva. São Carlos, 2016.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

1. Modos não motorizados. 2. Pedelec. 3. Sistema de compartilhamento de bicicletas. 4. Campus universitário. 5. Demanda potencial. 6. Modelos de escolha discreta. 7. Redes neurais artificiais. 8. Mobilidade urbana sustentável. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **LEONARDO DAL PICOLO CADURIN**.

Título da dissertação: "Demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas pedelecs: o caso de um campus universitário".

Data da defesa: 12/05/2016.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Titular **Antônio Néelson Rodrigues da Silva**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Profa. Dra. **Anabela Salgueiro Narciso Ribeiro**
(Universidade de Coimbra/Portugal)

Aprovado

Profa. Dra. **Suely da Penha Sanches**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:
Prof. Associado **Paulo Cesar Lima Segantine**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo Cesar Lima Segantine**



Pôr do sol na ciclovia da Av. Paulista, em São Paulo | Foto: Ciro Amado

*Às pessoas que pensam e constroem cidades
mais democráticas e humanas.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à vida e a todas as pessoas que passaram e que ainda passarão por ela. Tenho plena convicção de que as ideias pensadas neste mestrado, embora transcritas por mim nesta dissertação, são o resultado de múltiplas experiências vividas em muitos lugares, com muitas pessoas e em diversas épocas e fases da minha vida. Quando se trata de São Carlos, aprendi muito nesse período em que morei aqui. Essa cidade me permitiu, através das pessoas incríveis que aqui vivem, aprender sobre diversos assuntos. Somos construídos pelo meio em que estamos inseridos. Portanto, devo muito à vida (resumindo tudo de importante em apenas uma palavra).

Agradeço...

Ao professor Nélon pela excelente orientação, o que inclui as ideias, sugestões, atenção, compreensão, sensatez, dedicação e competência. Para além da minha pesquisa, tenho admiração pela dedicação à docência, com destaque para a utilização e pesquisa de abordagens de ensino construtivistas (além das abordagens expositivas tradicionais) e a vontade de colocar os(as) graduandos(as) em contato com as pesquisas de pós-graduação.

Ao Yuriê Baptista César, que foi quem me indicou o professor Nélon para fazer pesquisa sobre modos não motorizados.

A todos(as) professores(as) do Departamento de Engenharia de Transportes, em especial a quem ministrou disciplinas que cursei: Cira, André, Manoel, Leomar, Coca, Setti, Glauco, Ana Furlan e Adalberto.

A todos(as) funcionários(as) do Departamento de Engenharia de Transportes, em especial: Beth, Heloísa e Toco.

A todos(as) amigos(as) e colegas pós-graduandos(as) do Departamento de Engenharia de Transportes.

A todos(as) graduandos(as) da disciplina “Planejamento e Análise de Sistemas de Transportes” (turmas do 2º semestre de 2015), que me ajudaram na aplicação dos questionários.

À Janice Kirner Providelo, que contribuiu para a elaboração da pesquisa de preferência declarada.

À Carla Diniz, à Maisa Bessan e à Heline Hellen, que me ajudaram na aplicação dos questionários dentro dos laboratórios da Área 2.

Às pessoas que responderam ao questionário.

A minha família, em especial minha mãe, meu pai, meu irmão e minha irmã.

Aos(às) companheiros(as) da APG USP São Carlos e da APG UFSCar.

Aos(às) companheiros(as) da Massa Crítica de São Carlos.

Aos(às) companheiros(as) organizadores(as) do evento “A rua é para todos”.

Aos(às) companheiros(as) do CUME (Centro Universitário de Montanhismo e Excursionismo) da UFSCar.

Aos(às) companheiros(as) do ViDA (Vivências e Discussões em Agroecologia).

Aos(às) companheiros(as) da república Caixa d'Água.

A todas as pessoas que, como disse no começo, contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo apoio financeiro.

“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas próprias árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver”.

Amyr Klink

RESUMO

CADURIN, L. D. P. (2016) **Demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas *pedelecs*: O caso de um campus universitário**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Este trabalho teve como objetivo analisar a demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas *pedelecs* no campus da USP de São Carlos, com foco nos deslocamentos de estudantes entre as duas áreas do campus. Para tanto, foi elaborado um conjunto de procedimentos, que constituem duas etapas: caracterização do público-alvo e análise da demanda potencial pelas bicicletas *pedelecs* compartilhadas. Na primeira etapa foi aplicado um questionário, elaborado com a técnica de preferência declarada, para verificar as preferências dos usuários em relação às *pedelecs* compartilhadas e ao ônibus operado pela USP. Os resultados desta consulta, que envolveu variáveis de condições meteorológicas, situação de ciclovias/ciclofaixas entre as áreas do campus e lotação do ponto de ônibus USP, foram posteriormente utilizados para calibrar um modelo *logit* e treinar uma Rede Neural Artificial (RNA). Na segunda etapa foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados obtidos na coleta, a fim de analisar as probabilidades de escolha da *pedelec* (ao invés do ônibus USP). Nesta planilha também foram utilizados dados do histórico meteorológico de São Carlos no período entre 2011 e 2015. Alguns dos resultados obtidos são destacados na sequência. A probabilidade de escolha das *pedelecs* é, em média, três vezes maior quando existem ciclovias/ciclofaixas (em relação à ausência da referida infraestrutura cicloviária). A ocupação do ponto de ônibus USP também é impactante, pois as probabilidades de uso da bicicleta *pedelec* praticamente dobram quando o ponto está cheio. No caso da meteorologia, foi constatado que as maiores probabilidades ocorrem no Outono e no Inverno, ou seja, nas épocas em que se concentram os dias mais secos e com menores temperaturas. Para o período letivo de 2011 a 2015, considerando a situação atual (isto é, sem ciclovias/ciclofaixas entre as áreas), os valores de probabilidade de uso da *pedelec* correspondem a 9% com o ponto vazio e 19% com o ponto cheio. Se houvesse ciclovias/ciclofaixas, a probabilidade seria de até 54%. Desse modo, a estratégia de análise desenvolvida conceitualmente, bem como implantada em planilha eletrônica, se constitui em importante ferramenta de auxílio para a condução da política de transportes que a Prefeitura do campus irá adotar para os anos futuros. Além disso, evidencia uma possível demanda potencial para um sistema com *pedelecs* compartilhadas.

Palavras-chave: Modos não motorizados; *Pedelec*; Sistema de compartilhamento de bicicletas; Campus universitário; Demanda potencial; Modelos de escolha discreta; Redes Neurais Artificiais; Mobilidade urbana sustentável.

ABSTRACT

CADURIN, L. D. P. (2016) **Potential demand for a pedelec sharing system: The case of a university campus**. MSc Dissertation, São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, 2016.

The objective of this study was to analyze the potential demand for a pedelec sharing system at the São Carlos campus of the University of São Paulo (USP), aiming at the displacements of students between the two campus Areas. The set of procedures developed to reach the objective has involved two steps: characterization of the target audience and analysis of the potential demand for shared pedelecs. The first step was accomplished with a questionnaire designed with a stated preference approach for identifying users' preferences regarding shared pedelecs and the bus system operated by the university. The survey results, which involved variables of weather conditions, existence of bike paths/bike lanes between the campus Areas, and occupancy rates at the USP bus stop, were subsequently used to calibrate a logit model and to develop an Artificial Neural Network (ANN). The survey data were also used in the second step of the process, in which an electronic spreadsheet was created to analyze the probabilities of choosing the pedelec alternative (instead of the bus route operated by university). The spreadsheet was also fed with meteorological data of São Carlos in the period between 2011 and 2015. Some of the obtained outcomes are highlighted in the sequence. The probability of a pedelec being chosen is almost three times higher if bike paths/bike lanes do exist than if they do not exist. The occupancy rates of the bus stop are also particularly relevant. The probability of someone choosing a pedelec nearly doubles when the bus stop is crowded. Regarding the weather conditions, the highest probabilities are observed in the Fall and Winter seasons, i. e. in the driest and coldest days. For the entire academic period comprised between 2011 and 2015, the probabilities range from 9% (empty bus stop) to 19% (full bus stop), considering the current situation (i. e. no cycleways connect the two campus Areas). In the presence of this cycling infrastructure, however, the probability goes up to 54%. Thus, the strategy of analysis conceptually developed, and made available through an electronic spreadsheet, may be an important support tool for the implementation of transport policies by the campus administration. In addition, it highlights a likely potential demand for a system of shared pedelecs.

Keywords: Non-motorized modes; Pedelec; Bike sharing system; University campus; Potential demand; Discrete choice models; Artificial Neural Networks; Sustainable urban mobility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Espaço na via necessário para transportar a mesma quantidade de pessoas através de ônibus, bicicletas e carros. Fonte: Cycling Promotion Fund (s. d.).....	6
Figura 2.2: Comparação entre o espaço ocupado por carros e bicicletas em área reservada para estacionamento. Fonte: Cyclehoop (s. d.).....	6
Figura 2.3: Evolução, no período de 2001 a 2014, da taxa de motorização por automóveis para o Brasil. Fonte: adaptado de Observatório das Metrôpoles (2015)	7
Figura 2.4: Distribuição da taxa de motorização por automóveis, pelas regiões do Brasil, para os anos de 2001 e 2014. Fonte: adaptado de Observatório das Metrôpoles (2015)	8
Figura 2.5: Exemplo de <i>parklet</i> em São Francisco (EUA). Fonte: Hypheness (2014).....	9
Figura 2.6: Retrato do inverno extremo em Montreal, Canadá. Fonte: BIXI Montreal (2015)	10
Figura 2.7: <i>White bike</i> , bicicleta típica do primeiro <i>bike sharing</i> do mundo, o qual foi instalado em Amsterdam (Holanda) no ano de 1965. Fonte: Happy Hotelier (2007)	12
Figura 2.8: Bicicletas do <i>City Bikes</i> , <i>bike sharing</i> implantado em Copenhague (Dinamarca) e que caracteriza a segunda geração. Fonte: Cycles of Life (2012).....	13
Figura 2.9: Procedimento para utilização das bicicletas do sistema <i>City Bikes</i> . Basta inserir a moeda (quadro 2) para destravar a bicicleta, enquanto a inserção do cadeado retorna a moeda (quadro 4). Fonte: Cycle Guide DK (2010)	13
Figura 2.10: Sistema <i>Green Bike</i> , <i>bike sharing</i> de terceira geração, instalado na Universidade Saint Xavier (em Chicago, EUA). Fonte: MetroBike (2009)	14
Figura 2.11: Sistema BiciMAD de bicicletas elétricas compartilhadas em Madrid (Espanha). Um exemplo da quarta geração de <i>bike sharing</i> . Fonte: Spotahome (2014).....	15
Figura 2.12: Guidão de uma <i>e-bike</i> do sistema BiciMAD. Fonte: BiciMAD (2014).....	15
Figura 2.13: Bicicleta típica do sistema SoBi, considerado de quarta geração e que não necessita da utilização de estações. Fonte: Social Bicycles (2016b)	16
Figura 2.14: Primeiro <i>bike sharing</i> brasileiro de quarta geração, com bicicletas do tipo <i>pedelec</i> , implantado em São Luiz do Paraitinga/SP. Fonte: Folha de São Paulo (2015).....	16
Figura 2.15: Sistema <i>cycleUshare</i> , primeiro <i>bike sharing</i> de quarta geração dos EUA, o qual foi instalado na Universidade de Tennessee, em Knoxville. Fonte: Universidade de Tennessee-Knoxville (2016)	17
Figura 2.16: Funções utilidade do trabalho de Isler (2015). Fonte: Isler (2015).....	25
Figura 2.17: Exemplo de modelo restrito (isto é, com coeficientes genéricos) do <i>logit</i> multinomial. Fonte: Isler (2015).....	27
Figura 2.18: Exemplo de modelo com coeficientes específicos do <i>logit</i> multinomial. Fonte: Isler (2015)	27

Figura 3.1: Principais eixos viários entre as áreas do campus da USP de São Carlos ¹ Ganho é a variação positiva (ascendente) de altitude acumulada ² Perda é a variação negativa (descendente) de altitude acumulada. Fonte: Google Earth (2015)	32
Figura 3.2: Fluxograma com o conjunto de procedimentos e ferramentas utilizados no estudo de caso.	34
Figura 3.3: Comparação de características entre o ônibus da USP e o sistema de bicicletas <i>pedelecs</i> compartilhadas.	36
Figura 3.4: Composição dos cenários para a escolha do modo preferido.	37
Figura 3.5: Arquivo .dat utilizado para o modelo <i>logit</i> calibrado.....	40
Figura 3.6: Estrutura da planilha eletrônica para cálculo da probabilidade de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> compartilhada.	42
Figura 3.7: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do <i>site</i> do Instituto Nacional de Meteorologia. Fonte: INMET (2016)	43
Figura 3.8: Planilha eletrônica para cálculo da probabilidade de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> compartilhada, com os dados de dias letivos inseridos.	53
Figura 3.9: Planilha eletrônica elaborada para checar a variação da probabilidade de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> ao longo do dia, conforme a ocupação do ônibus da USP.	55
Figura 4.1: Rejeição aos meios de transporte, com foco no deslocamento entre as áreas do campus.	63
Figura 4.2: Arquitetura da Rede Neural Artificial (RNA) treinada.	64
Figura 4.3: Preferências por bicicletas <i>pedelecs</i> compartilhadas, quando comparadas ao ônibus operado pela USP, para os 16 cenários.	66
Figura 4.4: Distribuição das probabilidades de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> para todos os anos do período avaliado.	73
Figura 4.5: Distribuição das probabilidades de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> para as estações do ano de todos os anos do período avaliado.	74
Figura 4.6: Distribuição das probabilidades de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> para os meses de todos os anos do período avaliado.....	75
Figura 4.7: Variação na probabilidade de escolha da <i>pedelec</i> ao longo do dia, conforme lotação do ônibus.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Síntese de trabalhos que focaram na demanda pelo transporte cicloviário e respectivas abordagens matemáticas utilizadas nos modelos calibrados.	21
Tabela 2.2: Atributos e níveis de pesquisa de preferência declarada conduzida por Magalhães e Palhares na cidade de Montes Claros/MG.....	24
Tabela 2.3: Síntese de trabalhos, com respectivas localizações dos dados utilizados, que verificaram a relação entre as condições meteorológicas e a demanda cicloviária.	29
Tabela 3.1: Valores dos níveis das variáveis do modelo para inserção no <i>software</i> Biogeme.	39
Tabela 3.2: Cálculo das preferências, para cada cenário, conforme a Rede Neural Artificial (RNA).	41
Tabela 3.3: Matriz de correlação, para o banco de dados completo (dados ausentes preenchidos), com os parâmetros de precipitação e temperaturas compensada média, máxima e mínima.	46
Tabela 3.4: Matriz de correlação, para o banco de dados original (sem os vazios), com os parâmetros de precipitação e temperaturas compensada média, máxima e mínima.	47
Tabela 3.5: Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo e percentis 10, 25, 50, 75 e 90) para os parâmetros do banco de dados completo.....	48
Tabela 3.6: Classificação, com base nos quartis, dos parâmetros de temperatura média e precipitação adotada por Ahmed et al. (2012).....	49
Tabela 3.7: Classificação, com base nos percentis, dos parâmetros de temperatura máxima e precipitação.	50
Tabela 3.8: Classificação dos dias letivos conforme categorias de temperatura máxima e precipitação.	51
Tabela 3.9: Data e horário de início de cada estação do ano (2011 a 2015).....	51
Tabela 3.10: Contagem de passageiros(as) do ônibus da USP para os dias 15, 16 e 17 de setembro de 2015.....	54
Tabela 4.1: Gênero e vínculo com a universidade das pessoas que responderam ao questionário.....	57
Tabela 4.2: Tempo máximo aceitável para o deslocamento entre as áreas do campus.....	58
Tabela 4.3: Tempo de viagem, com carro (motorista e carona), no deslocamento entre as áreas do campus.	58
Tabela 4.4: Tempo de viagem, com bicicleta convencional, no deslocamento entre as áreas do campus.....	59

Tabela 4.5: Impacto dos motivos para não utilizar a bicicleta convencional no deslocamento entre as áreas do campus, sendo o número um associado ao menor impacto e o número oito ao maior.	59
Tabela 4.6: Impacto dos motivos para não utilizar o ônibus operado pela USP na ligação entre as áreas do campus, sendo o número um associado ao menor impacto e o número três ao maior.	61
Tabela 4.7: Avaliação dos meios de transporte, sendo o número quatro associado à opção “muito satisfeito” e o número um associado à opção “muito insatisfeito”.....	62
Tabela 4.8: Resultados do modelo <i>logit</i> calibrado com os dados obtidos através da aplicação do questionário.	64
Tabela 4.9: Contagem dos dias letivos para os anos de 2011 a 2015.....	67
Tabela 4.10: Contagem dos dias letivos para as estações do ano de 2011 a 2015.	67
Tabela 4.11: Contagem dos dias letivos para os meses de 2011 a 2015.....	68
Tabela 4.12: Probabilidades de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> para os anos de 2011 a 2015.	70
Tabela 4.13: Probabilidades de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> para as estações do ano de 2011 a 2015.....	70
Tabela 4.14: Probabilidades de escolha da bicicleta <i>pedelec</i> para os meses de 2011 a 2015.	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa.....	2
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Estrutura do trabalho.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Mobilidade urbana, a priorização dos meios de transporte e a sustentabilidade.....	5
2.2 A bicicleta como um potencializador da mobilidade urbana sustentável.....	8
2.3 Motivos que desencorajam o uso da bicicleta convencional e o advento da <i>pedelec</i>	10
2.4 Sistemas de bicicletas compartilhadas (<i>bike sharing</i>).....	12
2.4.1 Sistemas de bicicletas compartilhadas em campi universitários.....	17
2.4.1.1 Concepção de um sistema com e-bikes compartilhadas.....	18
2.4.1.2 Simulações da demanda e disponibilidade de <i>e-bikes</i> em um sistema de compartilhamento.....	18
2.4.1.3 Análise do primeiro ano de funcionamento do sistema implantado na Universidade de Tennessee, em Knoxville (EUA).....	18
2.4.1.4 Comportamento (relacionado à segurança) de usuários(as) de bicicletas convencionais e elétricas.....	19
2.5 Demanda pelo transporte cicloviário.....	19
2.5.1 Modelos de escolha discreta.....	21
2.5.1.1 Pesquisa de preferência declarada.....	23
2.5.1.2 <i>Logit</i> multinomial.....	24
2.5.2 A influência da meteorologia e de ciclovias/ciclofaixas.....	28
2.5.3 A realidade brasileira.....	30
3 MÉTODO.....	31
3.1 Apresentação do estudo de caso.....	32
3.2 Etapa 1: Caracterização do público-alvo.....	35
3.2.1 Elaboração e aplicação do questionário.....	35
3.2.2 Análise das principais perguntas do questionário.....	38

3.2.3 Modelagem (<i>logit</i>) dos dados da pergunta de preferência declarada	39
3.2.4 Elaboração de uma Rede Neural Artificial (RNA) com os dados da preferência declarada.....	40
3.3 Etapa 2: Análise da demanda potencial por bicicletas <i>pedelecs</i> compartilhadas	41
3.3.1 Elaboração da estrutura da planilha eletrônica para cálculo das probabilidades ..	41
3.3.2 Obtenção e tratamento dos dados meteorológicos históricos de São Carlos/SP .	43
3.3.3 Classificação dos dias do histórico meteorológico	46
3.3.4 Inserção dos dias letivos classificados na estrutura da planilha eletrônica.....	51
3.3.5 Análise das probabilidades de uso das bicicletas <i>pedelecs</i> através da planilha eletrônica	53
4 RESULTADOS E ANÁLISES.....	57
4.1 Etapa 1: Caracterização do público-alvo	57
4.2 Etapa 2: Análise da demanda potencial por bicicletas <i>pedelecs</i> compartilhadas	66
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
5.1 Contribuições do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.....	80
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A.....	91

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana focada em modos motorizados individuais atualmente é vista como um dos maiores problemas das médias e grandes cidades, embora poucos governantes tomem decisões realmente efetivas e que contribuam para a democratização das cidades. O Brasil apresenta aumento acentuado na taxa de motorização por automóveis durante os últimos 15 anos (Observatório das Metrópoles, 2015), o que decorre de maior poder de compra da população, mas acima de tudo, de uma política que estabeleceu como prioridade o estímulo à compra do automóvel, visando o fomento da economia. Entre os maiores problemas advindos de uma mobilidade urbana fragilizada, destacam-se as mortes e acidentes por atropelamento, o uso de espaço público para estacionamento de carros (os quais ocupam muito espaço durante grande parte do dia), poluição sonora e visual e aumento do estresse, dos problemas de saúde e dos congestionamentos. Todos esses fatores contribuem, de forma conjunta, para a desumanização das cidades. Dessa forma, a mobilidade urbana sustentável emerge como um modo de tornar as cidades mais democráticas e humanas, priorizando os modos não motorizados e os coletivos motorizados e almejando a integração entre todos eles.

Nas cidades há diversos polos geradores de viagem (PGV), nos quais se enquadram as universidades, cujas políticas de transportes influenciam direta e indiretamente na mobilidade urbana das cidades em que estão inseridas. Tradicionalmente, os campi universitários brasileiros apresentam infraestrutura e política de transportes focada nos deslocamentos por modos motorizados individuais. Um retrato desse posicionamento é possível de ser notado na dificuldade de estacionar os carros em campi universitários mais compactos e antigos. Mesmo em casos de campi mais esparsos e igualmente antigos, com grandes áreas disponíveis para construção, o problema passa a recair no dimensionamento das vias e gastos com manutenção.

O estudo de caso deste trabalho foi no campus de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP), o qual é composto por duas áreas, com distância média de 4,5 km entre elas. A Área 1 existe desde 1956 e a Área 2 foi adquirida pela universidade em 2002. A primeira caracteriza-se por ser compacta e não possuir áreas para expansão, enquanto a segunda possui extensa área para expansão da área construída. Atualmente, o campus conta com cerca de 5200 alunos(as) de graduação e 2600 de pós-graduação, sendo que 34% do total frequenta regularmente a Área 2, conforme pesquisa realizada por Oliveira

(2015). Dentre os(as) estudantes que se deslocam com regularidade até a Área 2, há 81% de graduandos(as) e 19% de pós-graduandos(as), de acordo com a mesma pesquisa.

Alguns cursos de graduação e programas de pós-graduação se concentram ou possuem atividades na Área 2, exigindo deslocamentos dos(as) estudantes com certa frequência, já que a maior parte das moradias estudantis se concentra na região em torno da Área 1, devido à maior proximidade ao comércio e serviços. Desse modo, a universidade fornece ônibus, em uma grade de horários baseada nas aulas de graduação, para atender a essa necessidade de deslocamentos. Entretanto, há alunos(as) que não são contemplados(as) pelos horários disponíveis, principalmente os(as) que realizam atividades de pesquisa, seja iniciação científica ou de pós-graduação. Além disso, o serviço de ônibus encontra-se hoje em uma situação delicada, com uma frota em idade avançada e com restrições de manutenção e operação.

1.1 Justificativa

A existência de uma demanda regular entre as duas áreas e o fato da distância entre as mesmas ser apropriada para o modo ciclovário justificam a implantação de um sistema de compartilhamento de bicicletas complementar ao ônibus atualmente ofertado. Como um dos maiores empecilhos para uso de bicicletas é o esforço físico, a topografia da cidade poderia ser uma restrição ao uso da bicicleta convencional, mas as bicicletas elétricas do tipo *pedelec* praticamente eliminam esse problema. Além disso, elas aumentam a acessibilidade, visto que o motor elétrico auxilia o(a) usuário(a) de forma considerável. Além de permitir flexibilidade de horários, as bicicletas *pedelecs* contribuem para a mobilidade urbana da cidade e também para a saúde dos(as) estudantes, que, de certo modo, são responsabilidade da universidade. Para tanto, é necessário avaliar a demanda potencial para a implantação do sistema, levando em consideração as características que mais influenciam no uso da bicicleta e, além disso, a condição de ocupação do ponto de ônibus da USP, já que uma suposição de sistemas de transporte complementares seria mais realista do que uma substituição plena dos sistemas.

1.2 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é analisar a demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas *pedelecs* no campus da USP de São Carlos.

Como objetivos específicos:

- Apresentar um conjunto de procedimentos para estimativa da demanda potencial por bicicletas utilizando dados meteorológicos;
- Simular as probabilidades de uso das bicicletas *pedelecs* compartilhadas conforme histórico meteorológico de São Carlos;
- Avaliar a influência das ciclovias/ciclofaixas, da ocupação do ponto de ônibus USP e da meteorologia na probabilidade de uso das bicicletas *pedelecs* compartilhadas.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, além de um capítulo específico para as referências e outro dedicado a um apêndice. O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica composta pelos conceitos e ferramentas que serviram de base para o desenvolvimento do trabalho. O capítulo três descreve o conjunto de procedimentos utilizado, tanto em aspectos gerais - para permitir a aplicação em outros estudos de caso - quanto o que foi adotado no presente estudo de caso. No quarto capítulo são apresentados os resultados e as respectivas análises do mesmo, enquanto no quinto são expostas as conclusões obtidas a partir dos resultados. Por fim, nos dois últimos capítulos são apresentadas todas as referências utilizadas e o questionário desenvolvido para o estudo de caso, exatamente nessa sequência.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo, que está dividido em cinco subcapítulos principais, aborda o referencial teórico relacionado aos métodos e objeto de estudo da pesquisa. O primeiro subcapítulo discorre sobre mobilidade urbana e a importância da sustentabilidade. O segundo fala sobre a importância da bicicleta para a mobilidade urbana sustentável. O terceiro trata das barreiras em relação ao uso das bicicletas e as vantagens das bicicletas elétricas do tipo *pedelec*. O quarto aborda sistemas de compartilhamento de bicicletas e sua utilização em campi universitários. E, por fim, o quinto explora a demanda pelo transporte cicloviário e as técnicas utilizadas neste trabalho e contextualiza as pesquisas brasileiras sob a ótica da demanda por viagens com bicicletas.

2.1 Mobilidade urbana, a priorização dos meios de transporte e a sustentabilidade

A mobilidade urbana está relacionada à facilidade com que pessoas e bens se deslocam pelas cidades, não se limitando somente à análise do ponto de vista de oferta e característica de uso dos meios de transporte, mas também sob a ótica da organização das cidades, da distribuição de serviços, trabalhos e moradias, traduzindo as relações entre os indivíduos e o uso do espaço urbano (Ministério das Cidades, 2006; Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Cidades, 2015). Partindo dessa abordagem holística, é possível afirmar que o modelo de espalhamento urbano comumente adotado nas cidades brasileiras dificulta a implantação de políticas públicas que favoreçam a mobilidade urbana, mas não pode ser um empecilho para a mesma (Barczak e Duarte, 2012; Lima *et al.*, 2003).

Esse processo de fragmentação das cidades, em geral, segrega populações com menor renda, mantendo-as distantes das regiões centrais e das zonas em que se concentram os trabalhos e lazer (Boareto, 2008). Os vazios urbanos acarretam em elevado tempo de deslocamento casa-trabalho, o qual seria reduzido se houvesse uma priorização por transportes que favorecem a mobilidade urbana, mas não é o que acontece. A visão progressista das rodovias, que, quando amplamente difundidas, eram vistas como a solução para a integração do país, muito influenciada pela chegada dos primeiros automóveis no Brasil, ainda se mantém (Costa *et al.*, 2013). Segundo Boareto (2008), persiste uma visão - a partir da sociedade, dos governos e da mídia - na qual a cidade pode se expandir continuamente, mas que desconsidera todos os custos ambientais e de infraestrutura para permitir essa expansão, de modo que os efeitos negativos da priorização pelo deslocamento

por automóveis são distribuídos igualmente entre todas as parcelas da população, mas apenas uma pequena minoria usufrui o que é oferecido através da priorização.

Além dos aspectos negativos já citados, a priorização pelos modos motorizados individuais também afeta drasticamente os centros urbanos, principalmente nos horários de pico, já que são as regiões onde se concentra a maior parte dos trabalhos e serviços. Os maiores problemas são os congestionamentos, devido à relação entre o volume dos carros e a quantidade de pessoas que podem ser transportadas (Figura 2.1), a necessidade de uso de espaço público como estacionamento (Figura 2.2), o grande consumo energético de origem fóssil, sem contar os problemas de saúde decorrentes do estresse sonoro e visual e da poluição do ar e os acidentes e as mortes advindas de atropelamentos (Passafaro *et al.*, 2014; Frade e Ribeiro, 2013; Costa *et al.*, 2013; Boareto, 2008; Stein, 2013). Todos esses fatores contribuem, de forma conjunta, para a desumanização das cidades.



Figura 2.1: Espaço na via necessário para transportar a mesma quantidade de pessoas através de ônibus, bicicletas e carros. Fonte: Cycling Promotion Fund (s. d.)



Figura 2.2: Comparação entre o espaço ocupado por carros e bicicletas em área reservada para estacionamento. Fonte: Cyclehoop (s. d.)

A influência do governo federal para aquisição de veículos no Brasil, com medidas como a redução de IPI - Imposto sobre Produto Industrializado (Folha de São Paulo, 2011) e as facilidades de financiamento, é um fator que, somado ao símbolo de status e a comodidade do carro, aumenta consideravelmente a compra desse veículo e a sua presença nas ruas. Isto impacta na mobilidade urbana e, conseqüentemente, na qualidade de vida da população (Ramis e Santos, 2012). A Figura 2.3 apresenta a taxa de motorização por carros (isto é, a quantidade de automóveis por 100 habitantes) para o Brasil, a qual, no período entre 2001 e 2014, praticamente duplicou, aumentando de 14,4 auto./100 hab. em 2001 para 28,1 auto./100 hab. em 2014, sendo que mais da metade dos automóveis se concentra na região Sudeste, conforme o relatório sobre o estado da motorização individual no Brasil elaborado pelo Observatório das Metrôpoles (2015).

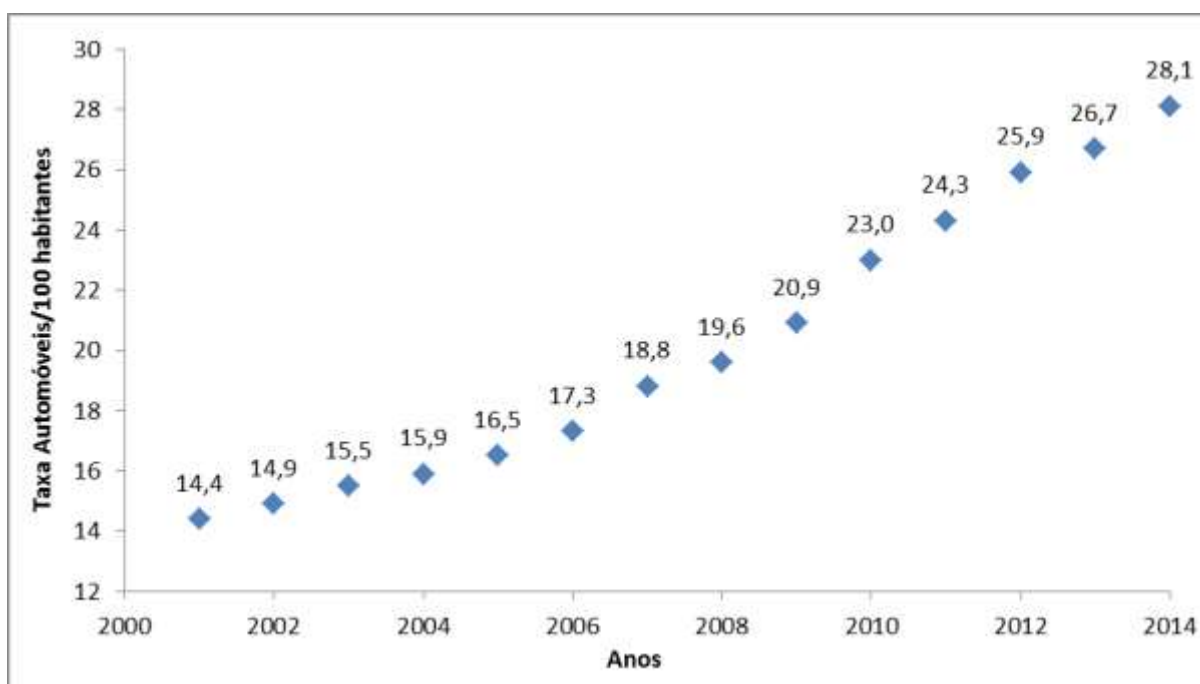


Figura 2.3: Evolução, no período de 2001 a 2014, da taxa de motorização por automóveis para o Brasil. Fonte: adaptado de Observatório das Metrôpoles (2015)

Na Figura 2.4 é possível ver a evolução da taxa de motorização por automóveis para as regiões do país. Nota-se que as regiões Sul e Sudeste apresentam as maiores taxas, com valores acima de 25 auto./100 hab. em praticamente toda a extensão das duas regiões, com exceção do norte de Minas Gerais. Também é possível visualizar que há forte expansão nas regiões Centro Oeste e Nordeste, com taxas (em 2014) entre 15 e 25 auto./100 hab. em grande parte do Centro Oeste. O Nordeste, que em 2001 apresentava quase que totalmente taxas menores do que 5 auto./100 hab., em 2014 possuía grande parte do território com taxas entre 5 e 15 auto./100 hab.

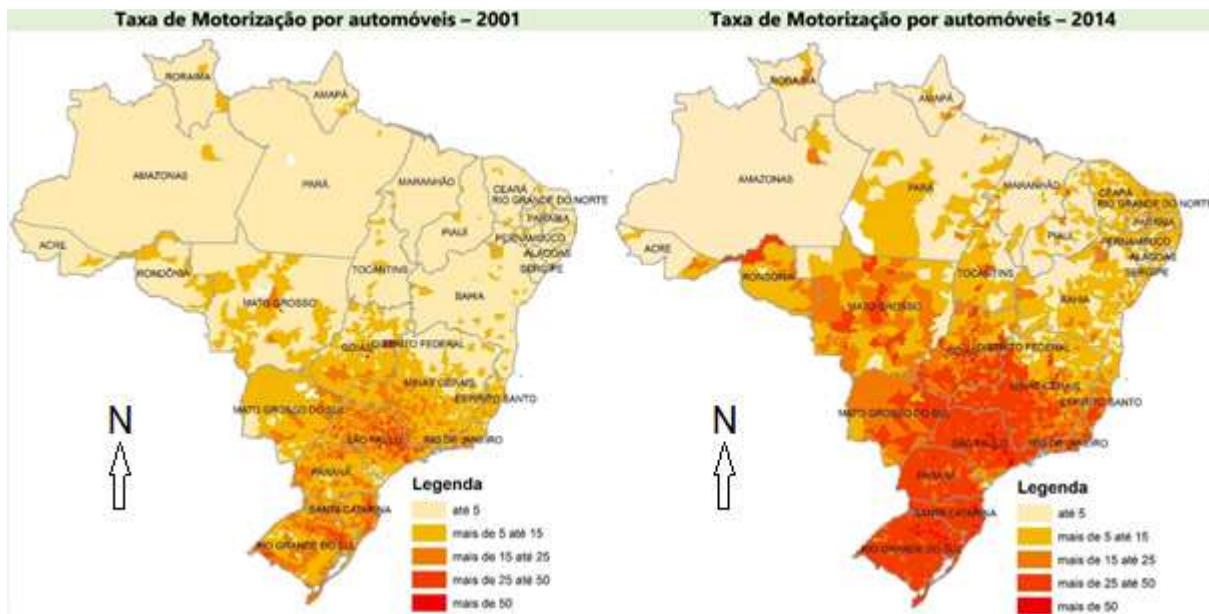


Figura 2.4: Distribuição da taxa de motorização por automóveis, pelas regiões do Brasil, para os anos de 2001 e 2014. Fonte: adaptado de Observatório das Metrôpoles (2015)

Nesse sentido, surge o conceito da mobilidade urbana sustentável, que visa à priorização dos modos não motorizados e dos motorizados coletivos, permitindo a inclusão social, com garantia de locomoção ecologicamente sustentável, através de um transporte eficiente e de qualidade, cujas tarifas sejam compatíveis com a realidade da população (Ministério das Cidades, 2006). É importante ressaltar que não basta apenas a redução da poluição gerada pelos motorizados individuais, como no caso da substituição dos motores dependentes de energia de origem fóssil por elétricos, visto que a mobilidade urbana está intimamente relacionada com o uso do espaço (Barczak e Duarte, 2012; Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Cidades, 2015). Em outras palavras, mobilidade urbana sustentável significa dizer que a cidade seja democrática e que o direito de ir e vir seja uma garantia plena.

2.2 A bicicleta como um potencializador da mobilidade urbana sustentável

Os modos não motorizados e o transporte coletivo são os potencializadores da mobilidade urbana sustentável. Dentre os modos não motorizados, destacam-se o modo a pé e as bicicletas. A principal vantagem da bicicleta em relação ao transporte coletivo é o deslocamento porta a porta permitido pela primeira, que oferece autonomia às pessoas e é uma característica presente em meios de transporte privados.

Mas as vantagens das bicicletas, sob a ótica da mobilidade urbana, são muitas. As bicicletas não dependem de energia de origem fóssil para circular e, justamente por conta disso, são mais econômicas do que os modos motorizados individuais, tornando o transporte mais acessível e democrático do ponto de vista econômico. Não poluem o ar, geram menos barulho e são discretas, reduzindo a poluição sonora e visual. Devido ao tamanho (Figura 2.1), contribuem para o descongestionamento das vias urbanas, inclusive apresentando tempo de viagem menor do que os carros em curtas distâncias (aproximadamente 5 km), principalmente em vias congestionadas. Também é aberta a possibilidade de se utilizar melhor o espaço urbano destinado às vagas de estacionamento, como a criação de *parklets* (Figura 2.5), que, juntamente com todos os aspectos já citados, torna a cidade mais atraente e humana, permitindo maior difusão da cultura e do comércio local (European Commission, 1999).



Figura 2.5: Exemplo de *parklet* em São Francisco (EUA). Fonte: Hypeness (2014)

Todos esses fatores contribuem para a saúde não apenas de quem pedala, mas de toda a população. Os gastos decorrentes da manutenção da infraestrutura destinada ao automóvel, que são repartidos igualmente entre todos(as), mas que impactam diferentemente as classes sociais, são reduzidos de forma significativa. Com a melhor qualidade do ar e o estresse reduzido, as populações mais carentes, que são dependentes do sistema público de saúde (SUS – Sistema Único de Saúde), sofrem menos com doenças, já que as classes mais altas tem acesso a sistema de saúde privado (Boareto, 2008).

2.3 Motivos que desencorajam o uso da bicicleta convencional e o advento da *pedelec*

Apesar de todas as vantagens do uso da bicicleta, alguns aspectos desencorajam as pessoas de a utilizarem. A sensação de insegurança no trânsito (principalmente em cruzamentos com veículos motorizados) - e, conseqüentemente, a ausência de ciclovias e ciclofaixas - o condicionamento físico, a possibilidade de roubos, o relevo acidentado e as condições meteorológicas extremas estão entre os fatores mais desencorajadores (Piatkowski e Marshall, 2015; Sousa e Kawamoto, 2015; Frade e Ribeiro, 2013; Kirner, 2006). De acordo com Faghih-Imani *et al.* (2014), devido ao inverno severo (Figura 2.6), em Montreal (Canadá) o sistema BIXI de bicicletas compartilhadas entra em recesso a partir de 15 de abril, retornando somente em 15 de novembro. Em Brisbane (Austrália), a presença de chuva durante o horário de pico da manhã influencia o volume de viagens com bicicletas durante todo o dia (Ahmed *et al.*, 2012). No Brasil, são o calor e a precipitação que, em geral, aparentam desencorajar as pessoas a usarem a bicicleta em seus deslocamentos.



Figura 2.6: Retrato do inverno extremo em Montreal, Canadá. Fonte: BIXI Montreal (2015)

Entretanto, a meteorologia não é um fator limitante em todo o planeta. Os países do Norte Europeu são conhecidos pelo grande uso das bicicletas. Em Västerås (Suécia, um país frio), cerca de 33% das viagens são feitas por bicicletas, enquanto em Cambridge (Reino Unido) e Amsterdam (Holanda), que são cidades de países considerados chuvosos, as bicicletas correspondem a 27% e 38% dos deslocamentos, respectivamente (Frade e Ribeiro, 2013; Tin Tin *et al.*, 2012).

O relevo acidentado também não é percebido como uma barreira em todo o mundo, visto que em algumas cidades montanhosas, como São Francisco (EUA) e Trondheim (Noruega), o ciclismo é expressivo, como aponta Tin Tin *et al.* (2012). Uma proposta interessante para romper essa barreira foi desenvolvida no projeto Lisboa Horizontal, no qual foi identificado que 63% das ruas da referida cidade (o que corresponde a 691 km do total) têm inclinação de até 4%, sendo classificadas como horizontais pelos autores do projeto. A partir desses dados foi proposta uma nova rede de ciclovias e, além disso, a última fase do projeto prevê a instalação de um sistema com bicicletas elétricas (*e-bikes*) compartilhadas (BXLX, 2015a). O vídeo explicativo do projeto pode ser acessado em BXLX (2015b).

O advento das *e-bikes*, que funcionam com motor elétrico recarregável, reduziu significativamente as barreiras impostas pelo relevo acidentado e o condicionamento físico. Por outro lado, os custos de aquisição e de manutenção das *e-bikes* é superior aos das bicicletas convencionais. Basicamente, há dois tipos: as *pedelecs*, que são bicicletas assistidas por motor somente enquanto o pedal gira, e as bicicletas elétricas, cujo motor funciona independente da pessoa pedalar. Nas *pedelecs* o motor funciona apenas como um auxílio, enquanto no segundo tipo de *e-bike* o motor pode ser completamente responsável pela locomoção (Langford *et al.*, 2013, 2015; Ji *et al.*, 2014; Dill e Rose, 2012; Cherry *et al.*, 2011).

Embora as *pedelecs* ainda sejam relativamente pouco conhecidas no Brasil, através da Resolução nº. 465 de 27 de Novembro de 2013, o CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito regulamentou as bicicletas elétricas, dividindo-as em duas categorias: ciclomotor e pedal assistido (*pedelec*). Somente a *pedelec* pode ser utilizada como uma bicicleta convencional, desde que não exceda velocidades de 6 km/h e 20 km/h em áreas de circulação de pedestres e ciclovias/ciclofaixas, respectivamente. Obrigatoriamente deve possuir indicador de velocidade, campainha, sinalizações noturna, dianteira, traseira e lateral, espelhos retrovisores em ambos os lados e pneus em condições mínimas de segurança. Além disso, o uso do capacete de ciclista também é obrigatório. Em relação ao motor, a potência nominal máxima não pode ultrapassar 350 W, a velocidade não pode ser superior a 25 km/h (após essa velocidade o motor pára de auxiliar) e não pode haver acelerador ou qualquer dispositivo de variação manual de potência (CONTRAN, 2013).

Já as *e-bikes* que não se enquadram nessas características são consideradas como ciclomotores, sendo necessário capacete de moto, habilitação (para *scooters* – até 50 cc e

45 km/h), licenciamento, emplacamento e seguro obrigatório. Nessa categoria também se enquadram bicicletas adaptadas com motores movidos à gasolina (Vá de Bike, 2015a).

2.4 Sistemas de bicicletas compartilhadas (*bike sharing*)

A utilização das bicicletas em sistemas de compartilhamento tem sido tratada como uma das soluções para aprimorar a mobilidade urbana, com foco em pequenos deslocamentos. A localização das estações, geralmente próximas a instalações públicas, como terminais urbanos de ônibus e metrô, permite a integração com outros meios de transporte. Hoje, mais de 1000 cidades do mundo têm sistemas em funcionamento e praticamente 300 têm projeto ou já se encontram em fase de construção (Meddin, 2016), mas a origem do sistema *bike sharing* é antiga.

A primeira geração é de 1965 e foi criada em Amsterdam (capital da Holanda). Este sistema era composto pelas *White Bikes* (Figura 2.7). Qualquer pessoa retirava uma bicicleta em uma estação, sem cadastro ou pagamento de tarifa, e a devolvia em qualquer outra estação. Este projeto falhou devido aos danos nas bicicletas e apropriações para uso privado, mas a ideia ainda é aplicada em alguns parques nacionais, por exemplo (DeMaio, 2009; Frade e Ribeiro, 2013; Faghih-Imani *et al.*, 2014).



Figura 2.7: *White bike*, bicicleta típica do primeiro *bike sharing* do mundo, o qual foi instalado em Amsterdam (Holanda) no ano de 1965. Fonte: Happy Hotelier (2007)

Em 1991 a segunda geração surgiu em Farsø e Grenå, na Dinamarca, mas se tratavam de programas pequenos. Somente em 1995, na cidade de Copenhague (capital da Dinamarca), é que surgiu um sistema de bicicletas compartilhadas considerado de grande escala, o *City Bikes* (Figura 2.8). Nesta geração, as bicicletas foram desenvolvidas

especialmente para o uso intenso. Para retirar as bicicletas, o(a) usuário(a) necessita inserir uma moeda, conforme a Figura 2.9 (DeMaio, 2009; Frade e Ribeiro, 2013; Faghiih-Imani *et al.*, 2014).



Figura 2.8: Bicicletas do *City Bikes*, *bike sharing* implantado em Copenhagen (Dinamarca) e que caracteriza a segunda geração. Fonte: Cycles of Life (2012)



Figura 2.9: Procedimento para utilização das bicicletas do sistema *City Bikes*. Basta inserir a moeda (quadro 2) para destravar a bicicleta, enquanto a inserção do cadeado retorna a moeda (quadro 4). Fonte: Cycle Guide DK (2010)

A revolução da terceira geração foi a extinção do anonimato para retirar as bicicletas. O programa *Bikeabout* surgiu na Universidade de Portsmouth (Inglaterra), em 1996, dando origem à terceira geração de sistemas de bicicletas compartilhadas, que introduziu diversas

melhorias tecnológicas na identificação dos usuários e liberação das bicicletas (DeMaio, 2009; Frade e Ribeiro, 2013). A Figura 2.10 exibe o sistema *Green Bike*, que foi criado na Universidade Saint Xavier (em Chicago, EUA) e é caracterizado como de terceira geração.



Figura 2.10: Sistema *Green Bike*, *bike sharing* de terceira geração, instalado na Universidade Saint Xavier (em Chicago, EUA). Fonte: MetroBike (2009)

Atualmente já existem modelos classificados como a quarta geração dos sistemas de compartilhamento e, assim como a terceira geração, são caracterizados pelo uso de avançada tecnologia no gerenciamento do sistema, mas com maior eficiência. Um dos aprimoramentos em relação à geração anterior é a utilização de bicicletas elétricas ao invés das convencionais, garantindo maior acessibilidade. Outras melhorias são o uso de estações móveis e painéis solares para geração de energia das mesmas. Desse modo, são necessárias pequenas alterações de infraestrutura para alocar as estações e elas podem ser realocadas conforme a dinâmica da demanda pelas bicicletas (DeMaio, 2009; Frade e Ribeiro, 2013; Langford *et al.*, 2013, 2015; Cherry *et al.*, 2011; Austwick *et al.*, 2013; Faghhi-Imani *et al.*, 2014). Nas Figuras 2.11 e 2.12 é possível ver o sistema BiciMAD, de Madrid (capital da Espanha). A primeira exibe uma estação completa (isto é, bicicletas elétricas, painel de identificação do(a) usuário(a) e suporte das bicicletas), enquanto a segunda exibe o guidão de uma *e-bike* do referido sistema.



Figura 2.11: Sistema BiciMAD de bicicletas elétricas compartilhadas em Madrid (Espanha). Um exemplo da quarta geração de *bike sharing*. Fonte: Spotahome (2014)



Figura 2.12: Guidão de uma *e-bike* do sistema BiciMAD. Fonte: BiciMAD (2014)

Há um tipo de sistema, também considerado de quarta geração, em que não é necessário o uso de estações para as bicicletas. Um exemplo desse sistema é utilizado pela SoBi (*Social Bicycles*), uma empresa de Nova Iorque que já possui sistemas de *bike sharing* desse tipo espalhados por cidades e universidades dos EUA, Canadá e Austrália. As bicicletas possuem um computador no bagageiro, o qual é movido à energia solar e permite, através de tecnologia *wireless* e rastreamento por GPS (*Global Positioning System*), que o(a) usuário(a) localize e reserve as bicicletas de forma *online*. Desse modo, todo o processo de liberação das bicicletas é feito nas mesmas, embora também seja possível utilizá-las com estações. As bicicletas possuem cadeados em formato U (*u-lock*), os quais

permitem que sejam presas em bicicletários que não sejam os das estações (Social Bicycles, 2016a; Mobilize, 2016; Gaegauf, 2014). A Figura 2.13 exibe uma bicicleta típica do *Social Bicycles*.



Figura 2.13: Bicicleta típica do sistema SoBi, considerado de quarta geração e que não necessita da utilização de estações. Fonte: Social Bicycles (2016b)

Atualmente há apenas um sistema com *pedelecs* compartilhadas em funcionamento no Brasil (Figura 2.14), o qual foi implantado em 2015 na cidade de São Luiz do Paraitinga/SP, uma cidade montanhosa, com população aproximada de 10000 habitantes. O sistema, que conta com sete bicicletas elétricas e três convencionais, faz parte do projeto Cidade Inteligente da concessionária de energia elétrica Elektro, o qual visa estudar novas tecnologias em redes de energia (Folha de São Paulo, 2015; Elektro, 2015).



Figura 2.14: Primeiro *bike sharing* brasileiro de quarta geração, com bicicletas do tipo *pedelec*, implantado em São Luiz do Paraitinga/SP. Fonte: Folha de São Paulo (2015)

A empresa E-moving oferece *pedelecs* para aluguel na cidade de São Paulo, mas atualmente o foco é em estabelecimentos comerciais, tanto para usuários(as) do comércio (como hóspedes de hotéis), quanto para funcionários, visando entregas, compra de produtos, deslocamentos no horário de almoço, entre outras razões (Vá de Bike, 2015b).

2.4.1 Sistemas de bicicletas compartilhadas em campi universitários

Além das cidades, universidades têm adotado sistemas de compartilhamento de bicicletas em seus campi, sendo o modelo universitário de gestão explanado por DeMaio (2009). Em alguns casos, há a vantagem de permitir que o sistema interno funcione de forma integrada com a oferta de transportes externa ao campus.

Um ponto interessante é que a criação de projetos pilotos nas universidades não apenas favorece a mobilidade dos(as) usuários(as) do campus e pessoas do entorno, mas também funciona como um meio para se estudar a tecnologia envolvida e as experiências dos(as) usuários(as). Os subcapítulos de 2.4.1.1 a 2.4.1.4 citam estudos relativos ao primeiro sistema com *e-bikes* compartilhadas dos EUA, *cycleUshare* (Figura 2.15), o qual surgiu em 2011, na Universidade de Tennessee, em Knoxville.



Figura 2.15: Sistema *cycleUshare*, primeiro *bike sharing* de quarta geração dos EUA, o qual foi instalado na Universidade de Tennessee, em Knoxville. Fonte: Universidade de Tennessee-Knoxville (2016)

2.4.1.1 Concepção de um sistema com *e-bikes* compartilhadas

Cherry *et al.* (2011) fizeram uma análise da concepção de um sistema de compartilhamento de *pedelecs*, com foco na arquitetura do sistema, na operação e no gerenciamento das baterias. Foi verificado, conforme a maioria dos cenários estipulados, que a bateria não tem capacidade suficiente para operar, durante um dia completo, com apenas um carregamento, sendo necessária uma logística de gerenciamento de baterias. Também foram feitas considerações a respeito dos possíveis dados a serem coletados através das viagens com as *e-bikes*, visando à segurança contra roubos e estudos posteriores com os dados obtidos. O assunto abordado serviu como base para a implantação do sistema na Universidade de Tennessee, em Knoxville.

2.4.1.2 Simulações da demanda e disponibilidade de *e-bikes* em um sistema de compartilhamento

Ji *et al.* (2014) simularam o uso de um sistema com *pedelecs* compartilhadas, mas sem dados empíricos. Os parâmetros de demanda utilizados nas simulações foram distribuição das taxas de viagem, distância e duração das viagens. Os parâmetros de oferta foram o número de *e-bikes*, a quantidade de baterias e de estruturas para carregamento. Foram simuladas diversas situações de demanda, com foco na otimização da quantidade de baterias, para determinar o número de *e-bikes* e baterias necessárias ao sistema, as quais demonstraram serem significativamente sensíveis aos parâmetros de demanda utilizados. Os autores ressaltam que é importante fazer uso eficiente das *e-bikes*. Os resultados encontrados foram utilizados na concepção do sistema implantado na Universidade de Tennessee, em Knoxville.

2.4.1.3 Análise do primeiro ano de funcionamento do sistema implantado na Universidade de Tennessee, em Knoxville (EUA)

Langford *et al.* (2013) verificaram que as *e-bikes* compartilhadas expandiram a mobilidade do(a) usuário(a) do campus e removeram as barreiras decorrentes do relevo. Para essa análise, eles utilizaram dados de 93 usuários(as) inscritos(as) no programa, os(as) quais podiam se deslocar com bicicletas convencionais ou elétricas. Além disso, os autores consideram que o programa foi importante do ponto de vista educacional, por introduzir meios e tecnologias de transporte alternativos aos convencionalmente utilizados.

No que tange à escolha pelas bicicletas, os resultados demonstraram que o comportamento de homens e mulheres é comparável em muitos aspectos, mas as mulheres se sentiram mais atraídas pelas bicicletas convencionais por conta da possibilidade de realizar atividade física.

Em relação aos problemas encontrados, os autores relataram falhas com o *software* utilizado para o gerenciamento das baterias e bicicletas. Também foram comuns erros ocasionados pelos(as) próprios(as) usuários(as), principalmente na retirada e devolução das bicicletas (convencionais ou elétricas), mesmo após ações educativas específicas para utilização do sistema. A manutenção das bicicletas de ambos os tipos gerou complicações, principalmente em relação às elétricas, sendo necessário, em alguns casos, até substituir componentes. No que diz respeito às normas de utilização, algumas pessoas não obedeceram ao tempo de uso, mas se tratavam sempre dos(as) mesmos(as) infratores(as). Vale ressaltar que o vandalismo foi raro, causando pequenos danos às bicicletas.

2.4.1.4 Comportamento (relacionado à segurança) de usuários(as) de bicicletas convencionais e elétricas

Langford *et al.* (2015) fizeram estudo comparando os comportamentos dos(as) usuários(as) de bicicletas convencionais e elétricas, com base em dados obtidos por GPS - *Global Positioning System*. Foi verificado se as pessoas pedalavam no sentido correto da via, se respeitavam as paradas obrigatórias e os semáforos nas intersecções e, por fim, a velocidade nas ruas e em vias compartilhadas. Os autores concluíram que o comportamento dos(as) usuários(as) dos dois tipos de bicicletas é bastante similar, constatando que as violações são altas para ambos(as). O sentido correto da via não foi respeitado por cerca de 45% e 44% dos(as) usuários(as) das bicicletas convencionais e elétricas, respectivamente. Os semáforos foram violados por aproximadamente 70% dos(as) usuários(as) de cada grupo. Em relação à velocidade, a das *e-bikes* foi superior nas ruas, enquanto as bicicletas convencionais apresentaram maior velocidade em vias compartilhadas com pedestres (*greenways*).

2.5 Demanda pelo transporte cicloviário

A estimativa da demanda é um passo essencial que precede a implantação de qualquer sistema de transporte, servindo de referência para a tomada de decisão política e de investidores (Barnes e Krizek, 2005). Para estimar a demanda é necessário obter dados - socioeconômicos, de infraestrutura destinada às bicicletas, de uso do solo, meteorológicos,

etc. - através de pesquisas orientadas ao público-alvo, diretamente de órgãos públicos, contagens, entre outros meios. Em seguida, com os dados disponíveis, é possível calibrar modelos que demonstrem o comportamento da demanda de acordo com os parâmetros avaliados. Os modelos podem ser agregados ou desagregados. Os primeiros são baseados em dados de grupos de viagens ou em médias de zonas específicas, já os segundos dizem respeito à viagens individuais. A grande vantagem dos dados desagregados é que é possível analisar os dados para cada respondente, ou seja, os resultados podem ser melhor trabalhados através de uso de ferramentas estatísticas, visto que os dados agregados podem ocultar particularidades.

Quanto à obtenção dos dados, as pesquisas de preferência revelada (*revealed preference*) e declarada (*stated preference*) são as técnicas mais comuns para obtenção de informações. De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011), a pesquisa de preferência revelada é baseada em escolhas reais dos indivíduos, enquanto a declarada permite que cenários hipotéticos sejam criados, de modo que os(as) respondentes possam opinar a respeito de um modo de transporte que ainda não tenha sido utilizado. Dentre as técnicas para assinalar as respostas, a mais utilizada na área de transportes é a da escolha preferida (*stated choice*), na qual apenas a alternativa preferida deve ser assinalada, mas também existem técnicas que permitem a ordenação (*ranking*) e a avaliação (*rating*) das alternativas.

Maldonado-Hinarejos *et al.* (2014), Hunt e Abraham (2007) e Ortúzar *et al.* (2000) usaram pesquisa de preferência declarada para estimar a demanda potencial pelo modo cicloviário, enquanto Kirner (2006) e Magalhães e Palhares (2013) usaram o mesmo tipo de pesquisa para caracterizar a demanda pelo transporte cicloviário. Abdelgawad *et al.* (2016) fez uso da preferência declarada para explorar e quantificar as principais barreiras para utilização das bicicletas. Wardman *et al.* (2007) combinaram pesquisas de preferência revelada e declarada para criar um modelo de estimativa da demanda por bicicletas e Ryley (2006) usou pesquisas de preferência revelada e declarada para avaliar a propensão de usuários(as) de carro, ônibus e a pé mudarem para a bicicleta.

Em relação à calibração dos modelos, há diversas abordagens matemáticas disponíveis para trabalhar com os dados. A Tabela 2.1 exibe uma síntese de alguns autores que pesquisaram a demanda cicloviária e respectivas abordagens utilizadas na modelagem, sendo os modelos de regressão e probabilísticos (*logit*) os mais comumente utilizados. A fundamentação teórica do *logit* será apresentada detalhadamente no subcapítulo 2.5.1.

Tabela 2.1: Síntese de trabalhos que focaram na demanda pelo transporte cicloviário e respectivas abordagens matemáticas utilizadas nos modelos calibrados.

Autor(es)	Abordagem matemática
Thomas <i>et al.</i> (2009)	Regressão linear múltipla
Parkin <i>et al.</i> (2008)	Regressão logística
Griswold <i>et al.</i> (2011)	Regressão log-linear
Hankey <i>et al.</i> (2012)	Regressão binomial negativa
Noland <i>et al.</i> (2016)	Regressão binomial negativa
Ryley (2006)	Logit binário
Hunt e Abraham (2007)	Logit binário
Godefroy e Morency (2012)	Logit binário
Wardman <i>et al.</i> (2007)	Logit hierárquico
Maldonado-Hinarejos <i>et al.</i> (2014)	Logit multinomial híbrido
Rybarczyk e Wu (2010)	Análise multicritério

2.5.1 Modelos de escolha discreta

Os modelos de escolha discreta permitem a utilização de dados desagregados provenientes de pesquisa de preferência declarada. Eles passaram a ser utilizados a partir da década de 1980 e se caracterizam por fornecerem a probabilidade dos(as) respondentes realizarem uma escolha, entre todas as alternativas disponíveis, em função da atratividade relativa da opção escolhida e de características individuais, como as socioeconômicas (Ortúzar e Willumsen, 2011).

A atratividade das alternativas é representada pelas funções utilidades, as quais são provenientes da teoria da utilidade, que é a base dos modelos de escolha discreta e possui as seguintes premissas (Domencich e McFadden, 1975^a; Williams, 1977^b *apud* Ortúzar e Willumsen, 2011):

- Os indivíduos pertencem a uma população homogênea Q , agem racionalmente e escolhem a opção que maximiza sua função utilidade conforme restrições legais, sociais, físicas e de tempo e dinheiro;

^a Domencich, T. e D. L. McFadden (1975) *Urban travel demand: A behavioural analysis*. Editora North-Holland Publishing, Amsterdam, Holanda.

^b Williams, H. C. W. L. (1977) On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Environment and Planning*, v. 9, p. 285-344.

- Há um conjunto de alternativas disponíveis para escolha $\mathbf{A} = \{A_1, \dots, A_j, \dots, A_N\}$ e um conjunto \mathbf{X} de vetores dos atributos dos indivíduos e suas escolhas. Determinado indivíduo q possui um conjunto de atributos $\mathbf{x} \in \mathbf{X}$ e, em geral, sua escolha caracteriza-se por $\mathbf{A}(q) \in \mathbf{A}$;
- Cada alternativa $A_j \in \mathbf{A}$ tem associada uma utilidade U_{jq} para o indivíduo q . O pesquisador assume que U_{jq} pode ser representada por dois componentes, visto que não possui informações sobre todos os elementos considerados pelo indivíduo que faz a escolha:
 - uma parcela V_{jq} , que é mensurável e é função dos atributos \mathbf{x} relacionados com a escolha;
 - uma parcela aleatória ε_{jq} , que reflete as particularidades dos indivíduos, juntamente com possíveis erros inerentes ao processo de calibração do modelo.

Desse modo, a utilidade pode ser definida como:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (2.1)$$

A parcela ε da Equação 2.1 corresponde a variáveis aleatórias com média zero e a parcela V_{jq} corresponde a uma função linear dos atributos (\mathbf{x}) com seus respectivos coeficientes (θ), conforme a expressão:

$$V_{jq} = \sum_k \theta_{kj} \cdot x_{jkq} \quad (2.2)$$

- O indivíduo q opta pela alternativa que maximiza sua utilidade, isto é, A_j é escolhida somente se:

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \quad \forall A_i \in \mathbf{A}(q) \quad (2.3)$$

O que significa:

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \quad (2.4)$$

Como o pesquisador desconhece as parcelas ε_{iq} e ε_{jq} , não é possível garantir a desigualdade da Equação 2.4. A probabilidade de escolher a alternativa A_j é dada pela seguinte expressão:

$$P_{jq} = Prob\{\varepsilon_{iq} \leq \varepsilon_{jq} + (V_{jq} - V_{iq}), \quad \forall A_i \in \mathbf{A}(q)\} \quad (2.5)$$

Para tanto, a condição $V_{jq} + \varepsilon_{jq} \geq 0$ deve ser respeitada. Embora a distribuição dos resíduos ε seja desconhecida, sabe-se que são aleatórios.

Os resíduos gerados pelas funções utilidade são independentes e identicamente distribuídos, conforme a distribuição IID (*independent and identically distributed*) de Gumbel (ou Weibull). É importante ressaltar que os resíduos IID de Gumbel exigem que as alternativas sejam independentes.

Os principais modelos de escolha discreta, formulados a partir da teoria da utilidade, são o *Multinomial Logit*, o *Nested Logit*, o *Multinomial Probit* e o *Mixed Logit* (Ortúzar e Willumsen, 2011). Nos subcapítulos 2.5.1.1 e 2.5.1.2 serão detalhados a pesquisa de preferência declarada e o *logit* multinomial, que, quando aplicados de forma conjunta, se transformam em uma excelente ferramenta de modelagem discreta para análise de demanda de novos sistemas de transporte, como é o caso de bicicletas *pedelecs* compartilhadas no Brasil.

2.5.1.1 Pesquisa de preferência declarada

As pesquisas de preferência declarada foram trazidas das pesquisas de mercado (por exemplo, fatores que pesam para uma pessoa comprar uma bicicleta elétrica ou convencional) e hoje são amplamente utilizadas na área de transportes, através da técnica de escolha preferida (*stated choice*), principalmente quando se trata de um novo sistema a ser implantado. Também são utilizadas quando se deseja avaliar quanto cada aspecto pesa na escolha do(a) entrevistado(a).

A observação das escolhas reais dos indivíduos – fundamento das pesquisas de preferência revelada – não permite que se quantifique o peso das variáveis qualitativas na decisão, o que se torna possível com a criação de cenários hipotéticos nos quais os(as) respondentes precisam ponderar qual aspecto é mais importante para a escolha. Outra vantagem da pesquisa de preferência declarada é o custo significativamente inferior à revelada (Ortúzar e Willumsen, 2011).

Para elaboração da pesquisa, o primeiro passo é determinar quais atributos são importantes para a escolha das alternativas. Definidos os atributos, é necessário determinar os níveis dos mesmos, sejam eles quantitativos ou qualitativos. Deve-se atentar especialmente para níveis de atributos qualitativos, visando sempre caracterizá-los, de

modo que o(a) respondente consiga compreender o que o(a) pesquisador(a) deseja que seja ponderado. A Tabela 2.2 mostra atributos e níveis adotados por Magalhães e Palhares (2013) para avaliação de características de rotas cicláveis. É possível verificar que há três atributos, com dois níveis cada.

Tabela 2.2: Atributos e níveis de pesquisa de preferência declarada conduzida por Magalhães e Palhares na cidade de Montes Claros/MG.

Atributo	Natureza da variável	Níveis associados
Tempo de viagem	Quantitativa	0 = Ruim (acima de 30 minutos) 1 = Bom (até 30 minutos)
Velocidade máxima permitida para veículos na via	Quantitativa	0 = Ruim (acima de 50 km/h) 1 = Bom (entre 30 e 50 km/h)
Pavimento	Qualitativa	0 = Ruim (com irregularidades) 1 = Bom (sem irregularidades)

Fonte: adaptado de Magalhães e Palhares (2013)

Com atributos e níveis determinados, é preciso gerar as combinações dos atributos. Deve-se evitar combinações que aparentem serem impossíveis de acontecer, como uma alternativa “alta qualidade, alta frequência e baixo custo”, pois isto pode reduzir a credibilidade da pesquisa. Também devem ser evitadas combinações de muitos atributos (mais do que seis), pois isso cansa o(a) respondente e torna difícil avaliar as alternativas (Ortúzar e Willumsen, 2011).

Para a combinação dos níveis dos atributos, o método mais fácil é o fatorial completo (*full factorial*), que corresponde à combinação de todos os níveis, mas muitas vezes ele se torna inviável devido à excessiva quantidade de combinações ou por gerar alternativas distantes da realidade. Muitos(as) pesquisadores(as) adotam o fatorial fracionado (*fractional factorial*), que consiste na seleção de combinações provenientes do fatorial completo. Esse processo pode ser feito de forma aleatória, mas também há métodos específicos para essa seleção, sendo o ortogonal (*orthogonal design*) o mais conhecido (Ortúzar e Willumsen, 2011). O *software* SPSS possui uma ferramenta para gerar combinações através do método fatorial fracionado ortogonal (Isler, 2015).

2.5.1.2 *Logit* multinomial

O *logit* multinomial é amplamente utilizado na área de transportes, sendo considerado o mais simples e popular modelo de escolha discreta (Domencich e McFadden, 1975 *apud* Ortúzar e Willumsen, 2011). Ele assume que os resíduos possuem distribuição

IID de Gumbel. Desse modo, a partir da Equação 2.5, a probabilidade de escolha da alternativa i pelo indivíduo q corresponde a:

$$P_{iq} = \frac{e^{(V_{iq})}}{\sum_{A_j \in A(q)} e^{(V_{jq})}} \quad (2.6)$$

A atratividade das alternativas é representada pelas funções utilidade, as quais possuem constantes e atributos. A constante representa a influência de características que não são explícitas devido à dificuldade para se medir, como o conforto. Já os atributos possuem coeficientes, os quais representam a importância relativa do atributo para a função utilidade. É importante ressaltar que a constante de uma das alternativas deve ser fixada como zero, de modo que as constantes das outras alternativas, obtidas no processo de calibração do modelo, são relativas à de referência (fixada como zero). No caso de um modelo binomial, são duas alternativas, sendo uma com constante nula (Ortúzar e Willumsen, 2011). A Figura 2.16 exibe um modelo *logit* multinomial com cinco alternativas, sendo possível verificar que as funções utilidade possuem constantes (ASC) e atributos (TT , PE , TO , FR e FA) com os respectivos coeficientes (β). Como ressaltado anteriormente, uma das alternativas (a do carro) possui constante fixada como zero e por isso não aparece na função utilidade.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CAR} = \beta_{TT_{CAR}} \cdot TT_{CAR} + \beta_{PE} \cdot PE_{CAR} + \beta_{TO} \cdot TO_{CAR} \\ V_{BUS} = ASC_{BUS} + \beta_{TT_{BUS}} \cdot TT_{BUS} + \beta_{FR_{BUS}} \cdot FR_{BUS} + \beta_{FA_{BUS}} \cdot FA_{BUS} \\ V_{HPT} = ASC_{HPT} + \beta_{TT_{HPT}} \cdot TT_{HPT} + \beta_{FR_{HPT}} \cdot FR_{HPT} + \beta_{FA_{HPT}} \cdot FA_{HPT} \\ V_{HST} = ASC_{HST} + \beta_{TT_{HST}} \cdot TT_{HST} + \beta_{FR_{HST}} \cdot FR_{HST} + \beta_{FA_{HST}} \cdot FA_{HST} \\ V_{AIR} = ASC_{AIR} + \beta_{TT_{AIR}} \cdot TT_{AIR} + \beta_{FR_{AIR}} \cdot FR_{AIR} + \beta_{FA_{AIR}} \cdot FA_{AIR} \end{array} \right.$$

Figura 2.16: Funções utilidade do trabalho de Isler (2015). Fonte: Isler (2015)

Para estimar os coeficientes é utilizado o método da máxima verossimilhança, o qual se baseia na concepção de que uma amostra particular tem maior probabilidade de ter sido elaborada a partir de uma determinada população em relação a outras, embora uma amostra possa ser proveniente de diversas populações. A função de verossimilhança é definida como o produto das probabilidades de escolha de cada indivíduo:

$$L(\theta) = \prod_{q=1}^Q \prod_{A_j \in \mathbf{A}(q)} (P_{jq})^{g_{jq}} \quad (2.7)$$

Na Equação 2.7, o expoente g_{jq} é definido como 1 se a alternativa A_j for escolhida pelo indivíduo q e 0 em caso contrário. Para maximizar a função é necessário diferenciá-la parcialmente em relação aos coeficientes θ e depois igualar a zero. A maximização da verossimilhança resulta em (Ortúzar, 1982^c *apud* Ortúzar e Willumsen, 2011):

$$l(\theta) = \log L(\theta) = \sum_{q=1}^Q \sum_{A_j \in \mathbf{A}(q)} g_{jq} \cdot \log P_{jq} \quad (2.8)$$

A determinação dos coeficientes θ envolve um processo iterativo. No caso do *logit* multinomial, o processo converge rapidamente, o que não ocorre com outros modelos de escolha discreta, o que justifica a maior disponibilidade de *softwares* para estimação de modelos *logit* multinomial em detrimento dos outros modelos (Ortúzar e Willumsen, 2011).

Em relação à avaliação dos modelos *logit* multinomial, há três principais testes estatísticos que podem ser utilizados (Ortúzar e Willumsen, 2011):

1. Teste *t* de Student para significância dos atributos da função utilidade

Verifica se os atributos possuem valor estatisticamente diferente de zero. Para nível de confiança de 95%, o resultado do teste deve ser superior a 1,96 (para amostras muito grandes - grau de liberdade maior do que 50), o que indica a rejeição da hipótese nula (atributo igual a zero) e a constatação do efeito significativo do atributo. Além disso, o *p-value (sig)* deve ser menor do que 5% para que a hipótese nula seja rejeitada.

2. Índice ρ^2

Verifica a aderência do modelo em relação aos dados, permitindo comparar a qualidade do ajuste entre modelos alternativos. O valor do índice varia entre 0 (sem aderência) e 1 (aderência perfeita), mas a análise dos valores intermediários difere

^c Ortúzar, J. D. (1982) Fundamentals of discrete multimodal choice modelling. *Transport Reviews*, v. 2, p. 47-78.

da utilizada no caso do R^2 , de modo que valores por volta de 0,4 sejam considerados excelentes ajustes. Ben-Akiva e Lerman (1985^d) *apud* Ortúzar e Willumsen (2011) propuseram uma correção ao índice, chamando-o de $\rho^2_{ajustado}$.

3. Teste de Razão de Verossimilhança (Likelihood Ratio Test)

Avalia se um modelo restrito - isto é, que possui coeficientes genéricos - é mais adequado estatisticamente do que um modelo com coeficientes específicos para cada atributo. As Figuras 2.17 e 2.18 exemplificam um modelo restrito e um com coeficientes específicos, respectivamente.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CAR} = \beta_{TT} \cdot TT_{CAR} + \beta_{PE} \cdot PE_{CAR} + \beta_{TO} \cdot TO_{CAR} \\ V_{BUS} = ASC_{BUS} + \beta_{TT} \cdot TT_{BUS} + \beta_{FR} \cdot FR_{BUS} + \beta_{FA} \cdot FA_{BUS} \\ V_{HPT} = ASC_{HPT} + \beta_{TT} \cdot TT_{HPT} + \beta_{FR} \cdot FR_{HPT} + \beta_{FA} \cdot FA_{HPT} \\ V_{HST} = ASC_{HST} + \beta_{TT} \cdot TT_{HST} + \beta_{FR} \cdot FR_{HST} + \beta_{FA} \cdot FA_{HST} \\ V_{AIR} = ASC_{AIR} + \beta_{TT} \cdot TT_{AIR} + \beta_{FR} \cdot FR_{AIR} + \beta_{FA} \cdot FA_{AIR} \end{array} \right.$$

Figura 2.17: Exemplo de modelo restrito (isto é, com coeficientes genéricos) do *logit* multinomial. Fonte: Isler (2015)

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CAR} = \beta_{TT_{CAR}} \cdot TT_{CAR} + \beta_{PE} \cdot PE_{CAR} + \beta_{TO} \cdot TO_{CAR} \\ V_{BUS} = ASC_{BUS} + \beta_{TT_{BUS}} \cdot TT_{BUS} + \beta_{FR_{BUS}} \cdot FR_{BUS} + \beta_{FA_{BUS}} \cdot FA_{BUS} \\ V_{HPT} = ASC_{HPT} + \beta_{TT_{HPT}} \cdot TT_{HPT} + \beta_{FR_{HPT}} \cdot FR_{HPT} + \beta_{FA_{HPT}} \cdot FA_{HPT} \\ V_{HST} = ASC_{HST} + \beta_{TT_{HST}} \cdot TT_{HST} + \beta_{FR_{HST}} \cdot FR_{HST} + \beta_{FA_{HST}} \cdot FA_{HST} \\ V_{AIR} = ASC_{AIR} + \beta_{TT_{AIR}} \cdot TT_{AIR} + \beta_{FR_{AIR}} \cdot FR_{AIR} + \beta_{FA_{AIR}} \cdot FA_{AIR} \end{array} \right.$$

Figura 2.18: Exemplo de modelo com coeficientes específicos do *logit* multinomial. Fonte: Isler (2015)

A estimação dos modelos fornece os valores da verossimilhança e dos respectivos coeficientes, sendo $l(\theta_r)$ e $l(\theta)$ as verossimilhanças dos modelos restrito e com coeficientes específicos, respectivamente. O teste é definido como:

$$LR = -2 \cdot \{l(\theta_r) - l(\theta)\} \quad (2.9)$$

^d Ben-Akiva, M. e S. R. Lerman (1985) *Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*. Editora MIT Press, Cambridge, EUA.

A hipótese nula (modelo restrito é adequado) é rejeitada se o valor de LR encontrado for menor que o valor crítico de uma distribuição χ^2 com $n_{\theta} - n_{\theta r}$ graus de liberdade (onde n corresponde ao número de atributos) e para determinado nível de confiança.

O *software* livre Biogeme, desenvolvido por Bierlaire (2003), é uma excelente ferramenta computacional para calibração de modelos *logit* multinomial. A sua utilização requer dois arquivos: um na extensão *.dat*, que contém os dados a serem modelados, e um na extensão *.mod*, que contém as especificações da calibração do modelo. Os resultados do modelo e os testes estatísticos (teste t de Student para significância dos atributos e índice ρ^2) são fornecidos através de um arquivo do tipo *.html*. O teste de Razão de Verossimilhança deve ser feito manualmente quando modelos restrito e com coeficientes específicos são calibrados. Além disso, através de uma ferramenta adicional do próprio Biogeme, o Biosim, é possível calcular as probabilidades de escolha para cada observação do banco de dados (Bierlaire e Feticarison, 2009; Bierlaire, 2015a, 2015b).

2.5.2 A influência da meteorologia e de ciclovias/ciclofaixas

A presença de ciclovias e ciclofaixas e as condições meteorológicas estão entre os fatores mais impactantes para a variação no volume de bicicletas em trânsito e, por conta disso, alguns autores da literatura internacional tem incluído essas variáveis nos estudos sobre demanda cicloviária.

Dill e Carr (2003) criaram modelos, utilizando dados de 42 cidades dos EUA, para avaliar os aspectos que mais influenciam nas variações de uso da bicicleta, verificando que locais com presença de ciclovias e ciclofaixas tendem a apresentar maior volume de ciclistas, desde que elas conectem pontos de origem e destino de interesse da população. Na mesma linha, Habib *et al.* (2014) verificaram, para a cidade de Toronto (Canadá), que a presença de ciclovias e ciclofaixas aumenta a demanda pelo uso das bicicletas, pois a percepção da segurança e o conforto são significativamente aumentados.

Sob a ótica das condições meteorológicas, os autores que serão citados adiante verificaram, em diferentes localidades e com análises focadas em aspectos distintos, a relação entre as condições meteorológicas e a quantidade de deslocamentos por bicicletas.

Em todos os trabalhos, a precipitação e a temperatura foram consideradas significativas para a variação na demanda. Alguns autores (Tin Tin *et al.*, 2012; Sears *et al.*, 2012; Nankervis, 1999) também fizeram análises considerando as variações conforme as

estações do ano. Miranda-Moreno e Nosal (2011) verificaram tendências horárias, diárias, mensais e anuais de uso de infraestrutura para bicicletas. Godefroy e Morency (2012) analisaram a probabilidade de uma viagem ser feita por bicicleta, verificando o quanto a temperatura e a chuva influenciam, além de diversas outras características utilizadas na calibração do modelo. Sears *et al.* (2012) verificaram que o volume de viagens para o trabalho foi maior que o dobro em dias sem chuva pela manhã. Thomas *et al.* (2009, 2013) e Sabir *et al.* (2010) concluíram que ciclistas recreacionais são mais sensíveis à meteorologia do que ciclistas que fazem uso para fins de trabalho e estudo.

A Tabela 2.3 exibe uma síntese com os autores e as respectivas localizações. É possível notar que todas as cidades possuem clima bastante diferente da realidade brasileira (embora o Brasil seja um país continental).

Tabela 2.3: Síntese de trabalhos, com respectivas localizações dos dados utilizados, que verificaram a relação entre as condições meteorológicas e a demanda ciclovária.

Autor(es)	Localização dos dados
Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)	Montreal (Canadá)
Miranda-Moreno e Nosal (2011)	Montreal (Canadá)
Godefroy e Morency (2012)	Montreal (Canadá)
Phung e Rose (2007)	Melbourne (Austrália)
Nankervis (1999)	Melbourne (Austrália)
Ahmed <i>et al.</i> (2010)	Melbourne (Austrália)
Ahmed <i>et al.</i> (2012)	Brisbane (Austrália) e Portland (EUA)
Tin Tin <i>et al.</i> (2012)	Auckland (Nova Zelândia)
Thomas <i>et al.</i> (2009)	Gouda e Ede (Holanda)
Thomas <i>et al.</i> (2013)	Gouda e Ede (Holanda)
Sabir <i>et al.</i> (2010)	(Holanda)
Flynn <i>et al.</i> (2012)	Cinco cidades do estado de Vermont (EUA)
Sears <i>et al.</i> (2012)	Cinco cidades do estado de Vermont (EUA)

A maior parte das pesquisas envolvendo demanda pelo transporte ciclovário e condições meteorológicas faz uso de modelagem com diversos tipos de regressão, visto que trabalham com volumes de viagem reais, isto é, têm registrados os valores diários de viagens por bicicletas. Neste caso, as variáveis meteorológicas, obtidas nos mesmos intervalos dos registros de volumes de viagens, podem ser utilizadas através dos parâmetros disponíveis (vento, neve, precipitação, temperatura, insolação, radiação, nebulosidade, umidade do ar etc.). Desse modo, a variável dependente (número de viagens por bicicletas) dos modelos é calibrada em função das diversas variáveis independentes (parâmetros meteorológicos).

Em situações em que se deseja estimar a demanda potencial, principalmente quando se trata de um novo sistema de transporte que é influenciado diretamente pelas condições meteorológicas (como é o caso de bicicletas *pedelecs* compartilhadas), se torna inviável utilizar tantos parâmetros meteorológicos. Diante dessa limitação, as pesquisas de preferência declarada são uma opção para estimar a demanda potencial. Neste caso, devido à inexistência dos volumes reais de viagens, os dados obtidos podem ser posteriormente trabalhados através de *logit* ou de Redes Neurais Artificiais (RNA). Para este propósito, sugere-se consultar Rodrigues da Silva *et al.* (2002, 2008), Bocanegra e Rodrigues da Silva (2002) e Raia Jr. *et al.* (2001).

2.5.3 A realidade brasileira

No Brasil, é escassa a literatura sobre estimação da demanda por bicicletas. Magalhães *et al.* (2015) realizaram uma extensa revisão bibliográfica sobre modelos de previsão de demanda pelo modo ciclovitário e Franco *et al.* (2014) formularam um modelo baseado no método LDS (*Latent Demand Score*) - elaborado por Landis e Toole (1996^e) *apud* Portugal (2012) - para estimar a demanda pendular potencial por viagens de bicicleta no Rio de Janeiro. Outros trabalhos não lidaram diretamente com a estimativa da demanda, mas focaram na caracterização da mesma, como Kirner (2006) e Magalhães e Palhares (2013). Já Sousa e Kawamoto (2015) identificaram os fatores que mais influenciam no uso das bicicletas, com foco na implantação de ciclovias e ciclofaixas.

É evidente a necessidade não só de aprofundar os estudos brasileiros em demanda potencial pelo transporte ciclovitário, mas também de avaliar a demanda com base em condições meteorológicas, já que o clima do Brasil é muito diferente em relação aos países nos quais as pesquisas considerando essas variáveis têm sido feitas.

^e Landis, B. e J. Toole (1996) Using the latent demand score model to estimate use. *9th International Conference on Bicycle and Pedestrian Programs*, Bicycle Federation of America - Pedestrian Federation of America, Portland, ME, EUA.

3 MÉTODO

Neste capítulo é apresentado o conjunto de procedimentos adotado neste trabalho, o qual foi dividido em duas etapas principais: a caracterização do público-alvo (etapa 1) e a análise da demanda potencial por bicicletas (etapa 2). Primeiramente as etapas serão apresentadas de forma mais geral, para permitir a aplicação em outros estudos de caso. Contudo, o autor recomenda, para uma compreensão plena do conjunto de procedimentos, que o(a) leitor(a) prossiga com a leitura dos subcapítulos 3.1, 3.2 e 3.3, nos quais são apresentados, de forma detalhada, o estudo de caso e as etapas aplicadas ao mesmo. No subcapítulo 3.1 é possível visualizar um fluxograma (Figura 3.2) com todos os procedimentos - vinculados aos respectivos subcapítulos nos quais foram descritos - e as principais ferramentas utilizadas.

A primeira etapa, de caracterização do público-alvo, tem como foco a obtenção de dados sobre os(as) potenciais usuários(as), que pode ser feita através de entrevistas ou aplicação de questionários (em papel ou *online*). Para tanto, é necessário determinar o público-alvo e o(s) modo(s) de transporte a ser(em) comparado(s) com a bicicleta. Esta escolha não é trivial, visto que está relacionada tanto ao objetivo como ao público-alvo desejados. De maneira geral, a estrutura básica do instrumento de coleta de dados (entrevista ou questionário) deve visar à identificação da preferência por bicicletas frente ao(s) modo(s) escolhido(s) para comparação. Além disto, a coleta pode ser utilizada para a obtenção de diversas outras informações que permitam retratar um perfil mais completo do público-alvo, se houver algum interesse mais específico.

A segunda etapa, de análise da demanda potencial por bicicletas, corresponde a uma análise das probabilidades de uso das bicicletas. É elaborada uma planilha eletrônica com os dados de preferência por bicicletas obtidos na primeira etapa, além da inserção de campos que permitam simular as condições relacionadas à preferência por bicicletas. Desse modo, é possível checar variações nas probabilidades decorrentes de alterações nas condições especificadas na coleta de dados, visto que interferem diretamente na demanda potencial.

3.1 Apresentação do estudo de caso

A estratégia proposta foi testada em um campus universitário, considerando a demanda por bicicletas do tipo *pedelec* em um sistema de uso compartilhado. O campus em questão, que pertence à Universidade de São Paulo, está localizado na cidade de São Carlos e possui duas áreas (denominadas Áreas 1 e 2) fisicamente separadas por uma distância de cerca de 4,5 km. Atualmente, o campus conta com cerca de 5200 alunos(as) de graduação e 2600 alunos(as) de pós-graduação, sendo que aproximadamente 29% do total frequenta a Área 2 (Oliveira, 2015). A Figura 3.1 exibe os principais eixos viários entre as áreas do campus.



Figura 3.1: Principais eixos viários entre as áreas do campus da USP de São Carlos
¹Ganho é a variação positiva (ascendente) de altitude acumulada ²Perda é a variação negativa (descendente) de altitude acumulada. Fonte: Google Earth (2015)

A Rota 2 (em azul), com extensão de 4,2 km, corresponde ao trajeto utilizado pelo ônibus da USP e pela maioria das pessoas que usam transporte privado, com exceção de

alguns(mas) ciclistas que optam por vias secundárias para evitar o tráfego mais intenso da Avenida Miguel Petroni. A Rota 1 (em verde), com 5,0 km, apesar de potencialmente se apresentar como um eixo principal de deslocamento entre as áreas, visto que é essencialmente composta por avenidas, não é utilizada devido à inexistência de portaria na região sul da Área 2, embora o projeto do campus preveja uma no local. Se existisse esse acesso, a Rota 1 seria um pouco maior do que a Rota 2 (atualmente utilizada), mas já contabilizaria 2,6 km de ciclovias implantadas, o que corresponde a pouco mais de 50% da extensão total do eixo viário considerado. É importante notar também que a declividade da Rota 1, no sentido Área 1 para Área 2, é maior do que a da Rota 2.

Um fluxograma, composto pelo conjunto de procedimentos e as ferramentas que foram utilizados no estudo de caso, pode ser visto na Figura 3.2. Uma linha do tipo traço-ponto separa as duas etapas e o subcapítulo em que cada procedimento é detalhado pode ser visto através da numeração junto às caixas de texto.

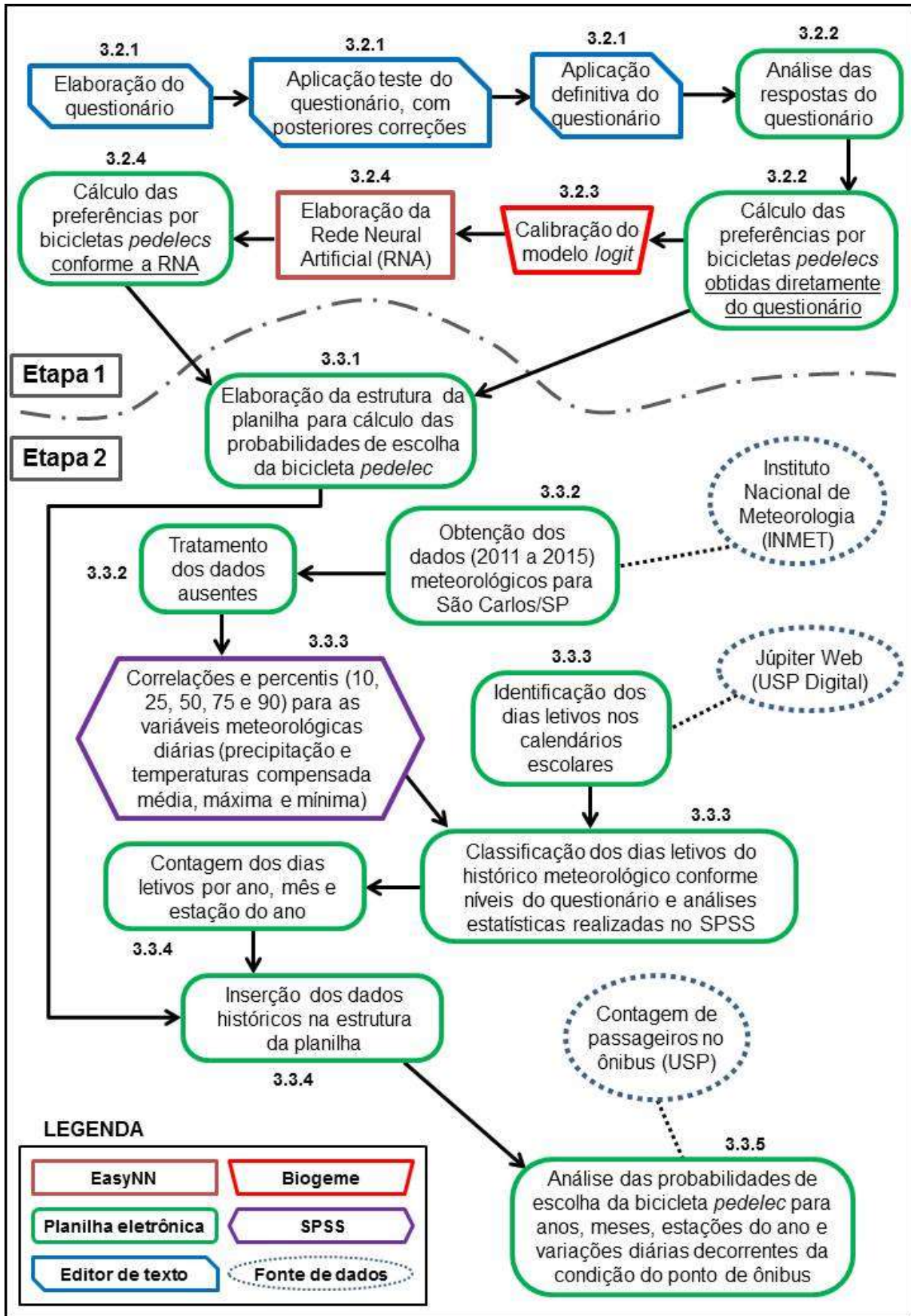


Figura 3.2: Fluxograma com o conjunto de procedimentos e ferramentas utilizados no estudo de caso.

3.2 Etapa 1: Caracterização do público-alvo

3.2.1 Elaboração e aplicação do questionário

Para este estudo de caso, optou-se pela utilização de questionário, o qual pode ser visto no Apêndice A. O objetivo foi obter um panorama a respeito do público-alvo, com foco nos deslocamentos realizados entre as duas áreas do campus. Será dada ênfase às perguntas que têm importância direta para o objetivo do trabalho, visto que algumas questões foram formuladas para aproveitar a aplicação do questionário e serem utilizadas no desenvolvimento da disciplina de Planejamento e Análise de Sistemas de Transportes (STT0405), a qual é ofertada para o curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), no segundo semestre do terceiro ano regular.

Assim, foram formuladas questões relacionadas aos motivos para não usar a bicicleta convencional para se deslocar entre as áreas (pergunta 9 - somente para quem sabia pedalar e não usava a bicicleta convencional neste deslocamento), à experiência com meios de transporte já utilizados no percurso considerado (pergunta 11 - respondida por todos), ao tempo médio gasto no deslocamento (perguntas 12 e 13 - somente para quem usava carro e bicicleta, respectivamente), ao tempo máximo aceitável para deslocamento (pergunta 14 - respondida por todos), às razões para não usufruir do ônibus ofertado pela USP (pergunta 15 - somente para quem não usava o ônibus nesse deslocamento), à rejeição aos meios de transporte (pergunta 42 - respondida por todos) e também um conjunto de perguntas que pretendia identificar a preferência por bicicletas *pedelecs* compartilhadas, em relação ao ônibus da USP, para diversos cenários (perguntas 26 a 41 - somente para quem sabia pedalar). As outras perguntas elaboradas podem ser verificadas no Apêndice A.

A pergunta 9 foi formulada para que os(as) respondentes ordenassem as opções fornecidas (oito, no total), atribuindo o número 1 para a opção mais decisiva na decisão de **não usar a bicicleta**. Também era permitido inserir uma nova opção e ordená-la juntamente com as fornecidas, seguindo a mesma lógica apresentada. A pergunta 15 fornecia 13 opções, as quais os(as) respondentes deveriam avaliar, em relação à decisão de **não usar o ônibus da USP**, como 1 (extremamente importante - crucial), 2 (muito importante) e 3 (pouco importante). Assim como na pergunta 9, era permitido inserir uma nova opção e avaliá-la. Inicialmente, a pergunta 15 era respondida através da ordenação das opções, mas adotou-se a avaliação das opções devido ao número excessivo de alternativas apresentadas aos(as) respondentes.

Nas perguntas 12, 13 e 14, os(as) respondentes deveriam assinalar a opção desejada, com um detalhe para a pergunta 14, que permitia a inserção de um valor não apresentado previamente. Já na pergunta 42, os(as) respondentes assinalavam todos os meios de transporte que nunca utilizariam no deslocamento entre as duas áreas, sendo possível assinalar mais de uma opção. A pergunta 11 era respondida através da avaliação dos meios de transporte disponíveis, usando a seguinte escala: 1 - muito satisfeito, 2 - satisfeito, 3 - insatisfeito e 4 - muito insatisfeito.

Em relação às perguntas 26 a 41, dois textos introdutórios foram utilizados para este conjunto de perguntas, um apresentando as bicicletas elétricas e outro explicando o que seria o sistema de compartilhamento de bicicletas considerado. O ônibus da USP e as bicicletas *pedelecs* compartilhadas foram então comparados no que tange à disponibilidade de horários, ao custo para o(a) usuário(a) e ao tempo de viagem, com base na Figura 3.3.



Figura 3.3: Comparação de características entre o ônibus da USP e o sistema de bicicletas *pedelecs* compartilhadas.

Além das características fixadas para cada um dos sistemas, citadas na Figura 3.3, foram feitas combinações de três aspectos:

- Ciclovias e/ou ciclofaixas entre as áreas: caracterizadas em dois níveis, presença ou ausência total;
- Ponto de ônibus USP: caracterizado em dois níveis, cheio ou vazio;
- Condições meteorológicas: caracterizadas em quatro níveis, sendo sol e frio (aproximadamente 18 °C), sol e temperatura moderada (por volta de 26 °C), sol e calor (cerca de 34 °C) e nublado e possibilidade de chuva.

A partir das combinações desses aspectos foi possível gerar 16 cenários (fatorial completo), os quais foram apresentados aos(as) respondentes através da Figura 3.4, com base na técnica de preferência declarada e escolha preferida (*stated choice*). Para cada um dos cenários, os(as) respondentes deveriam apontar o modo de sua preferência (ônibus ou *pedelec*).



Considere presença total de ciclovias e/ou ciclofaixas entre as Áreas do Campus



Considere ausência total de ciclovias e/ou ciclofaixas entre as Áreas do Campus

Ponto de ônibus	Condições meteorológicas	ESCOLHA	
		Ônibus	<i>Pedelec</i>
Cheio	Sol, calor ($\approx 34\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Cheio	Sol, frio ($\approx 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Cheio	Nublado, possibilidade chuva		
Cheio	Sol, temperatura moderada ($\approx 26\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Vazio	Sol, calor ($\approx 34\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Vazio	Sol, frio ($\approx 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Vazio	Nublado, possibilidade chuva		
Vazio	Sol, temperatura moderada ($\approx 26\text{ }^{\circ}\text{C}$)		

Ponto de ônibus	Condições meteorológicas	ESCOLHA	
		Ônibus	<i>Pedelec</i>
Cheio	Sol, calor ($\approx 34\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Cheio	Sol, frio ($\approx 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Cheio	Nublado, possibilidade chuva		
Cheio	Sol, temperatura moderada ($\approx 26\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Vazio	Sol, calor ($\approx 34\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Vazio	Sol, frio ($\approx 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Vazio	Nublado, possibilidade chuva		
Vazio	Sol, temperatura moderada ($\approx 26\text{ }^{\circ}\text{C}$)		

Figura 3.4: Composição dos cenários para a escolha do modo preferido.

Em relação à aplicação do questionário, foi realizada inicialmente uma aplicação teste, visando identificar possíveis equívocos contextuais, erros ortográficos e ambiguidades. Foram também registradas sugestões e feitas algumas análises preliminares para verificar se o modo como as respostas estavam sendo obtidas permitiria o desenvolvimento desejado do trabalho. O teste foi aplicado a 74 alunos(as) de graduação da disciplina de Planejamento e Análise de Sistemas de Transportes (STT0405).

Após a execução de algumas sugestões e eventuais correções, o questionário pôde ser aplicado junto ao público-alvo, que foi composto por alunos(as) de graduação e pós-graduação que frequentam a Área 2 do campus. Para essa aplicação, houve a colaboração dos(as) mesmos(as) alunos(as) que haviam participado da fase de teste. Os questionários, impressos coloridos em folhas A4 (duas páginas por folha) para facilitar a visualização dos textos em vermelho referentes às perguntas condicionais, eram fornecidos aos(as)

respondentes e deviam ser devolvidos ao(à) aplicador(a). Os(as) alunos(as) foram instruídos(as) em relação à abordagem a ser adotada e atuaram sob coordenação do autor do trabalho. Alguns(mas) alunos(as) optaram pela aplicação dentro das salas de aula da Área 2, enquanto outros(as) abordaram as pessoas dentro do campus (inclusive no próprio ponto de ônibus). No primeiro caso, era feito um pedido ao(à) docente responsável pela disciplina que estava sendo ministrada e, ao final da aula, os questionários eram disponibilizados aos(às) estudantes. No segundo caso, a abordagem era feita diretamente ao(à) estudante. O tempo gasto para responder ao questionário foi, em média, de 15 minutos.

As estratégias utilizadas pelos(as) alunos(as) que aplicaram o questionário atingiram muito mais a graduação do que a pós-graduação. Por conta disso, o autor aplicou o questionário nos laboratórios de pesquisa da pós-graduação, visando atingir também essa parcela de usuários(as) da Área 2.

No total, 400 questionários foram respondidos, sendo 369 por alunos(as) de graduação, 28 por alunos(as) de pós-graduação, além de uma pós-doutoranda, uma funcionária técnica-administrativa e uma resposta em branco, que, por não se enquadrarem no perfil do público-alvo, foram descartadas. Para a análise da demanda potencial por bicicletas *pedelecs* compartilhadas, foram considerados(as) apenas os(as) respondentes que se deslocam com o transporte atualmente operado pela USP (272 pessoas).

3.2.2 Análise das principais perguntas do questionário

As perguntas 12, 13, 14 e 42 foram analisadas através de cálculo das percentagens das respostas em relação ao total válido que deveria responder à pergunta. As perguntas de 26 a 41 também foram analisadas através do valor percentual, mas os dados foram posteriormente trabalhados através de uma modelagem *logit* e do treinamento de uma Rede Neural Artificial (RNA), processos que serão detalhados nos subcapítulos 3.2.3 e 3.2.4.

Para as perguntas 9, 11 e 15, primeiramente foi feita uma contagem da quantidade de vezes que cada opção foi ordenada (no caso da pergunta 9) ou avaliada (no caso das perguntas 11 e 15). Por exemplo, no caso da pergunta 15, era possível que uma opção fosse avaliada como 1, 2 ou 3. Desse modo, determinou-se a quantidade de cada avaliação para cada opção apresentada ao(à) respondente. De forma semelhante foi feito com a pergunta 11. Em relação à pergunta 9, como era possível ordenar de 1 a 8, foi determinada a quantidade de cada ordenação para cada opção.

Em seguida foi calculada a média ponderada, para cada uma das opções, conforme as quantidades encontradas. É importante citar que os pesos foram invertidos para as três perguntas (9, 11 e 15), para fins de apresentação dos dados. Por exemplo, no caso da ordenação da pergunta 9, em que o número 1 correspondia ao fator mais decisivo para não usar as bicicletas, o peso maior passou a ser dado para o número 8. O mesmo vale para a pergunta 11, na qual a avaliação “muito satisfeito” foi transferida para o peso 4 (no questionário correspondia a 1). A pergunta 15 segue a mesma lógica. Desse modo, ao final foi obtido um valor que representa o impacto de cada opção em relação a todas às outras previamente disponíveis.

3.2.3 Modelagem (*logit*) dos dados da pergunta de preferência declarada

Após a obtenção das preferências dos(as) respondentes, foi calibrado um modelo *logit* através do *software* Biogeme. As variáveis foram inseridas conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Valores dos níveis das variáveis do modelo para inserção no *software* Biogeme.

Valor	Escolha	Ciclovia	Ponto	Calor	Moderado	Frio	Possib.Chuva
0	Ônibus	Ausência	Vazio				
1	Pedelec	Presença	Cheio	X	X	X	X

O arquivo com a base de dados utilizado no modelo, o qual foi criado a partir do *software* Notepad++, pode ser visto parcialmente na Figura 3.5. Cada ID corresponde a um(a) respondente. Como havia 16 cenários, cada respondente ocupou 16 linhas do arquivo. Apesar de 272 pessoas da amostra usarem o ônibus da USP, foram consideradas 252 respostas válidas porque 10 pessoas não sabiam andar de bicicleta (e por isso não responderam) e 10 pessoas deixaram a pergunta em branco.

1	ID	ESCOLHA	CICLOVIA	PONTO	CALOR	FRIO	NUBLADO	MODERADO
2	1	0	1	1	1	0	0	0
3	1	1	1	1	0	1	0	0
4	1	0	1	1	0	0	1	0
5	1	1	1	1	0	0	0	1
6	1	0	1	0	1	0	0	0
7	1	0	1	0	0	1	0	0
8	1	0	1	0	0	0	1	0
9	1	0	1	0	0	0	0	1
10	1	0	0	1	1	0	0	0
11	1	1	0	1	0	1	0	0
12	1	0	0	1	0	0	1	0
13	1	1	0	1	0	0	0	1
14	1	0	0	0	1	0	0	0
15	1	0	0	0	0	1	0	0
16	1	0	0	0	0	0	1	0
17	1	0	0	0	0	0	0	1
...								
4018	252	1	1	1	1	0	0	0
4019	252	1	1	1	0	1	0	0
4020	252	0	1	1	0	0	1	0
4021	252	1	1	1	0	0	0	1
4022	252	1	1	0	1	0	0	0
4023	252	1	1	0	0	1	0	0
4024	252	0	1	0	0	0	1	0
4025	252	1	1	0	0	0	0	1
4026	252	0	0	1	1	0	0	0
4027	252	0	0	1	0	1	0	0
4028	252	0	0	1	0	0	1	0
4029	252	0	0	1	0	0	0	1
4030	252	0	0	0	1	0	0	0
4031	252	0	0	0	0	1	0	0
4032	252	0	0	0	0	0	1	0
4033	252	0	0	0	0	0	0	1

Figura 3.5: Arquivo *.dat* utilizado para o modelo *logit* calibrado.

3.2.4 Elaboração de uma Rede Neural Artificial (RNA) com os dados da preferência declarada

Além da calibração do modelo *logit*, optou-se ainda pelo treinamento de uma Rede Neural Artificial. Para tanto, foi utilizado o software EasyNN^f.

O banco de dados foi o mesmo utilizado para a modelagem *logit*, ou seja, com os dados inseridos de forma binária (Figura 3.5), contabilizando 252 respondentes. Desse modo, na camada de entrada foram utilizados seis neurônios. Em relação às camadas

^f Software desenvolvido e comercializado por Stephen Wolstenholme, Inglaterra.

intermediárias, foi utilizada apenas uma camada intermediária, a qual foi composta por seis neurônios.

Foram utilizados 50% dos dados para treinamento, 25% para validação e os demais 25% para teste da RNA. Para todas as etapas os dados foram selecionados de forma aleatória. Em seguida, após o treinamento, validação e teste da RNA, foram calculadas as preferências entre o ônibus da USP e as bicicletas *pedelecs*, conforme cada cenário (Tabela 3.2).

Tabela 3.2: Cálculo das preferências, para cada cenário, conforme a Rede Neural Artificial (RNA).

	Variáveis de entrada						Escolha	
	Ciclovía	Ponto	Calor	Frio	Possib. Chuva	Moderado	Ônibus USP	<i>Pedelec</i>
Cenários	1	1	1	0	0	0	67%	33%
	1	1	0	1	0	0	10%	90%
	1	1	0	0	1	0	91%	9%
	1	1	0	0	0	1	13%	87%
	1	0	1	0	0	0	95%	5%
	1	0	0	1	0	0	52%	48%
	1	0	0	0	1	0	99%	1%
	1	0	0	0	0	1	52%	48%
	0	1	1	0	0	0	98%	2%
	0	1	0	1	0	0	58%	42%
	0	1	0	0	1	0	98%	2%
	0	1	0	0	0	1	66%	34%
	0	0	1	0	0	0	98%	2%
	0	0	0	1	0	0	75%	25%
	0	0	0	0	1	0	98%	2%
	0	0	0	0	0	1	85%	15%

3.3 Etapa 2: Análise da demanda potencial por bicicletas *pedelecs* compartilhadas

3.3.1 Elaboração da estrutura da planilha eletrônica para cálculo das probabilidades

Com as preferências obtidas diretamente das respostas do questionário e pela RNA, foi elaborada uma planilha eletrônica (Figura 3.6) que fornece a probabilidade dos(as) usuários(as) do ônibus da USP escolherem a bicicleta *pedelec* compartilhada, ao invés do ônibus, para um determinado período com distribuição dos dias letivos conforme as categorias meteorológicas especificadas no questionário. É importante citar que, embora não tenha sido incluída a condição “chuvoso” no questionário, ela foi considerada na

elaboração da estrutura da planilha, sendo que a preferência pela bicicleta *pedelec* foi considerada nula para esta categoria.

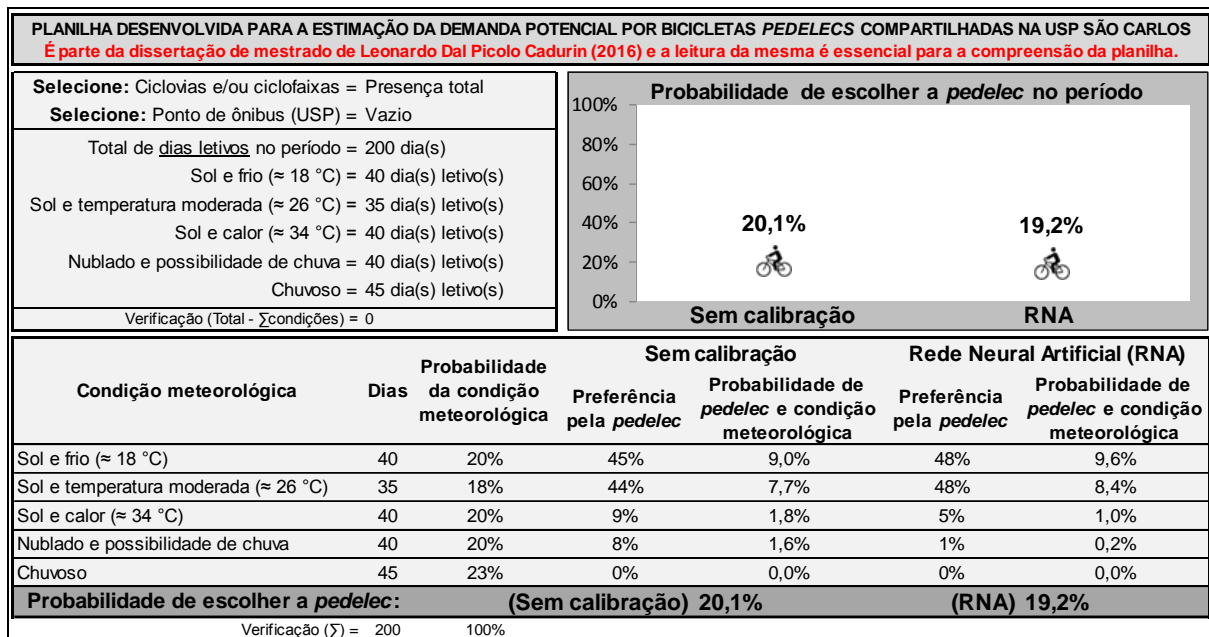


Figura 3.6: Estrutura da planilha eletrônica para cálculo da probabilidade de escolha da bicicleta *pedelec* compartilhada.

Na planilha são combinadas as probabilidades de ocorrência de cada condição meteorológica para o período desejado e as preferências de escolha da bicicleta *pedelec*, tanto as obtidas diretamente das respostas do questionário, quanto as obtidas pela RNA. Como as preferências variam conforme a situação de ciclovias/ciclofaixas e da ocupação do ponto de ônibus da USP, a planilha permite que seja selecionado o nível das duas variáveis, de modo que qualquer alteração acarreta em variação na probabilidade de escolha da *pedelec*. Em relação às condições meteorológicas, a influência na variação da probabilidade decorre da quantidade de dias letivos em cada classificação meteorológica. Desse modo, a probabilidade de escolha da *pedelec*, para determinado período, corresponde à soma das probabilidades de ocorrência de cada condição meteorológica e de preferência pela *pedelec* para a respectiva categoria meteorológica, conforme a Equação 3.1.

$$Prob_{Escolha\ Pedelec\ Período} = \sum_{i=1}^5 (Prob_i^{Condição\ meteorológica} \cdot Pref_i^{Pedelec}) \quad (3.1)$$

Onde i corresponde às condições meteorológicas e varia de 1 a 5, que é o total de condições meteorológicas consideradas neste trabalho.

3.3.2 Obtenção e tratamento dos dados meteorológicos históricos de São Carlos/SP

Em São Carlos/SP há três fontes principais para a obtenção dos dados meteorológicos históricos: o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e a própria USP, através do Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais - CRHEA e do Centro de Divulgação Científica e Cultural - CDCC. O INMET foi adotado como fonte padrão, tanto por ser um instituto federal e fazer medições em todo o país, quanto pelo fato de ter duas estações (uma automática e uma convencional) localizadas no campus da Universidade de São Carlos - UFSCar, cuja distância, em relação à Área 1 do campus da USP São Carlos, é próxima de 4 km. Além disso, os dados diários são disponibilizados através do próprio *site* do instituto, no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP (Figura 3.7).

Figura 3.7: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia. Fonte: INMET (2016)

No *site* do INMET é possível obter os dados diários para períodos relativamente longos (por exemplo, 5 anos). Neste caso, os dados, provenientes de estações convencionais, que são compostas por sensores que registram continuamente diversos parâmetros (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc.), precisam ser anotados por um funcionário a cada intervalo de tempo pré-definido. Em seguida, os dados devem ser enviados a um centro coletor.

Já os dados horários são provenientes das estações automáticas, as quais possuem uma unidade de memória central (*data logger*) ligada aos sensores que registram os parâmetros minuto a minuto. O *data logger* disponibiliza os dados, automaticamente, a cada hora. Posteriormente, um funcionário precisa checar a consistência dos dados antes de arquivá-los. No *site* do INMET é possível baixar os dados horários, mas com a limitação de busca para os últimos 90 dias em relação à data em que a busca está sendo realizada. Para

ter acesso aos dados horários para períodos relativamente longos, é necessário entrar em contato com os(as) funcionários(as) do instituto.

É importante citar que, embora na cidade de São Carlos existam os dois tipos de estação, o mesmo não ocorre no restante do país, visto que há locais em que apenas um dos tipos está disponível.

Em relação a esta pesquisa, foram obtidos, para os anos de 2011 a 2015, tanto os dados diários (das estações convencionais) quanto os dados horários (das estações automáticas). No primeiro caso, foram obtidos diretamente do *site* os registros para os parâmetros de precipitação e temperaturas máxima, mínima e compensada média. A respeito dos registros horários, os parâmetros enviados pela funcionária do INMET foram temperatura (instantânea, máxima e mínima), umidade (instantânea, máxima e mínima), ponto de orvalho (instantâneo, máximo e mínimo), pressão (instantânea, máxima e mínima), vento (velocidade e direção), radiação e precipitação. Optou-se pela utilização dos dados da estação convencional, visto que os dados provenientes da automática apresentavam um período contínuo e extenso (mais de dois meses) sem dados registrados.

No questionário, os níveis adotados para as condições meteorológicas foram representados pelas palavras “sol”, “nublado”, “possibilidade de chuva” e “temperatura”. Embora “nublado” acompanhado de “possibilidade de chuva” facilite a visualização da condição meteorológica em que há grande possibilidade de chover, representar a situação “nublado” através dos parâmetros não é simples. O parâmetro de nebulosidade, que também é possível de ser obtido no *site* do INMET (em janela diferente da apresentada na Figura 3.8), corresponde a uma medição bastante subjetiva, de difícil quantificação e que não leva em consideração os tipos de nuvens presentes no céu (Penman, 1956⁹ *apud* Varejão-Silva, 2006). A sua medida é representada em oitavos ou em décimos (deve ser indicado) de céu encoberto, sendo o valor zero um indicativo de nenhuma nuvem no momento da observação. A sua estimativa é feita visualmente, arbitrando qual a porção aproximada do céu que está encoberta no momento da observação. Durante as noites, a estimativa é obtida a partir das estrelas visíveis (Varejão-Silva, 2006).

⁹ Penman, H. L. (1956) Evaporation: An introductory survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, v. 4, p. 9-29.

Devido à sensibilidade do parâmetro de nebulosidade em relação ao(à) observador(a) que faz o registro e a dificuldade em obter um valor de nebulosidade que seja representativo para um dia, já que se trata de um parâmetro muito dinâmico, decidiu-se que a condição “nublado” não seria retratada através de algum parâmetro meteorológico. Desse modo, “nublado e possibilidade de chuva” foi retratado apenas pelo parâmetro de precipitação, procedimento que será detalhado no subcapítulo 3.3.3.

No que tange às temperaturas, foi necessário adotar um parâmetro diário que as representasse. Segundo Varejão-Silva (2006), a temperatura média deveria ser obtida pela média aritmética de todas as temperaturas observadas em intervalos regulares e curtos, mas na prática não é o procedimento utilizado para fins climatológicos. No Brasil, as estações meteorológicas da rede oficial utilizam o parâmetro denominado de temperatura compensada média (Equação 3.2), onde t_{00} , t_{12} , $t_{máx}$ e $t_{mín}$ correspondem, para um dia, às temperaturas a 0 hora, às 12 horas, máxima e mínima, respectivamente.

$$Temp_{comp. \text{ média}} = \frac{2 \cdot t_{00} + t_{12} + t_{máx} + t_{mín}}{5} \quad (3.2)$$

Após a definição da fonte dos dados e os parâmetros que seriam utilizados para retratar os níveis meteorológicos que foram colocados no questionário, foi necessário tratar os dados ausentes. Para esse procedimento, foram utilizados os dados provenientes da estação automática (horários). A precipitação diária foi considerada a soma das precipitações horárias e as temperaturas máxima e mínima foram adotadas como sendo, respectivamente, a maior e menor temperatura registrada no dia. A temperatura compensada média foi preenchida com a média das temperaturas horárias. No total, foram identificados 51 dias com dados ausentes, considerando um total de 1826 dias (5 anos, incluindo um ano bissexto), o que corresponde a 2,8% do total. Em relação aos anos, segue a relação:

- 2011: 4 dias com dados ausentes;
- 2012: 21 dias com dados ausentes;
- 2013: 3 dias com dados ausentes;
- 2014: 5 dias com dados ausentes;
- 2015: 18 dias com dados ausentes.

3.3.3 Classificação dos dias do histórico meteorológico

Com o banco de dados completo, contendo os parâmetros diários de precipitação e temperaturas máxima, mínima e compensada média para os anos de 2011 a 2015, foi necessário definir qual dos parâmetros de temperatura iria servir como referência para classificar os dias conforme as temperaturas adotadas no questionário (18 °C para frio, 26 °C para moderado e 34 °C para calor). Foi possível observar que as temperaturas compensadas médias não permitiriam classificar com clareza, visto que as médias não alcançam o valor definido para o frio e para o calor.

Em vista disso, foi feita uma análise de correlação através do *software* SPSS, entre todos os parâmetros selecionados, para o banco de dados completo (com os valores ausentes preenchidos com os dados oriundos da estação automática - Tabela 3.3) e também para o banco de dados original, mas com os vazios excluídos (Tabela 3.4).

Tabela 3.3: Matriz de correlação, para o banco de dados completo (dados ausentes preenchidos), com os parâmetros de precipitação e temperaturas compensada média, máxima e mínima.

Banco de Dados Completo (dados ausentes preenchidos)					
		Temp. Comp. Média (°C)	Precip. (mm)	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)
Temp. Comp. Média (°C)	Correlação de Pearson	1,000	-0,033	0,886	0,832
	Sig. (2 extremidades)	-	0,163	0,000	0,000
	N	1826	1826	1826	1826
Precip. (mm)	Correlação de Pearson	-0,033	1,000	-0,193	0,141
	Sig. (2 extremidades)	0,163	-	0,000	0,000
	N	1826	1826	1826	1826
Temp. Máx. (°C)	Correlação de Pearson	0,886	-0,193	1,000	0,560
	Sig. (2 extremidades)	0,000	0,000	-	0,000
	N	1826	1826	1826	1826
Temp. Mín. (°C)	Correlação de Pearson	0,832	0,141	0,560	1,000
	Sig. (2 extremidades)	0,000	0,000	0,000	-
	N	1826	1826	1826	1826

Tabela 3.4: Matriz de correlação, para o banco de dados original (sem os vazios), com os parâmetros de precipitação e temperaturas compensada média, máxima e mínima.

Banco de Dados Original (sem os vazios)					
		Temp. Comp. Média (°C)	Precip. (mm)	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)
Temp. Comp. Média (°C)	Correlação de Pearson	1,000	-0,032	0,885	0,831
	Sig. (2 extremidades)	-	0,183	0,000	0,000
	N	1775	1775	1775	1775
Precip. (mm)	Correlação de Pearson	-0,032	1,000	-0,192	0,142
	Sig. (2 extremidades)	0,183	-	0,000	0,000
	N	1775	1775	1775	1775
Temp. Máx. (°C)	Correlação de Pearson	0,885	-0,192	1,000	0,558
	Sig. (2 extremidades)	0,000	0,000	-	0,000
	N	1775	1775	1775	1775
Temp. Mín. (°C)	Correlação de Pearson	0,831	0,142	0,558	1,000
	Sig. (2 extremidades)	0,000	0,000	0,000	-
	N	1775	1775	1775	1775

Conforme as matrizes de correlação, foi verificado que o preenchimento dos dados ausentes acarretou em um aumento da correlação entre a temperatura compensada média e as temperaturas máxima e mínima. Assim, o banco de dados completo foi adotado para as etapas posteriores do trabalho.

Em seguida, para todos os parâmetros selecionados, foram feitas análises da média, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo e dos percentis 10, 25, 50, 75 e 90, conforme pode ser visto na Tabela 3.5.

Tabela 3.5: Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo e percentis 10, 25, 50, 75 e 90) para os parâmetros do banco de dados completo.

		Temp. Comp. Média (°C)	Precip. (mm)	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)
N	Válido	1826	1826	1826	1826
	Ausente	0	0	0	0
Média		21,18	4,02	27,57	16,65
Mediana		21,54	0,00	27,90	17,30
Desvio Padrão		3,08	10,54	3,76	3,17
Mínimo		8,54	0,00	11,40	1,10
Máximo		29,48	118,00	37,90	23,40
Percentis	10	17,17	0,00	22,50	12,50
	25	19,00	0,00	25,30	14,50
	50	21,54	0,00	27,90	17,30
	75	23,40	1,90	30,30	19,10
	90	24,83	13,46	32,00	20,20

A partir dos valores máximo e mínimo, foi adotada a temperatura máxima para categorização dos níveis meteorológicos (frio, moderado e calor). Para estabelecer as limitações entre as categorias, foi utilizado o mesmo critério de Ahmed *et al.* (2012), mas com algumas adaptações. Primeiramente é importante dizer que os autores utilizaram quatro categorias em relação à temperatura média e três para a precipitação. Para as temperaturas médias, Ahmed *et al.* (2012) estabeleceram que o primeiro quartil representaria um dia fresco (*cool day*), o segundo quartil seria um dia moderado (*mild day*) e o terceiro e quarto quartis seriam dias quentes (*warm day*) e muitos quentes (*very warm day*), respectivamente. Em relação à precipitação, foi considerado sem chuva para 0 mm de precipitação, chuva leve até o terceiro quartil e chuva pesada no quarto quartil. A Tabela 3.6 exibe os valores encontrados por Ahmed *et al.* (2012) para as cidades de Portland (EUA) e Brisbane (Austrália).

Tabela 3.6: Classificação, com base nos quartis, dos parâmetros de temperatura média e precipitação adotada por Ahmed *et al.* (2012).

Parâmetro meteorológico	Categoria	Portland (EUA)	Brisbane (Austrália)
Temperatura média	Dia fresco (<i>cool day</i>) [1º quartil]	< 7,2 °C *	< 18,2 °C *
	Dia moderado (<i>mild day</i>) [2º quartil]	7,2 °C a 10,6 °C *	18,2 °C a 21,7 °C *
	Dia quente (<i>warm day</i>) [3º quartil]	10,6 °C a 16,1 °C *	21,7 °C a 24,3 °C *
	Dia muito quente (<i>very warm day</i>) [4º quartil]	> 16,1 °C *	> 24,3 °C *
Precipitação	Sem chuva	0 mm	0 mm
	Chuva leve (<i>light rain</i>) [Até 3º quartil]	Até 3,8 mm	Até 1,4 mm
	Chuva pesada (<i>heavy rain</i>) [4º quartil]	> 3,8 mm	> 1,4 mm

Fonte: adaptado de Ahmed *et al.* (2012)

Obs.: Os intervalos são exibidos exatamente como constam no artigo original.*

Assim, neste trabalho foi definido que “frio” é representado pelo percentil 10, “moderado” está entre o percentil 10 e o percentil 75 e “calor” ocupa o quarto quartil. Vale ressaltar que foram adotados os dados da temperatura máxima. Em relação à precipitação, até o terceiro quartil foi definido como “possibilidade de chuva” e o quarto quartil representa “chuvoso”. A categorização de “possibilidade de chuva” não é simples e, neste caso, foi estipulada como um dia em que chove pouco. Por exemplo, a pessoa olha pela janela e vê que está garoando ou choveu pouco há cerca de meia hora e o tempo ainda continua nublado. Na Tabela 3.7 é possível ver a categorização dos níveis adotada para este trabalho.

Tabela 3.7: Classificação, com base nos percentis, dos parâmetros de temperatura máxima e precipitação.

Parâmetro meteorológico	Categoria	São Carlos (Brasil)
Temperatura máxima	Frio ($\approx 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) [até o percentil 10]	$< 22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Moderado ($\approx 26\text{ }^{\circ}\text{C}$) [percentil 10 ao percentil 75]	$22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $30,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Calor ($\approx 34\text{ }^{\circ}\text{C}$) [acima do percentil 75]	$> 30,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Precipitação	Sem chuva	0 mm
	Possibilidade de chuva [até percentil 75]	Até 1,9 mm
	Chuvoso [acima do percentil 75]	$> 1,9\text{ mm}$

Após a definição de cada categoria meteorológica, conforme os níveis utilizados no questionário e os percentis, foram identificados os dias letivos para os anos de 2011 a 2015. Para isso foi utilizado o Júpiter Web, plataforma *online* que é mantida pela USP e serve de apoio aos(as) estudantes de graduação da universidade. A partir deste procedimento, o histórico meteorológico utilizado ficou restrito apenas aos dias que foram contemplados nos calendários escolares, isto é, os dias letivos. Vale ressaltar que as análises estatísticas das Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 levaram em consideração todos os dias do ano, visto que na maior parte do verão os(as) alunos(as) se encontram em período de férias. Se as análises estatísticas fossem feitas apenas com os dias letivos, seria criada uma distorção na classificação meteorológica, pois é mais coerente classificar com base na distribuição de temperaturas e precipitação anuais.

Em seguida, foi feita a classificação dos dias letivos para os anos de 2011 a 2015. Primeiramente, os dias foram classificados de acordo com a condição de precipitação. No caso dos dias em que não havia chuva, foi feita nova classificação, com base na temperatura máxima. Neste trabalho foi estipulado que quando houvesse chuva, mesmo que pouca (como no caso da condição “possibilidade de chuva”), o dia não teria a classificação final baseada na temperatura máxima. A Tabela 3.8 exibe, para parte dos dias letivos do ano de 2012, o procedimento de classificação.

Tabela 3.8: Classificação dos dias letivos conforme categorias de temperatura máxima e precipitação.

Dia Letivo	Data	Temp. Máx. (°C)	Precip.(mm)	Condição Chuva	Condição Temperatura	Classificação Meteorológica
1	27/02/2012	30,2	2,8	Muita chuva	Temperatura intermediária	Chuvoso
2	28/02/2012	32,8	3,3	Muita chuva	Temperatura alta	Chuvoso
3	29/02/2012	33,3	0,0	Sem chuva	Temperatura alta	Sol e calor
4	01/03/2012	32,6	0,0	Sem chuva	Temperatura alta	Sol e calor
5	02/03/2012	31,5	22,6	Muita chuva	Temperatura alta	Chuvoso
6	03/03/2012	29,5	0,0	Sem chuva	Temperatura intermediária	Sol e temperatura moderada
7	05/03/2012	30,1	0,2	Pouca chuva	Temperatura intermediária	Nublado e possibilidade de chuva

3.3.4 Inserção dos dias letivos classificados na estrutura da planilha eletrônica

Após a classificação, foi feita a contagem dos dias letivos, conforme cada nível meteorológico, para anos, meses e estações do ano. No caso dos anos, foi feita a contagem para o somatório de todos os anos avaliados e também para cada ano individualmente. Em relação aos meses, a avaliação foi feita para cada mês de forma individual e também para o somatório do mesmo mês em todos os anos. A abordagem para as estações do ano foi a mesma adotada para o mês. Para saber o dia de início de cada estação, foi utilizada como referência a Tabela 3.9, que possui precisão de um minuto e exige a soma de uma hora quando estiver em horário de verão.

Tabela 3.9: Data e horário de início de cada estação do ano (2011 a 2015).

Ano	Outono			Inverno			Primavera			Verão		
	Mar. (d h m)			Jun. (d h m)			Set. (d h m)			Dez. (d h m)		
2011	20	20	21	21	14	16	23	06	04	22	02	30
2012	20	02	14	20	20	09	22	11	49	21	08	11
2013	20	08	02	21	02	04	22	17	44	21	14	11
2014	20	13	57	21	07	51	22	23	29	21	20	03
2015	20	19	45	21	13	38	23	05	20	22	01	48

Fonte: adaptado de United States Naval Observatory (s. d.)

Desse modo, foram definidos 96 períodos contendo dias letivos classificados:

- Anos (6 períodos): 2011 a 2015, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015;
- Meses (66 períodos): Fevereiro 2011 a 2015, Fevereiro 2011, Fevereiro 2012, Fevereiro 2013, Fevereiro 2014 e Fevereiro 2015. O mesmo se repete para os outros meses, exceto Janeiro, que é sempre um mês integralmente de férias escolares no Brasil;
- Estações do ano (24 períodos): Verão 2011 a 2015, Verão 2011, Verão 2012, Verão 2013, Verão 2014 e Verão 2015. O mesmo se repete para as outras estações do ano.

É importante citar que Janeiro não possui dias letivos em nenhum dos anos avaliados e por isso não fez parte de nenhum período, inclusive dos anos e estações do ano. Já os meses de Julho de 2011 e de 2013 possuem um e nenhum dia letivo, respectivamente. Entretanto, como nos outros anos o mês de Julho tinha uma quantidade maior de dias letivos, para 2011 e 2013 também foi definido como período a ser analisado. No caso de 2013, a probabilidade de escolha da *pedelec* é nula por não ter dia letivo.

Em seguida, todos os períodos foram inseridos na estrutura da planilha, conforme apresentado na Figura 3.8. Embora a planilha obtida seja similar à da Figura 3.6, a diferença está assinalada por uma elipse, que corresponde ao campo no qual é possível selecionar qual o período que se deseja analisar. Logo abaixo da elipse é possível visualizar a distribuição dos dias letivos, conforme os níveis meteorológicos, para o período escolhido. Esses campos são atualizados automaticamente, assim como todo o restante da planilha, cujo funcionamento foi detalhado no subcapítulo 3.3.1. Tanto a condição do ponto de ônibus da USP, como a situação de ciclovias/ciclofaixas, também necessitam de escolha manual do nível que se deseja avaliar.

É importante ressaltar que a planilha trabalha com probabilidades de ocorrência das condições meteorológicas, o que permite a comparação entre os períodos, independente da quantidade de dias letivos que eles apresentem.

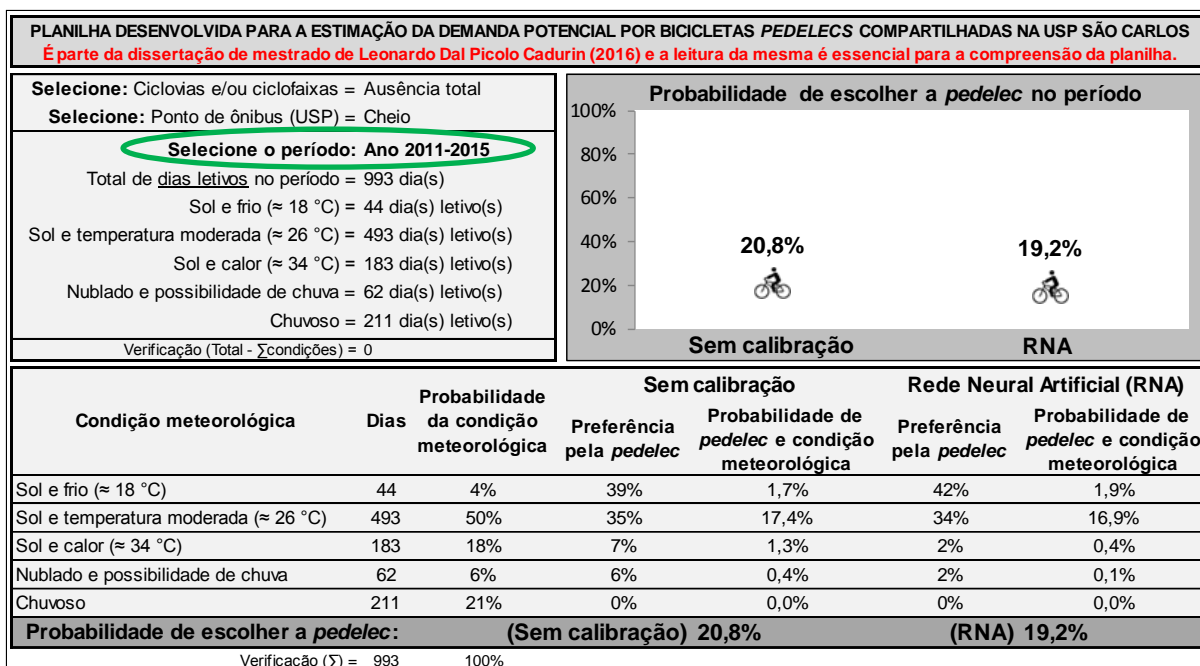


Figura 3.8: Planilha eletrônica para cálculo da probabilidade de escolha da bicicleta *pedelec* compartilhada, com os dados de dias letivos inseridos.

3.3.5 Análise das probabilidades de uso das bicicletas *pedelecs* através da planilha eletrônica

Após a inserção dos 96 períodos na planilha, foi possível prosseguir com a análise da probabilidade de escolha da bicicleta *pedelec*, verificando a variação na probabilidade para anos, meses e estações do ano. Foram geradas as probabilidades para todos os períodos, considerando as quatro combinações possíveis: com ciclovia/ciclofaixa e ponto cheio, com ciclovia/ciclofaixa e ponto vazio, sem ciclovia/ciclofaixa e ponto cheio e, por fim, sem ciclovia/ciclofaixa e ponto vazio. No total, foram geradas 760 probabilidades (sem contar Julho de 2013, que não teve dia letivo), sendo 380 da RNA e 380 sem calibração.

Posteriormente, foi feita uma planilha mais simples, utilizando proposta similar à da planilha já detalhada, para checar a variação na probabilidade conforme a ocupação do ponto de ônibus da USP. Através de uma contagem dos(as) passageiros(as) do ônibus da USP (Tabela 3.10), realizada por um funcionário da universidade durante os dias 15, 16 e 17 de setembro de 2015, foi convencionado que 50 passageiros(as) ou mais representa ponto cheio e, abaixo disso, ponto vazio.

Tabela 3.10: Contagem de passageiros(as) do ônibus da USP para os dias 15, 16 e 17 de setembro de 2015.

Data	Dia da semana	Horário	Passageiros(as)	Total
15/09/2015	Terça	07:00	11	
15/09/2015	Terça	07:30	33	
15/09/2015	Terça	07:45	47	
15/09/2015	Terça	08:00	67	
15/09/2015	Terça	08:15	57	
15/09/2015	Terça	09:00	20	
15/09/2015	Terça	09:55	74	501
15/09/2015	Terça	12:25	35	
15/09/2015	Terça	13:00	50	
15/09/2015	Terça	13:30	39	
15/09/2015	Terça	14:00	50	
15/09/2015	Terça	16:05	18	
15/09/2015	Terça	17:00	0	
16/09/2015	Quarta	07:00	14	
16/09/2015	Quarta	07:30	26	
16/09/2015	Quarta	07:45	77	
16/09/2015	Quarta	08:00	54	
16/09/2015	Quarta	08:15	35	
16/09/2015	Quarta	09:00	25	
16/09/2015	Quarta	09:55	87	427
16/09/2015	Quarta	12:25	17	
16/09/2015	Quarta	13:00	32	
16/09/2015	Quarta	13:30	16	
16/09/2015	Quarta	14:00	33	
16/09/2015	Quarta	16:05	11	
16/09/2015	Quarta	17:00	0	
17/09/2015	Quinta	07:00	Não roda	
17/09/2015	Quinta	07:30	33	
17/09/2015	Quinta	07:45	69	
17/09/2015	Quinta	08:00	71	
17/09/2015	Quinta	08:15	95	
17/09/2015	Quinta	09:00	49	
17/09/2015	Quinta	09:55	75	513
17/09/2015	Quinta	12:25	28	
17/09/2015	Quinta	13:00	11	
17/09/2015	Quinta	13:30	13	
17/09/2015	Quinta	14:00	53	
17/09/2015	Quinta	16:05	16	
17/09/2015	Quinta	17:00	0	

A Tabela 3.10 fornece a ocupação do ônibus para os horários de partida, da Área 1 em direção à Área 2, conforme o ano de 2015. Também é possível visualizar o total de passageiros(as) do ônibus para os dias em questão.

É importante ressaltar que a planilha mais simples (Figura 3.9) foi elaborada apenas para checar a variação da probabilidade ao longo do dia, de acordo com a ocupação do ônibus da USP. Apesar de existir o campo de condição meteorológica, ele não reflete a situação do dia em questão, servindo apenas como referência para a preferência pelas bicicletas *pedelecs*. Desse modo, é necessário escolher qual o nível meteorológico que se deseja avaliar, juntamente com a situação de ciclovias/ciclofaixas. Também é necessário escolher a data desejada, que é a referência para o número de passageiros(as).

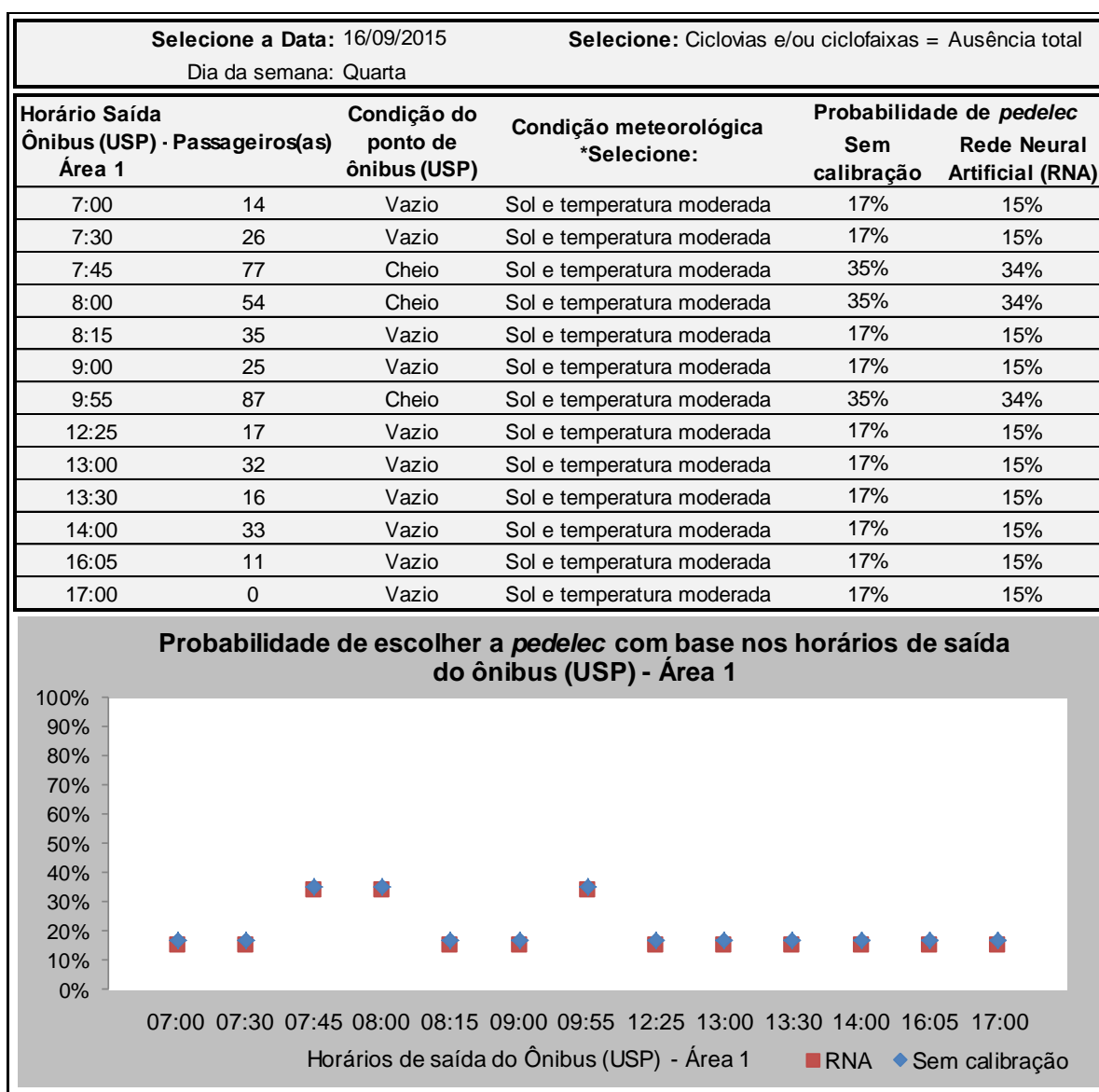


Figura 3.9: Planilha eletrônica elaborada para checar a variação da probabilidade de escolha da bicicleta *pedelec* ao longo do dia, conforme a ocupação do ônibus da USP.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo são apresentados os principais resultados da caracterização do público-alvo (Etapa 1) e os resultados da análise da demanda potencial por bicicletas *pedelecs* compartilhadas (Etapa 2).

4.1 Etapa 1: Caracterização do público-alvo

Em relação ao gênero e vínculo com a universidade, a Tabela 4.1 apresenta os valores obtidos. É possível notar que cerca de 31% da amostra é composta pelo gênero feminino, um retrato dos cursos de engenharia, que ainda são preenchidos majoritariamente por pessoas do gênero masculino, embora esse panorama esteja mudando gradativamente. Quanto ao vínculo, aproximadamente 93% da amostra é composta por alunos(as) da graduação. Isso se deve à maior facilidade para encontrar os(as) alunos(as) de graduação, já que os(as) estudantes de pós-graduação utilizam a maior parte do tempo em atividades de pesquisa na Área 2. Uma característica bastante peculiar da referida Área é que grande parte das pesquisas são realizadas em laboratórios, nos quais a entrada é restrita. Além disso, muitos procedimentos laboratoriais não permitem a interrupção do processo, o que dificulta a aplicação do questionário com estudantes da pós-graduação.

Tabela 4.1: Gênero e vínculo com a universidade das pessoas que responderam ao questionário.

Gênero	Graduação	Pós-graduação	Total
Feminino	110 (27,71%)	13 (3,27%)	123 (30,98%)
Masculino	259 (65,24%)	15 (3,78%)	274 (69,02%)
Total	369 (92,95%)	28 (7,05%)	397 (100,00%)

Obs.: Os valores percentuais são em relação ao total geral.

É importante ressaltar que, embora os(as) estudantes de pós-graduação correspondam a 7% da amostra, eles(as) representam 19% dos(as) alunos(as) que se deslocam regularmente até a Área 2, conforme os dados de Oliveira (2015). Houve desequilíbrio na distribuição da amostra, mas alguns aspectos suavizam a questão. Considerando a população-alvo, pouco mais de 500 pós-graduandos(as) frequentam a Área 2 com regularidade. Dentre estes(as), quase 50% se desloca através do ônibus operado pela USP. Já entre os(as) graduandos(as), mais de 2100 se deslocam regularmente até a Área 2 e quase 70% utiliza o ônibus da USP (Oliveira, 2015).

A percepção dos(as) respondentes quanto ao tempo máximo aceitável para o deslocamento entre as áreas do campus pode ser visualizada na Tabela 4.2. Nota-se que cerca de 50% das pessoas toleram viagens que durem até 15 minutos. Quase 25% responderam que 20 minutos é um tempo aceitável, enquanto menos de 15% só aceitam viagens que demorem até 10 minutos.

Tabela 4.2: Tempo máximo aceitável para o deslocamento entre as áreas do campus.

Tempo máximo aceitável	Quantidade	% do Total
10 min	53	13,35
15 min	198	49,87
20 min	94	23,68
25 min	20	5,04
30 min	22	5,54
Total	397	100,00

Os resultados do tempo gasto por pessoas que se deslocam com carro (motorista ou carona) e bicicleta convencional podem ser vistos nas Tabelas 4.3 e 4.4, respectivamente. Mais da metade das pessoas que usam o carro gastam até 10 minutos na viagem entre as duas áreas, enquanto apenas menos de 2% usa mais de 15 minutos neste deslocamento. Em relação à bicicleta, a maior parte (aproximadamente 35%) gasta entre 10 a 15 minutos e quase 24% usa mais de 25 minutos. Mais da metade das pessoas que pedalam até a Área 2 utiliza no máximo 20 minutos neste trajeto. É interessante notar como a diversidade de tempo de viagem é muito mais discrepante para quem usa a bicicleta, justamente porque depende muito do nível de condicionamento físico da pessoa.

Tabela 4.3: Tempo de viagem, com carro (motorista e carona), no deslocamento entre as áreas do campus.

Tempo de viagem (carro)	Quantidade	% do Total
Até 10 min	152	57,58
10 a 15 min	108	40,91
Mais de 15 min	4	1,52
Total	264	100,00

Tabela 4.4: Tempo de viagem, com bicicleta convencional, no deslocamento entre as áreas do campus.

Tempo de viagem (bicicleta)	Quantidade	% do Total
Até 10 min	2	5,88
10 a 15 min	12	35,29
15 a 20 min	5	14,71
20 a 25 min	7	20,59
Mais de 25 min	8	23,53
Total	34	100,00

Os motivos para não utilizar a bicicleta convencional como meio de transporte entre as áreas são apresentados, através dos valores médios, na Tabela 4.5, sendo a ordem mais alta (oito) atribuída para o aspecto mais impactante e a ordem mais baixa (um) atribuída ao aspecto menos impactante.

Tabela 4.5: Impacto dos motivos para não utilizar a bicicleta convencional no deslocamento entre as áreas do campus, sendo o número um associado ao menor impacto e o número oito ao maior.

Característica	Média das avaliações						
	Completo	Fem.	Masc.	Grad.	Pós-grad.	Bici. Transp.*	Bici. Não Transp.**
Esforço físico/Cansaço	5,7	5,5	5,8	5,7	4,8	6,3	5,6
Tempo de viagem	5,4	5,1	5,6	5,5	5,1	6,0	5,4
Ausência de ciclovias e/ou ciclofaixas	5,3	5,8	5,0	5,3	5,0	5,0	5,3
Ausência de bicicletários	3,1	2,7	3,2	3,0	3,4	2,9	3,1
Aceitabilidade social (imagem da bicicleta)	1,6	1,4	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6
Segurança em relação a assaltos	4,6	5,2	4,4	4,6	5,2	3,8	4,7
Condições meteorológicas	5,7	5,5	5,7	5,6	6,1	6,0	5,6
Material transportado	5,0	5,2	4,9	5,0	5,4	4,7	5,0

* Usuários(as) que utilizam a bicicleta como meio de transporte (mas não entre as áreas).

** Todas as pessoas que sabem andar de bicicleta, mas não a usam como meio de transporte regular.

Obs.: Em **negrito** estão destacadas as características com avaliação média maior do que 5,0.

Considerando a amostra completa, os aspectos que mais afastam os(as) respondentes das bicicletas convencionais como meio de transporte entre as áreas são o esforço físico (5,7), as condições meteorológicas (5,7), o tempo de viagem (5,4) e a ausência de ciclovias e/ou ciclofaixas (5,3). Os menos impactantes são a aceitabilidade social (1,6) e a ausência de bicicletários (3,1).

Entre os gêneros feminino e masculino é interessante notar como a ausência de ciclovias/ciclofaixas impacta mais o feminino (5,8) do que o masculino (5,0). A experiência demonstra que, após a implantação de ciclovias/ciclofaixas em uma via, o número de mulheres circulando com bicicleta pela mesma via tende a aumentar significativamente (Vá de Bike, 2015c). Outra diferença bastante relevante é vista no item “segurança em relação a assaltos”, que também aflige mais às respondentes do gênero feminino (5,2) do que aos do gênero masculino (4,4). Uma hipótese plausível é devido às mulheres constantemente relatarem sofrerem assédio pelas ruas (BBC Brasil, 2015; Globo, 2014), o que é bastante relacionado à sensação de segurança geral, mas esta percepção mais geral não foi considerada como um aspecto a ser avaliado no questionário.

Quando comparados os grupos de alunos(as) de graduação e de pós-graduação, a característica que apresentou maior discrepância foi a de esforço físico (5,7 e 4,8, respectivamente). A explicação pode estar relacionada à diferença de interesses entre as faixas etárias. Já a segurança em relação a assaltos e as condições meteorológicas impactam menos os(as) graduandos(as).

As características de esforço físico, tempo de viagem e condições meteorológicas impactam mais quem usa a bicicleta convencional como meio de transporte em relação a quem não usa (6,3; 6,0; 6,0 e 5,6; 5,4; 5,6, respectivamente). Por outro lado, a segurança relacionada a assaltos impacta muito menos quem adota o modo ciclovitário como transporte (3,8 para estes e 4,7 para quem não faz esse uso).

A Tabela 4.6 contém uma síntese das avaliações a respeito de características que levam os(as) respondentes a não usarem o ônibus operado pela USP na ligação entre as áreas do campus. Na avaliação dos motivos apresentada, o valor mais alto (três) foi atribuído para o aspecto mais impactante e o valor mais baixo (um) atribuído ao aspecto menos impactante.

Tabela 4.6: Impacto dos motivos para não utilizar o ônibus operado pela USP na ligação entre as áreas do campus, sendo o número um associado ao menor impacto e o número três ao maior.

Característica	Média das avaliações						
	Completo	Fem.	Masc.	Grad.	Pós-grad.	Bici. Transp.*	Bici. Não Transp.**
Tempo de viagem dentro do ônibus	1,7	1,7	1,6	1,6	1,9	1,6	1,7
Distância de caminhada até os pontos	2,0	1,8	2,1	2,0	2,2	1,9	2,0
Horários de partida disponíveis	2,5	2,7	2,4	2,5	2,8	2,4	2,5
Não iniciar a viagem no horário que eu quiser	2,1	2,2	2,1	2,1	2,3	2,2	2,1
Não ter mais pontos de embarque/desembarque	1,8	2,0	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8
Condições climáticas	1,8	2,0	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8
Material transportado	1,7	2,0	1,6	1,6	1,9	1,4	1,7
Lotação do ônibus	2,3	2,6	2,1	2,2	2,5	2,2	2,3
Segurança durante a viagem	1,5	1,6	1,5	1,5	1,8	1,1	1,5
Segurança na caminhada até os pontos	1,7	2,1	1,6	1,7	2,3	1,4	1,8
Falta de informação sobre o sistema de ônibus	1,3	1,3	1,4	1,3	1,8	1,3	1,4
Estrutura dos pontos	1,6	1,5	1,6	1,5	2,0	1,5	1,6
Qualidade dos ônibus	1,7	1,7	1,7	1,7	2,0	1,6	1,7

* Usuários(as) que utilizam a bicicleta como meio de transporte (mas não entre as áreas).

** Todas as pessoas que sabem andar de bicicleta, mas não a usam como meio de transporte regular.

Obs.: Em **negrito** estão destacadas as características com avaliação média maior do que 2,0.

Para a amostra completa, é possível notar que os aspectos mais relevantes para os(as) respondentes não utilizarem o ônibus ofertado pela USP são os horários de partida disponíveis (2,5), a lotação do ônibus (2,3), ter que iniciar a viagem somente nos horários tabelados (2,1) e a distância de caminhada até os pontos (2,0). Por outro lado, um bom sinal é que os(as) usuários(as) aparentam ter conhecimento sobre o funcionamento do sistema de ônibus da USP, embora os(as) pós-graduandos(as) tenham apresentado uma nota relativamente mais alta do que a amostra completa (1,8 e 1,3, respectivamente).

As diferenças mais significativas entre os gêneros masculino e feminino são em relação à segurança na caminhada até os pontos (1,6 e 2,1, respectivamente) e lotação do ônibus (2,1 e 2,6, respectivamente). A primeira característica pode ter explicações semelhantes à “segurança em relação a assaltos” da Tabela 4.5.

A segurança na caminhada até os pontos de ônibus é a característica mais divergente entre graduandos(as) e pós-graduandos(as) (1,7 e 2,3, respectivamente), seguindo a mesma tendência de “segurança em relação a assaltos” da Tabela 4.5. De forma geral, os(as) pós-graduandos(as) atribuíram maior importância às características para não se usar o ônibus da USP do que os(as) graduandos(as). Entre as pessoas que usam a bicicleta convencional como meio de transporte e as que não usam, as maiores diferenças observadas ocorrem para a segurança durante a viagem (1,1 e 1,5, respectivamente) e segurança na caminhada até os pontos (1,4 e 1,8, respectivamente), seguindo a mesma tendência registrada em “segurança em relação a assaltos” da Tabela 4.5.

A avaliação dos meios de transporte que os(as) respondentes utilizam ou já utilizaram para realizar os deslocamentos entre as áreas do campus é exibida na Tabela 4.7, sendo o número quatro associado à opção “muito satisfeito” e o número um associado à opção “muito insatisfeito”. Nota-se que o meio de deslocamento com pior avaliação é o modo a pé, com nota 2,0. Merece destaque a avaliação do ônibus da USP (segunda melhor, com valor médio igual a 2,9), que atualmente é a única opção ofertada pela universidade para realizar o deslocamento entre áreas. A bicicleta convencional (2,5) apresentou avaliação melhor do que a do ônibus municipal (2,2), cuja operação atualmente está sob responsabilidade da empresa Athenas Paulista.

Tabela 4.7: Avaliação dos meios de transporte, sendo o número quatro associado à opção “muito satisfeito” e o número um associado à opção “muito insatisfeito”.

Meio de transporte	Média das avaliações
Ônibus da USP	2,9
Ônibus municipal	2,2
Carro	3,6
Moto	2,6
Bicicleta convencional	2,5
A pé	2,0

O grau de rejeição a cada um dos meios de transporte, ou seja, qual(is) opção(es) nunca seria(m) utilizada(s) pelos(as) respondentes para se deslocar entre as áreas do campus, pode ser visto na Figura 4.1. O ônibus da USP e a carona de carro apresentaram valores baixos de rejeição (ambos de 6%), inferiores ao valor do carro (9%). O ônibus municipal apresenta rejeição relativamente alta (34%), seguido da moto (39%), mas a maior rejeição é ao modo a pé, com um valor de 71%.

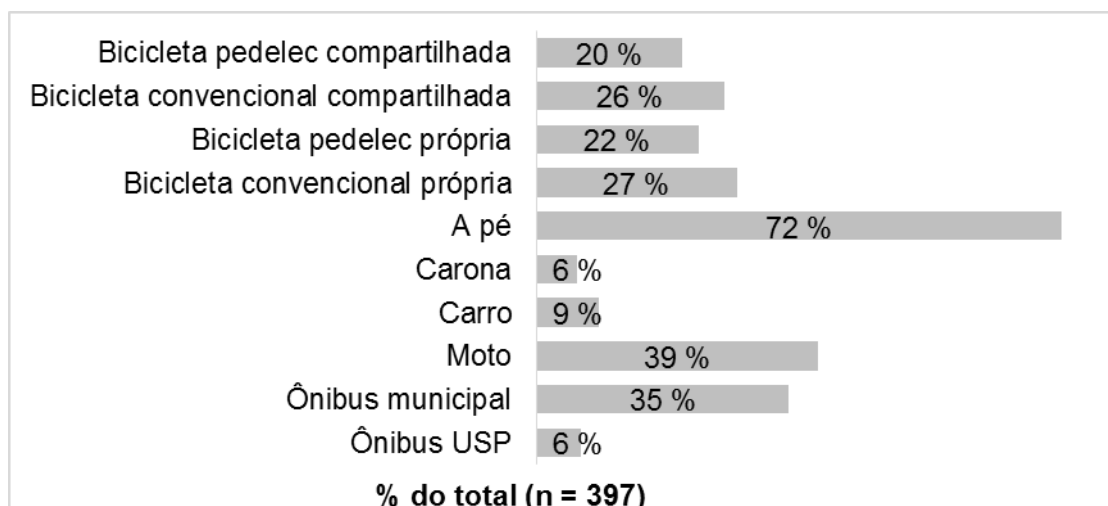


Figura 4.1: Rejeição aos meios de transporte, com foco no deslocamento entre as áreas do campus.

As bicicletas convencional e *pedelec* próprias apresentaram, respectivamente, 27% e 22% de rejeição. Uma explicação plausível para essa diferença está relacionada à redução considerável de esforço físico necessário para se pedalar, que é um dos fatores que mais afasta os(as) respondentes das bicicletas convencionais, conforme observado na Tabela 4.5. Em relação às mesmas bicicletas citadas, mas numa situação de compartilhamento provido pela universidade, os valores de rejeição caíram para 26% e 20%, respectivamente. Apesar de a diferença ser muito pequena, é possível notar que as pessoas se vêem mais propensas a utilizar as bicicletas em um sistema de compartilhamento do que adquirir uma própria, embora a experiência demonstre, segundo Midgley (2009), que as pessoas se sentem mais estimuladas a pedalar após experimentarem uma bicicleta compartilhada, o que pode culminar na aquisição de uma.

Em relação às preferências por bicicletas *pedelecs* ou ônibus, os resultados do modelo *logit* calibrado com os dados obtidos através da aplicação do questionário podem ser vistos na Tabela 4.8. O valor do índice ρ^2 do modelo *logit* indica aderência aos dados satisfatória. A respeito das estatísticas das variáveis, os parâmetros de meteorologia apresentaram estatística *t* nula e *p-value* igual a 1, o que compromete a utilização deste modelo para análises subsequentes com foco nas condições meteorológicas.

Tabela 4.8: Resultados do modelo *logit* calibrado com os dados obtidos através da aplicação do questionário.

Parâmetro	Valor	Desvio padrão	Estatística t	p-value
BETAciclovía	1,360	0,0860	(15,86)	0,00
BETAponto	1,080	0,0847	(12,76)	0,00
BETAcalor	0,226	1,80e+308	0,00	1,00
BETAmoderado	1,620	1,80e+308	0,00	1,00
BETAfrio	1,820	1,80e+308	0,00	1,00
BETAnublado	0,739	1,80e+308	0,00	1,00
CTEonibus	3,920	0,1280	(30,56)	0,00
CTEpedelec	0,000	fixado		
Observações	4032	Funções Utilidade		
$I(0)$	-2794,769	Uônibus = 3,920 + 0,226 * Calor + 0,739 * Nublado		
$I(\theta)$	-1864,098			
ρ^2	0,347	Upedelec = 1,36 * Ciclovía + 1,08 * Ponto + 1,82 * Frio + 1,62 * Moderado		
ρ_{ajust}^2	0,345			

A respeito da RNA com os dados provenientes da preferência declarada, na Figura 4.2 é exibida a arquitetura da rede.

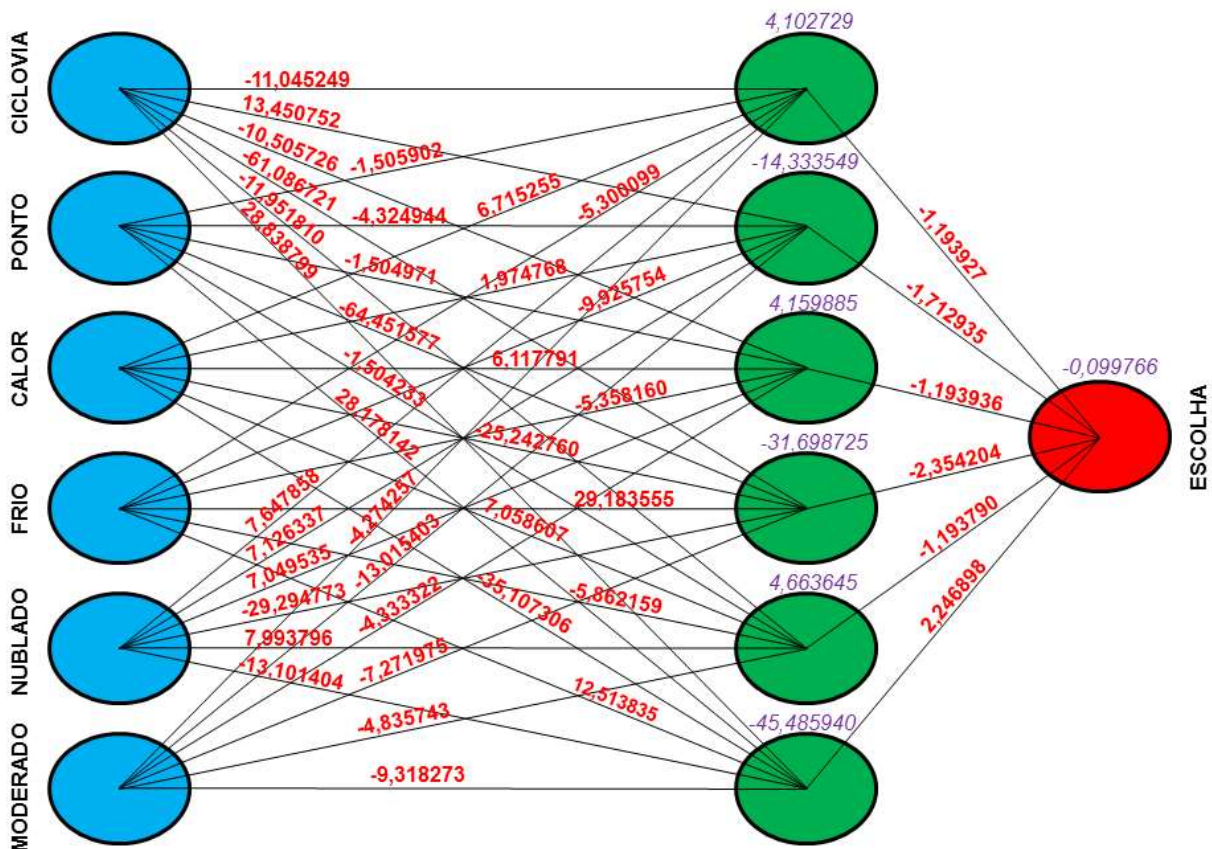


Figura 4.2: Arquitetura da Rede Neural Artificial (RNA) treinada.

Neste caso, a RNA acertou mais de 80% das respostas para uma parcela de dados não conhecidos previamente pela rede.

As preferências, tanto sem calibração, quanto as obtidas através da RNA, podem ser vistas na Figura 4.3 para os 16 cenários da pergunta de preferência declarada. Considerando as situações que envolvem frio, com ciclovias/ciclofaixas e ponto de ônibus cheio, 90% (de acordo com a RNA) e 79% (a partir dos dados sem calibração) dos(as) respondentes escolheram a bicicleta *pedelec*. No entanto, quando a condição do ponto se tornou vazio e se manteve a presença de ciclovias, o valor foi reduzido para 48% e 45%, respectivamente. Sem ciclovias/ciclofaixas e com ponto cheio o valor reduziu pouco, para 42% e 39%, mas com a combinação sem ciclovias/ciclofaixas e com ponto vazio o valor diminuiu de forma significativa, para 25% e 22%.

As condições meteorológicas mais favoráveis à escolha da bicicleta *pedelec* são o frio e a temperatura moderada que, na situação mais desfavorável possível (sem ciclovias/ciclofaixas e ponto de ônibus vazio), possuem preferência de 25% (RNA) / 22% (sem calibração) e 15% / 17% dos(as) respondentes, respectivamente. Na situação mais favorável possível (com ciclovias/ciclofaixas e ponto de ônibus cheio), esses valores ascendem para 90% / 79% e 87% / 73%, respectivamente. Por outro lado, a condição de tempo nublado e com possibilidade de chuva apresentou, de forma geral, os menores valores de escolha da bicicleta *pedelec*, seguido da condição de calor.



Figura 4.3: Preferências por bicicletas *pedelecs* compartilhadas, quando comparadas ao ônibus operado pela USP, para os 16 cenários.

4.2 Etapa 2: Análise da demanda potencial por bicicletas *pedelecs* compartilhadas

As contagens dos dias letivos para anos, estações do ano e meses de 2011 a 2015 podem ser vistas nas Tabelas 4.9, 4.10 e 4.11, respectivamente.

Tabela 4.9: Contagem dos dias letivos para os anos de 2011 a 2015.

Ano letivo	Sol	Sol	Sol	Nublado	Chuvoso	Total
	Frio	Moderado	Calor	Possib. Chuva		
2011	11	105	28	11	43	198
2012	6	99	45	14	35	199
2013	9	101	24	14	50	198
2014	7	97	48	10	36	198
2015	11	91	38	13	47	200
2011 a 2015	44	493	183	62	211	993

Tabela 4.10: Contagem dos dias letivos para as estações do ano de 2011 a 2015.

Ano letivo	Estação do ano	Sol	Sol	Sol	Nublado	Chuvoso	Total
		Frio	Moderado	Calor	Possib. Chuva		
2011	Verão	0	6	1	2	12	198
	Outono	7	47	2	4	13	
	Inverno	2	30	8	4	2	
	Primavera	2	22	17	1	16	
2012	Verão	0	6	5	4	4	199
	Outono	3	46	2	5	11	
	Inverno	2	35	10	0	6	
	Primavera	1	12	28	5	14	
2013	Verão	1	7	4	2	6	198
	Outono	4	47	1	3	15	
	Inverno	1	30	4	4	7	
	Primavera	3	17	15	5	22	
2014	Verão	0	4	9	1	10	198
	Outono	5	47	3	2	9	
	Inverno	2	29	9	3	3	
	Primavera	0	17	27	4	14	
2015	Verão	0	5	4	1	12	200
	Outono	4	44	1	7	11	
	Inverno	7	27	11	1	3	
	Primavera	0	15	22	4	21	
2011 - 2015	Verão	1	28	23	10	44	993
	Outono	23	231	9	21	59	
	Inverno	14	151	42	12	21	
	Primavera	6	83	109	19	87	

Tabela 4.11: Contagem dos dias letivos para os meses de 2011 a 2015. (cont.)

Ano letivo	Mês	Sol Frio	Sol Moderado	Sol Calor	Nublado Possib. Chuva	Chuvoso	Total	
2011	Fevereiro	0	0	1	1	5	7	
	Março	0	10	2	3	9	24	
	Abril	2	11	0	1	6	20	
	Maio	3	21	0	0	2	26	
	Junho	3	15	0	2	3	23	
	Julho	0	1	0	0	0	1	198
	Agosto	0	16	7	2	1	26	
	Setembro	1	11	6	1	1	20	
	Outubro	1	9	5	0	8	23	
	Novembro	1	9	6	1	5	22	
	Dezembro	0	2	1	0	3	6	
2012	Fevereiro	0	0	1	0	2	3	
	Março	0	12	6	5	4	27	
	Abril	0	14	0	0	3	17	
	Maio	2	17	0	3	4	26	
	Junho	3	14	0	1	5	23	
	Julho	0	5	0	0	0	5	199
	Agosto	0	25	0	0	1	26	
	Setembro	1	3	10	0	5	19	
	Outubro	0	4	16	1	4	25	
	Novembro	0	5	7	4	5	21	
	Dezembro	0	0	5	0	2	7	
2013	Fevereiro	0	3	0	1	0	4	
	Março	1	6	4	1	8	20	
	Abril	0	17	1	2	6	26	
	Maio	2	17	0	1	4	24	
	Junho	2	14	0	1	7	24	
	Julho	0	0	0	0	0	0	198
	Agosto	1	22	0	2	1	26	
	Setembro	2	7	5	2	3	19	
	Outubro	1	8	6	0	10	25	
	Novembro	0	5	5	3	9	22	
	Dezembro	0	2	3	1	2	8	

Tabela 4.11: Contagem dos dias letivos para os meses de 2011 a 2015.

Ano letivo	Mês	Sol	Sol	Sol	Nublado	Chuvoso	Total	
		Frio	Moderado	Calor	Possib. Chuva			
2014	Fevereiro	0	3	4	0	4	11	
	Março	0	8	5	1	9	23	
	Abril	0	11	3	2	3	19	
	Maio	4	18	0	0	2	24	
	Junho	2	15	0	0	1	18	
	Julho	1	5	0	0	0	6	198
	Agosto	0	17	4	2	0	23	
	Setembro	0	5	8	1	6	20	
	Outubro	0	7	16	1	1	25	
	Novembro	0	3	8	3	9	23	
	Dezembro	0	5	0	0	1	6	
	2015	Fevereiro	0	0	2	0	4	6
Março		0	9	3	1	11	24	
Abril		0	17	0	1	2	20	
Maio		4	12	0	4	4	24	
Junho		3	16	0	2	2	23	
Julho		1	1	0	1	1	4	200
Agosto		3	18	1	0	2	24	
Setembro		0	4	13	0	3	20	
Outubro		0	6	13	1	5	25	
Novembro		0	6	6	3	8	23	
Dezembro		0	2	0	0	5	7	
2011 - 2015		Fevereiro	0	6	8	2	15	31
	Março	1	45	20	11	41	118	
	Abril	2	70	4	6	20	102	
	Maio	15	85	0	8	16	124	
	Junho	13	74	0	6	18	111	
	Julho	2	12	0	1	1	16	993
	Agosto	4	98	12	6	5	125	
	Setembro	4	30	42	4	18	98	
	Outubro	2	34	56	3	28	123	
	Novembro	1	28	32	14	36	111	
	Dezembro	0	11	9	1	13	34	

As probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec*, para todos os períodos estipulados e conforme as combinações de situação de ciclovias/ciclofaixas e condição do ponto de ônibus da USP, podem ser vistas nas Tabelas 4.12 (anos), 4.13 (estações do ano) e 4.14 (meses).

Tabela 4.12: Probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec* para os anos de 2011 a 2015.

Período	Sem Ciclovias/Ciclofaixas				Com Ciclovias/Ciclofaixas			
	Ponto Vazio		Ponto Cheio		Ponto Vazio		Ponto Cheio	
	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA
Ano 2011-2015	0,106	0,090	0,208	0,192	0,260	0,269	0,460	0,538
Ano 2011	0,112	0,097	0,221	0,208	0,276	0,289	0,480	0,563
Ano 2012	0,105	0,088	0,206	0,188	0,258	0,265	0,463	0,541
Ano 2013	0,106	0,092	0,209	0,196	0,261	0,273	0,454	0,531
Ano 2014	0,105	0,088	0,205	0,187	0,257	0,265	0,463	0,543
Ano 2015	0,102	0,087	0,198	0,183	0,247	0,255	0,440	0,514

Tabela 4.13: Probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec* para as estações do ano de 2011 a 2015.

Período	Sem Ciclovias/Ciclofaixas				Com Ciclovias/Ciclofaixas			
	Ponto Vazio		Ponto Cheio		Ponto Vazio		Ponto Cheio	
	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA
Verão/2011-2015	0,062	0,048	0,117	0,100	0,148	0,143	0,277	0,318
Outono/2011-2015	0,133	0,120	0,267	0,259	0,334	0,357	0,561	0,660
Inverno/2011-2015	0,131	0,113	0,258	0,243	0,323	0,339	0,564	0,662
Primavera/2011-2015	0,071	0,054	0,132	0,110	0,166	0,159	0,328	0,379
Verão/2011	0,055	0,046	0,109	0,100	0,138	0,140	0,237	0,273
Outono/2011	0,134	0,122	0,268	0,261	0,333	0,357	0,562	0,660
Inverno/2011	0,133	0,114	0,263	0,245	0,329	0,343	0,574	0,672
Primavera/2011	0,087	0,072	0,168	0,150	0,210	0,213	0,392	0,459
Verão/2012	0,075	0,057	0,142	0,117	0,179	0,167	0,338	0,381
Outono/2012	0,131	0,116	0,264	0,254	0,331	0,353	0,556	0,654
Inverno/2012	0,130	0,112	0,259	0,244	0,325	0,345	0,567	0,671
Primavera/2012	0,064	0,045	0,114	0,086	0,144	0,128	0,307	0,351
Verão/2013	0,085	0,071	0,162	0,146	0,203	0,203	0,368	0,425
Outono/2013	0,129	0,116	0,261	0,253	0,326	0,351	0,546	0,644
Inverno/2013	0,123	0,107	0,248	0,234	0,312	0,329	0,532	0,623
Primavera/2013	0,073	0,060	0,137	0,120	0,171	0,168	0,321	0,369
Verão/2014	0,049	0,033	0,087	0,065	0,110	0,099	0,237	0,273
Outono/2014	0,141	0,127	0,284	0,275	0,354	0,381	0,597	0,705
Inverno/2014	0,129	0,111	0,255	0,238	0,320	0,334	0,561	0,658
Primavera/2014	0,071	0,051	0,130	0,103	0,165	0,154	0,336	0,388
Verão/2015	0,050	0,039	0,095	0,082	0,120	0,119	0,225	0,262
Outono/2015	0,130	0,116	0,260	0,251	0,326	0,346	0,547	0,639
Inverno/2015	0,137	0,123	0,266	0,252	0,329	0,344	0,583	0,684
Primavera/2015	0,061	0,045	0,113	0,091	0,144	0,135	0,289	0,333

Tabela 4.14: Probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec* para os meses de 2011 a 2015. (cont.)

Período	Sem Ciclovias/faixas				Com Ciclovias/faixas			
	Ponto Vazio		Ponto Cheio		Ponto Vazio		Ponto Cheio	
	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA
Fevereiro/2011-2015	0,048	0,035	0,090	0,072	0,114	0,106	0,226	0,259
Março/2011-2015	0,079	0,065	0,154	0,138	0,194	0,197	0,348	0,404
Abril/2011-2015	0,125	0,110	0,254	0,244	0,319	0,341	0,537	0,633
Maio/2011-2015	0,146	0,134	0,291	0,285	0,361	0,388	0,606	0,711
Junho/2011-2015	0,141	0,130	0,282	0,277	0,350	0,377	0,587	0,690
Julho/2011-2015	0,158	0,145	0,315	0,309	0,391	0,421	0,656	0,771
Agosto/2011-2015	0,147	0,128	0,296	0,283	0,372	0,397	0,633	0,747
Setembro/2011-2015	0,084	0,066	0,156	0,131	0,195	0,188	0,386	0,448
Outubro/2011-2015	0,074	0,055	0,136	0,110	0,172	0,163	0,350	0,408
Novembro/2011-2015	0,064	0,048	0,120	0,098	0,151	0,141	0,294	0,334
Dezembro/2011-2015	0,069	0,054	0,134	0,116	0,169	0,169	0,317	0,371
Fevereiro/2011	0,013	0,006	0,019	0,006	0,024	0,009	0,063	0,060
Março/2011	0,080	0,067	0,159	0,146	0,201	0,205	0,347	0,401
Abril/2011	0,118	0,109	0,235	0,230	0,291	0,313	0,488	0,573
Maio/2011	0,163	0,150	0,328	0,323	0,407	0,443	0,681	0,807
Junho/2011	0,143	0,132	0,284	0,278	0,353	0,377	0,592	0,693
Julho/2011	0,170	0,150	0,350	0,340	0,440	0,480	0,730	0,870
Agosto/2011	0,121	0,099	0,239	0,216	0,301	0,310	0,539	0,631
Setembro/2011	0,122	0,102	0,236	0,215	0,296	0,304	0,536	0,627
Outubro/2011	0,087	0,074	0,169	0,156	0,211	0,220	0,383	0,451
Novembro/2011	0,095	0,079	0,183	0,165	0,229	0,232	0,420	0,491
Dezembro/2011	0,065	0,053	0,128	0,117	0,162	0,168	0,292	0,345
Fevereiro/2012	0,017	0,007	0,023	0,007	0,030	0,017	0,097	0,110
Março/2012	0,094	0,075	0,182	0,159	0,230	0,226	0,417	0,477
Abril/2012	0,140	0,124	0,288	0,280	0,362	0,395	0,601	0,716
Maio/2012	0,133	0,120	0,266	0,257	0,332	0,352	0,555	0,648
Junho/2012	0,134	0,125	0,267	0,263	0,330	0,355	0,554	0,651
Julho/2012	0,170	0,150	0,350	0,340	0,440	0,480	0,730	0,870
Agosto/2012	0,163	0,144	0,337	0,327	0,423	0,462	0,702	0,837
Setembro/2012	0,065	0,047	0,113	0,086	0,141	0,127	0,309	0,358
Outubro/2012	0,061	0,038	0,103	0,068	0,131	0,109	0,308	0,354
Novembro/2012	0,065	0,046	0,118	0,091	0,150	0,133	0,299	0,334
Dezembro/2012	0,036	0,014	0,050	0,014	0,064	0,036	0,207	0,236

Tabela 4.14: Probabilidades de escolha da bicicleta pedelec para os meses de 2011 a 2015.

Período	Sem Ciclovias/faixas				Com Ciclovias/faixas			
	Ponto Vazio		Ponto Cheio		Ponto Vazio		Ponto Cheio	
	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA	Sem calib.	RNA
Fevereiro/2013	0,138	0,118	0,278	0,260	0,350	0,363	0,585	0,675
Março/2013	0,074	0,063	0,142	0,128	0,177	0,179	0,324	0,377
Abril/2013	0,116	0,100	0,236	0,225	0,297	0,317	0,500	0,588
Mai/2013	0,140	0,128	0,283	0,277	0,353	0,380	0,589	0,695
Junho/2013	0,119	0,109	0,239	0,234	0,298	0,320	0,498	0,586
Julho/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto/2013	0,155	0,138	0,316	0,305	0,396	0,425	0,660	0,778
Setembro/2013	0,103	0,089	0,195	0,177	0,242	0,242	0,444	0,512
Outubro/2013	0,075	0,063	0,144	0,130	0,180	0,185	0,335	0,394
Novembro/2013	0,055	0,041	0,104	0,085	0,131	0,122	0,252	0,285
Dezembro/2013	0,066	0,048	0,121	0,095	0,154	0,140	0,310	0,353
Fevereiro/2014	0,065	0,048	0,121	0,100	0,153	0,149	0,305	0,357
Março/2014	0,072	0,057	0,140	0,123	0,176	0,178	0,323	0,378
Abril/2014	0,111	0,092	0,220	0,202	0,277	0,287	0,484	0,565
Mai/2014	0,164	0,154	0,328	0,325	0,405	0,440	0,679	0,803
Junho/2014	0,166	0,153	0,335	0,330	0,417	0,453	0,696	0,825
Julho/2014	0,178	0,167	0,357	0,353	0,442	0,480	0,740	0,875
Agosto/2014	0,138	0,116	0,276	0,257	0,348	0,364	0,603	0,708
Setembro/2014	0,065	0,047	0,119	0,094	0,150	0,141	0,306	0,354
Outubro/2014	0,081	0,056	0,145	0,109	0,184	0,167	0,396	0,458
Novembro/2014	0,045	0,029	0,078	0,054	0,099	0,081	0,216	0,240
Dezembro/2014	0,142	0,125	0,292	0,283	0,367	0,400	0,608	0,725
Fevereiro/2015	0,017	0,007	0,023	0,007	0,030	0,017	0,097	0,110
Março/2015	0,072	0,060	0,143	0,131	0,180	0,187	0,316	0,371
Abril/2015	0,147	0,129	0,301	0,290	0,378	0,409	0,628	0,744
Mai/2015	0,128	0,120	0,250	0,243	0,308	0,322	0,522	0,600
Junho/2015	0,150	0,139	0,300	0,293	0,372	0,397	0,624	0,730
Julho/2015	0,108	0,105	0,200	0,195	0,243	0,243	0,418	0,465
Agosto/2015	0,157	0,145	0,314	0,308	0,390	0,422	0,658	0,779
Setembro/2015	0,067	0,043	0,116	0,081	0,147	0,129	0,335	0,389
Outubro/2015	0,068	0,047	0,123	0,093	0,156	0,142	0,332	0,384
Novembro/2015	0,063	0,047	0,117	0,097	0,149	0,140	0,286	0,325
Dezembro/2015	0,049	0,043	0,100	0,097	0,126	0,137	0,209	0,249

Na Figura 4.4 foi gerado um gráfico com a distribuição das probabilidades para todos os anos do período selecionado. É possível notar, considerando o ponto de ônibus da USP cheio, que a probabilidade quase triplica quando há a presença de ciclovias/ciclofaixas. Para

o ponto vazio, a presença das ciclovias/ciclofaixas é ligeiramente mais impactante, obtendo valores que, em geral, são três vezes maiores do que na ausência das mesmas.

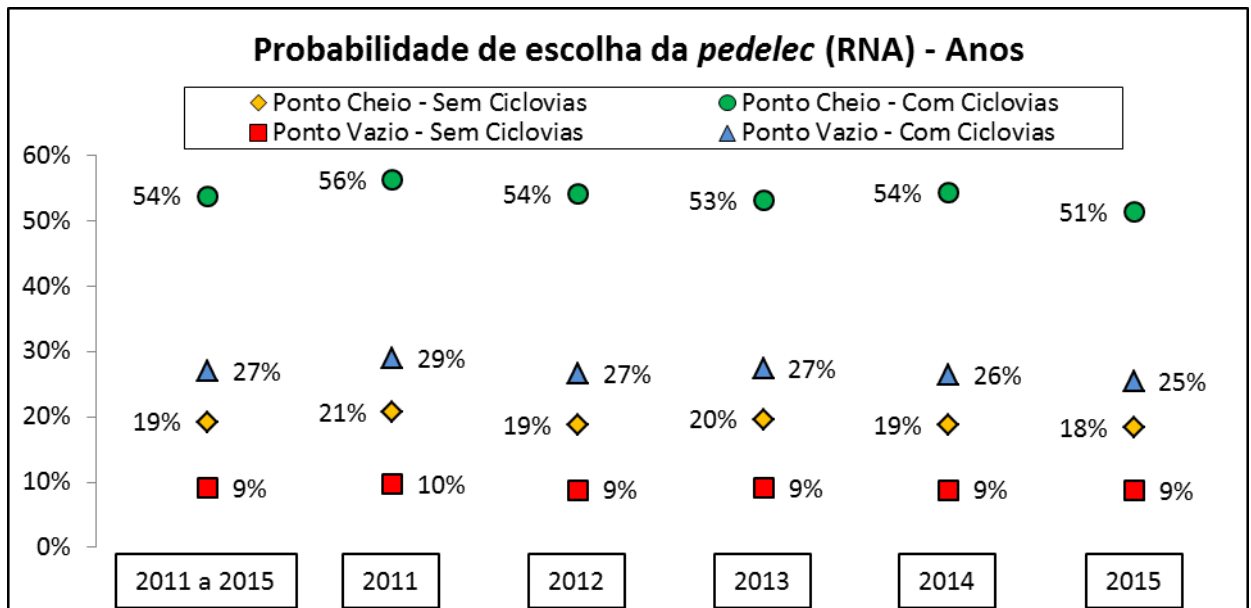


Figura 4.4: Distribuição das probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec* para todos os anos do período avaliado.

Ao avaliar a variação na probabilidade decorrente da lotação do ponto, fica evidente a grande influência que essa variável também propicia na escolha. Para os dois níveis de ciclovias/ciclofaixas (ausência e presença), a probabilidade com o ponto cheio é, em geral, o dobro em relação ao ponto vazio.

A variação na probabilidade, conforme as estações do ano de todos os anos considerados, é apresentada na Figura 4.5. Como já esperado, a probabilidade é maior nas estações do Outono e Inverno, que são caracterizadas pelos dias mais secos e frios, em relação ao Verão e à Primavera, que apresentam o oposto: dias mais quentes e úmidos.

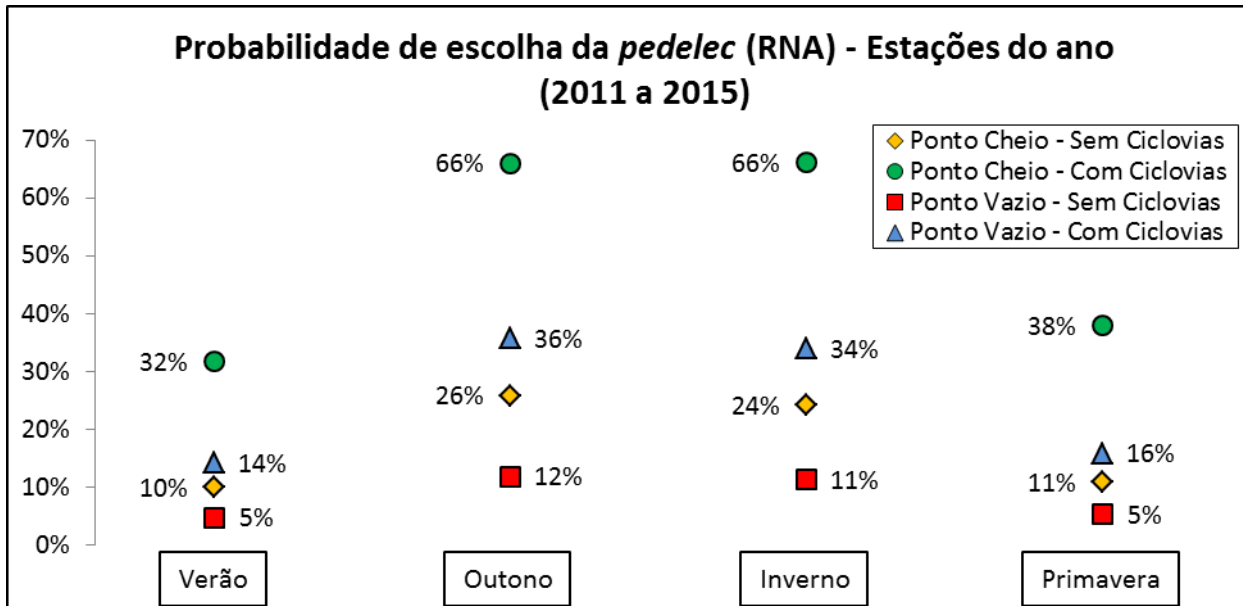


Figura 4.5: Distribuição das probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec* para as estações do ano de todos os anos do período avaliado.

Considerando o ponto cheio e a presença de ciclovias/ciclofaixas, o Outono, que é a estação com maior quantidade de dias letivos, apresentou probabilidade de 66%. A segunda estação que mais possui dias letivos é a Primavera, que exibiu 38%. Levando em consideração o ponto cheio e sem ciclovias/ciclofaixas, os valores descem para 26% e 11%, respectivamente.

As distribuições das probabilidades para os meses de todos os anos analisados podem ser vistas na Figura 4.6. Nota-se uma curva ascendente de Fevereiro até Maio. Em Junho há uma leve queda, com posterior aumento (mais acentuado) em Julho. Em seguida, até Novembro é possível notar uma queda, que culmina com leve aumento em Dezembro. Similarmente à análise para as estações do ano, a probabilidade é maior para os meses do meio do ano, com o pico máximo em Julho. Já a menor probabilidade é observada para o mês de Fevereiro.

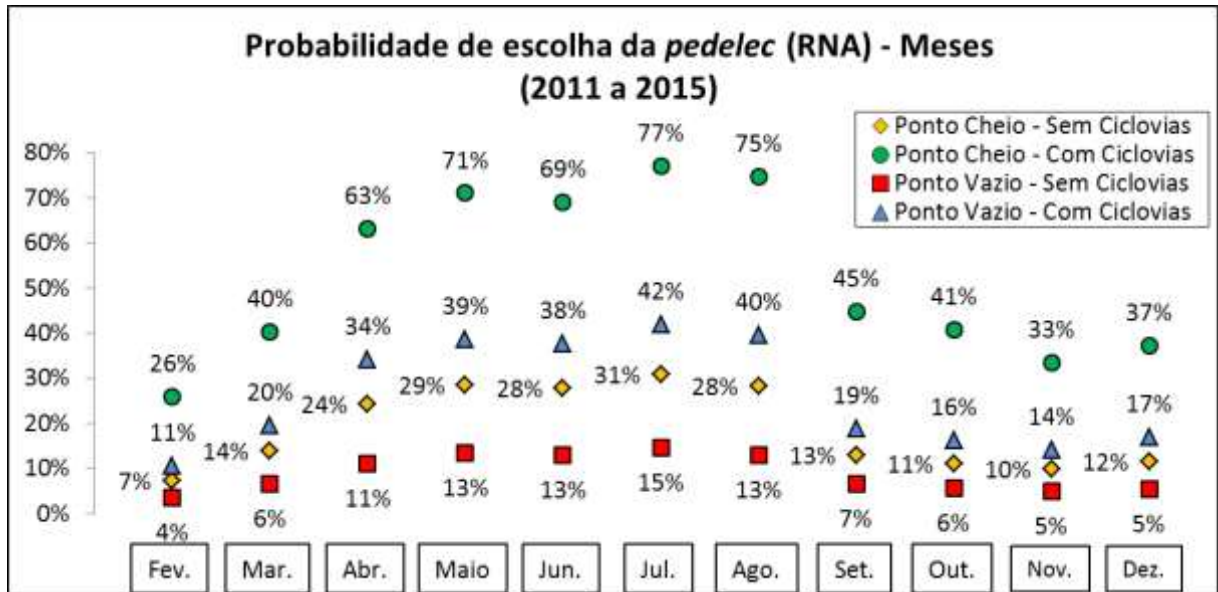


Figura 4.6: Distribuição das probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec* para os meses de todos os anos do período avaliado.

Os resultados da variação diária decorrente da lotação do ônibus são apresentados na Figura 4.7 para terça, quarta e quinta. As probabilidades são para o nível meteorológico de temperatura moderada, que é o nível com maior quantidade de dias letivos, e para ausência de ciclovias/ciclofaixas entre as áreas do campus. Vale lembrar que na quinta o ônibus não opera às 7 horas.

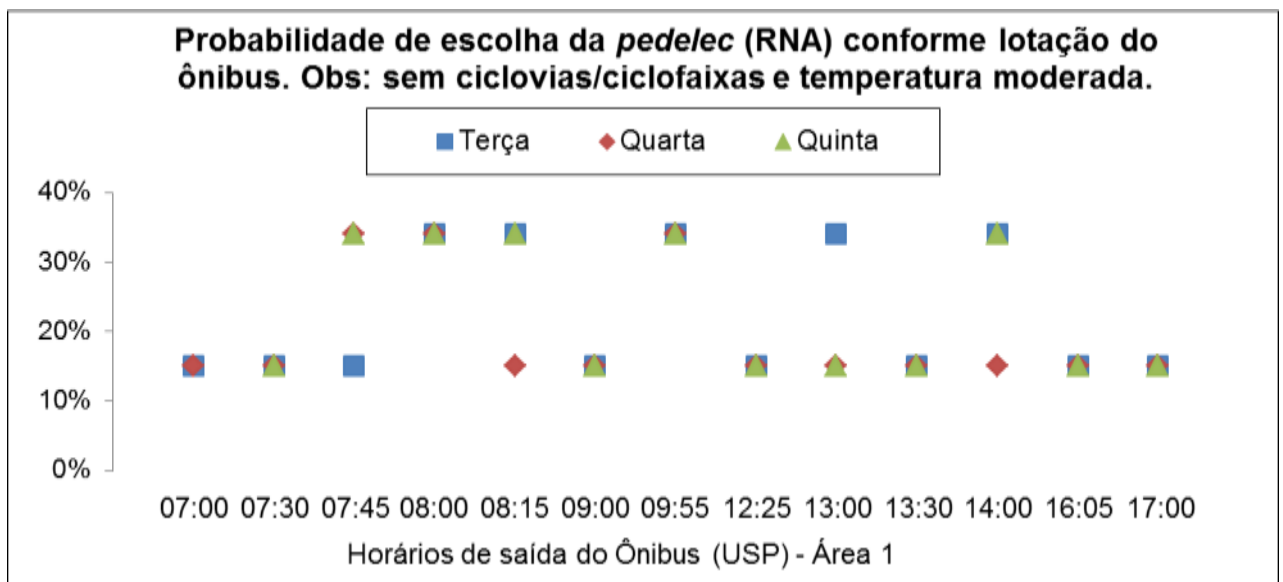


Figura 4.7: Variação na probabilidade de escolha da *pedelec* ao longo do dia, conforme lotação do ônibus.

Os horários de saída do ônibus as 7:30, 8:00, 9:00, 9:55, 12:25, 13:30, 16:05 e 17:00 apresentaram as mesmas probabilidades para os três dias. Dentre esses horários, 8:00 e 9:55 são os únicos em que há maior probabilidade (34%) para todos os dias avaliados. Considerando terça, foi encontrada maior probabilidade nos horários das 8:00, 8:15, 9:55, 13:00 e 14:00. Para quarta, os maiores valores se encontram as 7:45, 8:00 e 9:55. Já para quinta, que é o dia com maior demanda pelo ônibus, nos horários das 7:45, 8:00, 8:15, 9:55 e 14:00 houve maior lotação. Nos horários das 7:00, 7:30, 9:00, 12:25, 13:30, 16:05 e 17:00 nunca houve quantidade de passageiros(as) que caracterizasse ponto de ônibus cheio, conforme o critério estabelecido (mais do que 50 pessoas no ônibus), resultando em probabilidade de 15%.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi alcançado através do conjunto de procedimentos utilizado, o qual envolve essencialmente duas etapas: a caracterização do público-alvo e a análise da demanda potencial pelas bicicletas *pedelecs* compartilhadas.

Na primeira etapa, da caracterização do público-alvo, foi utilizado um questionário, o qual foi elaborado com a técnica de preferência declarada e aplicado ao público potencial. No presente estudo de caso (campus da USP de São Carlos), o público-alvo foi composto por estudantes de graduação e pós-graduação que se deslocam entre as duas áreas. O questionário visou traçar um perfil do público de interesse e identificar a preferência entre o ônibus da USP e as bicicletas *pedelecs* compartilhadas. É importante ressaltar que, na identificação das preferências, somente foram considerados(as) estudantes que utilizam o ônibus da USP.

Na segunda etapa foram criadas planilhas eletrônicas para análise das probabilidades de escolha da bicicleta *pedelec* compartilhada em relação ao ônibus operado pela USP. Os resultados da pergunta de preferência declarada, após elaboração da Rede Neural Artificial (RNA), foram inseridos nas referidas planilhas, permitindo que fosse verificada a probabilidade para cada combinação desejada. As planilhas também incluíram dados do histórico meteorológico, classificados conforme os níveis da pergunta de preferência declarada.

Sobre os resultados da primeira etapa, uma consideração relevante diz respeito à amostra obtida de acordo com o público-alvo desejado. Conforme exposto no subcapítulo 4.1 (resultados e análises da primeira etapa), há um desequilíbrio na distribuição das percentagens de estudantes de graduação e pós-graduação da amostra. Na população-alvo desta pesquisa, o percentual de pós-graduandos(as) que se desloca regularmente até a Área 2 corresponde a 19% do total de estudantes que frequenta a Área 2, enquanto a amostra obtida foi composta por 7% de pós-graduandos(as). Entretanto, vale lembrar que pouco mais de 500 pós-graduandos(as) frequentam a Área 2 com regularidade, sendo que quase 50% se desloca através do ônibus operado pela USP. Já entre os(as) graduandos(as), mais de 2100 se deslocam regularmente até a Área 2 e quase 70% utiliza o ônibus da USP.

A respeito dos outros resultados do questionário, o dado mais crítico, diante de todo o cenário avaliado, foi a grande rejeição pelo modo a pé e pelo ônibus coletivo municipal, que atualmente opera sob responsabilidade da empresa Athenas Paulista. Dentre os aspectos que mais pesam na decisão de não usar o ônibus da USP, a lotação e o fato de não poder iniciar a viagem a qualquer momento são favoráveis ao uso da bicicleta, seja ela convencional ou *pedelec*. Entre os fatores mais impactantes para não se usar as bicicletas convencionais, estão o esforço físico, as condições meteorológicas, o tempo de viagem e a ausência de ciclovias/ciclofaixas. O esforço físico e o tempo de viagem são consideravelmente reduzidos com o uso da bicicleta *pedelec* em relação à convencional, devido ao auxílio proveniente do motor elétrico. Isto contribuiria para a escolha, no hipotético sistema de compartilhamento de bicicletas, da *pedelec* ao invés da convencional. Vale lembrar que cerca de 50% dos(as) respondentes avaliaram como 15 minutos o tempo máximo aceitável para o deslocamento entre as áreas, enquanto quase 25% julgaram 20 minutos como o aceitável.

A escolha das variáveis de condições meteorológicas e situação de ciclovias/ciclofaixas para avaliar a preferência entre bicicletas *pedelec* compartilhadas e ônibus da USP se mostrou adequada, visto que estas variáveis estão entre os fatores mais impactantes para não se usar bicicletas convencionais.

Por outro lado, os níveis das condições meteorológicas poderiam ser escritos de forma mais sucinta no questionário, apesar de aparentemente a interpretação ter sido clara para a amostra como um todo. Como ressaltado no subcapítulo 3.3.2, a nebulosidade é um parâmetro de difícil estimativa (depende do observador), além de ser muito dinâmico, sendo praticamente impossível adotar um valor de nebulosidade que seja representativo para um dia. Por conta disso, seria possível que o nível “nublado e possibilidade chuva” fosse escrito apenas como “possibilidade de chuva”.

Em relação às temperaturas adotadas para representar frio, moderado e calor, elas se mostraram coerentes com o clima de São Carlos. Embora a palavra “sol” tenha acompanhado as palavras “frio”, “temperatura moderada” e “calor”, sua caracterização não é trivial, ainda mais para representar um dia, como no caso de “nublado”. É importante ressaltar que o autor optou pela inclusão das palavras “sol” e “nublado” para tentar representar, da melhor forma possível, os cenários. Com base na literatura internacional, é de amplo conhecimento que, em geral, chuva e temperatura são fatores mais impactantes no uso das bicicletas do que a nebulosidade por si só. Com o uso da palavra “sol”, a intenção foi remeter a decisão dos(as) respondentes para a temperatura, impedindo que

imaginassem cenários alternativos. Por exemplo, se o nível fosse representado apenas por “calor ($\approx 34\text{ }^{\circ}\text{C}$)”, seria possível que a pessoa respondesse com base em um dia com chuva e calor. Também é importante lembrar que o nível “chuvoso” intencionalmente não foi colocado no questionário para reduzir o número de combinações geradas no fatorial completo e porque a chuva é muito decisiva para não se utilizar a bicicleta no Brasil. Como visto nos resultados, a condição “nublado e possibilidade de chuva” apresenta os menores valores de preferência pelas *pedelecs* compartilhadas.

A respeito da segunda etapa, a de análise da demanda potencial por bicicletas *pedelecs* compartilhadas, a planilha eletrônica desenvolvida revelou-se como uma importante ferramenta de auxílio para a condução da política de transportes que o operador do sistema (no caso estudado, a Prefeitura do campus da USP de São Carlos) irá adotar para os anos futuros, sendo possível visualizar diferenças entre anos, meses e estações do ano. Com algumas modificações na estrutura da planilha, também foi possível checar variações diárias oriundas da ocupação do ponto de ônibus. O campus, por se tratar de um polo gerador de viagens, influencia diretamente na mobilidade urbana da cidade. Além disso, a universidade é responsável, em parte, pela saúde dos(as) funcionários(as) técnico(a)-administrativos(as), docentes e alunos(as) de graduação e pós-graduação.

Os resultados das simulações foram promissores no que diz respeito a um provável uso de bicicletas *pedelecs* compartilhadas, através de um sistema complementar ao ônibus atualmente ofertado. A probabilidade de escolha das *pedelecs*, como já esperado, é maior nos meses menos chuvosos e com temperaturas moderadas e frias. A condição do ponto de ônibus da USP (cheio ou vazio), que é uma característica particular deste estudo de caso, revelou ter muito peso na decisão dos(as) respondentes, visto que a probabilidade de escolha da *pedelec* praticamente dobra quando o ponto está cheio. Em relação à presença de ciclovias/ciclofaixas no trecho considerado, a probabilidade de uso da *pedelec* é, em média, o triplo para o mesmo cenário sem ciclovias/ciclofaixas. Neste caso, é importante lembrar que a estrutura cicloviária do trecho considerado é responsabilidade da prefeitura municipal.

Em relação ao conjunto de procedimentos adotado, é extremamente importante ressaltar que tanto o questionário aplicado quanto a planilha eletrônica foram elaborados para uma situação específica, que é o deslocamento entre áreas do campus da USP de São Carlos, com foco nos(as) estudantes de graduação e pós-graduação que usam o ônibus operado pela USP. Entretanto, o conjunto de procedimentos pode ser aplicado em outras condições, desde que as preferências entre modos de transporte sejam obtidas conforme o

público e objetivo que se almeja. O autor recomenda a utilização de atributos que abordem ciclovias/ciclofaixas e condições meteorológicas, tal como elaborado neste estudo de caso. No que tange à(s) outra(s) variável(eis) da preferência declarada, o(a) pesquisador(a) deverá se atentar para características específicas do estudo de caso em questão.

5.1 Contribuições do trabalho e sugestões para trabalhos futuros

Este trabalho apresenta contribuições para o tema da demanda potencial pelo transporte cicloviário e, mais especificamente, para análise da mesma sob o ponto de vista das condições meteorológicas, um ponto praticamente não explorado pelos(as) pesquisadores(as) brasileiros(as). Como o clima do Brasil é muito diferente em relação à maioria dos países em que as pesquisas considerando a meteorologia têm sido realizadas, recomenda-se fortemente que os(as) pesquisadores(as) dediquem especial atenção a este fator quando forem estudar a demanda por bicicletas. Parcerias com pesquisadores(as) de países com clima similar (regiões da Austrália, por exemplo) impulsionariam os estudos nacionais sobre esse tema.

Em relação aos sistemas com bicicletas compartilhadas, a recomendação é que sejam feitos estudos para aprimorar os sistemas atualmente operados em algumas cidades brasileiras. É importante avaliar o comportamento dos(as) usuários(as), o uso que fazem das bicicletas, integração com outros meios de transporte e características das viagens (velocidade, distância, rotas utilizadas e origem/destino). As pesquisas de origem/destino são fundamentais para melhorar a logística de reposição e manejo das bicicletas nas estações. Em relação às características de viagem como um todo, elas são importantes para a oferta de estrutura cicloviária, seja para realocar as estações, planejamento de ciclovias/faixas/rotas, ou até mesmo para servir de base para a substituição, em determinadas regiões da cidade, das bicicletas convencionais por *pedelecs*. Também são indicados estudos com foco no uso do solo, na demografia e no relevo para subsidiarem as decisões a respeito da oferta de estrutura cicloviária.

Sobre as bicicletas elétricas, elas precisam ser melhor estudadas sob o ponto de vista de regulamentação das mesmas. Atualmente há pouca fiscalização e pouca clareza para a população a respeito das normas de utilização. As bicicletas elétricas têm um potencial considerável para melhorar a mobilidade urbana, principalmente quando utilizadas em sistemas de compartilhamento, como o proposto para a USP de São Carlos.

Especificamente em relação ao sistema proposto para o campus de São Carlos da USP, caso ele seja um dia implantado, recomenda-se que sejam feitos estudos semelhantes aos que foram apresentados no subcapítulo 2.4.1. A implantação de um sistema como esse dentro de uma universidade não é importante apenas para a melhoria da mobilidade urbana, mas também do ponto de vista educacional (muitas pessoas veem as bicicletas apenas como lazer) e desenvolvimento de tecnologia, visto que diversos projetos de pesquisa interdisciplinares podem ser conduzidos ao mesmo tempo. Considerando um sistema de quarta geração e levando em consideração que o campus de São Carlos possui áreas de estudo em Engenharias, Física, Química, Matemática e Arquitetura e Urbanismo, é possível estudar a mecânica e a bateria das *ebikes*, geração de energia a partir de fontes renováveis, desenvolvimento de *software* para gerenciamento do sistema, além dos estudos possíveis nas áreas de Urbanismo e Engenharia de Transportes. Também são recomendados estudos da área de Psicologia, sobre a percepção das pessoas a respeito de modos anteriormente utilizados e o atual, percepção da cidade, variações no nível de estresse, entre outros.

REFERÊNCIAS

- Abdelgawad, H.; M. S. Mahmoud e S. N. Kinawy (2016) Understanding cycling behavior and barriers to cycling in Egypt. *95th Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, DC, EUA.
- Ahmed, F.; G. Rose e C. Jacob (2010) Impact of weather on commuter cyclist behaviour and implications for climate change adaptation. *33rd Australasian Transport Research Forum (ATRF)*, Canberra, Austrália.
- Ahmed, F.; G. Rose; M. Figliozzi e C. Jakob (2012) Commuter cyclist's sensitivity to changes in weather: Insight from two cities with different climatic conditions. *92nd Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, DC, EUA.
- Austwick, M. Z.; O. O'Brien, E. Strano e M. Viana (2013) The structure of spatial networks and communities in bicycle sharing systems. *PLoS ONE*, v. 8, n.9.
- Barczak, R. e F. Duarte (2012) Impactos ambientais da mobilidade urbana: Cinco categorias de medidas mitigadoras. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 4, n. 1, p. 13-32.
- Barnes, G. e K. Krizek (2005) Estimating bicycling demand. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 1939, p. 45-51.
- BBC Brasil (2015) Repórter da BBC é assediada enquanto gravava reportagem sobre assédio. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/videos_e_fotos/2015/09/150930_video_reporter_bbc_vitima_assedio_lgb>. Acesso em: 30 novembro 2015.
- BiciMAD (2014) La bicicleta. Disponível em: <<http://www.bicimad.com/index.php?s=bicicleta>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Bierlaire, M. (2003) Biogeme: A free package for the estimation of discrete choice models. *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Suíça.
- Bierlaire, M. e M. Fétiarison (2009) Estimation of discrete choice models: Extending Biogeme. *Swiss Transport Research Conference (STRC)*, Ascona, Suíça.
- Bierlaire, M. (2015a) BisonBiogeme 2.4: Estimating a first model. *Series on Biogeme TRANSP-OR 150720*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Bierlaire, M. (2015b) BisonBiogeme 2.4: Syntax of the modeling language. *Series on Biogeme TRANSP-OR 150720*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- BIXI Montreal (2015) Le 15 novembre prochain, vos BIXI hiberneront... Disponível em: <<https://montreal.bixi.com/about-bixi/news/2015/Novembre/le-15-novembre-prochain-vos-bixi-hiberneront>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.

- Boareto, R. (2008) A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. *Revista dos Transportes Públicos*, p. 143-160.
- Bocanegra, C. W. R. e A. N. Rodrigues da Silva (2002) Replicando el comportamiento de una red neuronal artificial entrenada para estimar un índice de potencial de viajes. *5º Congreso de Ingeniería del Transporte*, Universidad de Cantabria, Santander, Espanha.
- BXLX (2015a) Lisboa Horizontal: Proposta. Disponível em: <<http://lisboahorizontal.pt/proposta/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- BXLX (2015b) Lisboa Horizontal. Disponível em: <<https://vimeo.com/121051999>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Cherry, C.; S. Worley e D. Jordan (2011) Electric bike sharing: System requirements and operational concepts. *90th Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, DC, EUA.
- CONTRAN (2013) Resolução Nº. 465 de 27 de Novembro de 2013. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/Resolucao4652013.pdf>>. Acesso em: 30 novembro 2015.
- Costa, R. G.; C. G. Thaumaturgo da Silva e S. C. Cohen (2013) A origem do caos - A crise de mobilidade no Rio de Janeiro e a ameaça à saúde urbana. *Cadernos Metrópole*, v. 15, n. 30, p. 411-431.
- Cycle Guide DK (2010) Free bikes! Where to get a bike. Disponível em: <<http://cycleguide.dk/2010/05/copenhagens-city-bikes/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Cyclehoop (s. d.). Disponível em: <<http://www.hypeness.com.br/2015/06/estacionamento-criativo-para-bicicletas-mostra-quantas-bikes-cabem-no-espaco-de-um-carro/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Cycles of Life (2012) Cycling in Copenhagen. Disponível em: <<https://cyclebicycle.wordpress.com/2012/09/02/cycling-in-copenhagen/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Cycling Promotion Fund (s. d.). Disponível em: <<http://wearetraffic.org/node/7>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- DeMaio, P. (2009) Bike-sharing: History, impacts, models of provision, and future. *Journal of Public Transportation*, v. 12, n. 4, p. 41-56.
- Dill, J. e G. Rose (2012) Electric bikes and transportation policy: Insights from early adopters. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 2314, p. 1-6.
- Dill, J. e T. Carr (2003) Bicycle commuting and facilities in major U.S. cities: If you build them, commuters will use them. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 1828, p. 116-123.

- Elektro (2015) População de São Luiz do Paraitinga já pode utilizar bicicletas elétricas. Disponível em: <<http://cidadeinteligente.elektro.com.br/index.php/populacao-de-sao-luiz-do-paraitinga-ja-pode-utilizar-bicicletas-eletricas/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- European Commission (1999) *Cycling: The way ahead for towns and cities*. Repartição de Publicações da União Européia, Luxemburgo.
- Faghih-Imani, A.; N. Eluru; A. M. El-Geneidy; M. Rabbat e U. Haq (2014) How land-use and urban form impact bicycle flows: Evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal. *Journal of Transport Geography*, v. 41, p. 306-314.
- Flynn, B. S.; G. S. Dana; J. Sears e L. Aultman-Hall (2012) Weather factor impacts on commuting to work by bicycle. *Preventive Medicine*, v. 54, p. 122-124.
- Folha de São Paulo (2015) Bicicletas elétricas ajudam a vencer ladeiras em São Luiz do Paraitinga. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/06/1638493-bicicletas-eletricas-ajudam-a-vencer-ladeiras-em-sao-luiz-do-paraitinga.shtml>>. Acesso em: 30 novembro 2015.
- Folha de São Paulo (2011) Montadoras terão redução de IPI até julho de 2016. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/poder/2011/08/954069-montadoras-terao-reducao-de-ipi-ate-julho-de-2016.shtml>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Frade, I. e A. Ribeiro (2013) Bicycle sharing systems demand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 111, p. 518-527.
- Franco, L. P. C.; V. B. G. Campos e F. B. Monteiro (2014) A characterisation of commuter bicycle trips. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 111, p. 1165-1174.
- Gaegauf, T. (2014) A comparative guide to the different technologies offered by bikesharing vendors. Disponível em: <http://mobility-workspace.eu/wp-content/uploads/Bikeshare_Technology_White_Paper.pdf>. Acesso em: 17 fevereiro 2016.
- Globo (2014) Falta de dados sobre assédio reflete a leviandade com que o tema é tratado. Disponível em: <<http://g1.globo.com/profissao-reporter/noticia/2014/10/falta-de-dados-sobre-assedio-reflete-leviandade-com-que-o-tema-e-tratado.html>>. Acesso em: 30 novembro 2015.
- Godefroy, F. e C. Morency (2012) Estimating latent cycling trips in Montreal, Canada. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 2314, p. 120-128.
- Google Earth (2015) Imagem de São Carlos via Digital Globe. Acesso em: 20 maio 2015.
- Griswold, J. B.; A. Medury e R. J. Schneider (2011) Pilot models for estimating bicycle intersection volumes. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 2247, p. 1-7.

- Habib, K. N.; J. Mann; M. Mahmoud e A. Weiss (2014) Synopsis of bicycle demand in the city of Toronto: Investigating the effects of perception, consciousness and comfortability on the purpose of biking and bike ownership. *Transportation Research Part A*, v. 70, p. 67-80.
- Hankey, S.; G. Lindsey; X. Wang; J. Borah; K. Hoff; B. Utecht e Z. Xu (2012) Estimating use of non-motorized infrastructure: Models of bicycle and pedestrian traffic in Minneapolis, MN. *Landscape and Urban Planning*, v. 107, p. 307-316.
- Happy Hotelier (2007) New York City: Bike – Share Project: 42 years behind the Dutch! Disponível em: <<http://www.happyhotelier.com/2007/07/08/new-york-city-bike-share-project-42-years-behind-the-dutch/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Hunt, J. D. e J. E. Abraham (2007) Influences on bicycle use. *Transportation*, v. 34, p. 453-470.
- Hypeness (2014) Conheça os *parklets*: As extensões temporárias que promovem uma renovação dos espaços públicos. Disponível em: <<http://www.hypeness.com.br/2014/09/conheca-os-parklets-as-extensoes-temporarias-que-promovem-uma-renovacao-dos-espacos-publicos/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- INMET (2016) Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 26 fevereiro 2016.
- Isler, C. A. (2015) Avaliação socioeconômica de uma rede ferroviária regional para o transporte de passageiros. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.
- Ji, S.; C. R. Cherry; L. D. Han e D. A. Jordan (2014) Electric bike sharing: Simulation of user demand and system availability. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 250-257.
- Kirner, J. (2006) Proposta de um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil.
- Langford, B. C., C. Cherry, T. Yoon, S. Worley e D. Smith (2013) North America's first e-bikeshare: A year of experience. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 2387, p. 120-128.
- Langford, B. C.; J. Chen e C. R. Cherry (2015) Risky riding: Naturalistic methods comparing safety behavior from conventional bicycle riders and electric bike riders. *Accident Analysis & Prevention*, v. 82, p. 220-226.
- Lima, R. S.; A. N. Rodrigues da Silva e P. van der Waerden (2003) Espalhamento urbano: Mito ou realidade no Brasil? O caso das cidades médias. *Revista dos Transportes Públicos*, v. 98, p. 31-46.

- Magalhães, J. R. L. e D. A. G. Palhares (2013) Utilização do método de preferência declarada para caracterização da demanda pelo transporte cicloviário em Montes Claros/MG. *XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Belém, Brasil.
- Magalhães, J. R. L.; V. B. G. Campos e R. A. M. Bandeira (2015) Revisão sobre modelos de previsão de demanda pelo modo cicloviário. *XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Ouro Preto, Brasil.
- Maldonado-Hinarejos, R.; A. Sivakumar e J. W. Polak (2014) Exploring the role of individual attitudes and perceptions in predicting the demand for cycling: A hybrid choice modelling approach. *Transportation*, v. 41, p. 1287-1304.
- Meddin, R. (2016) The bike-sharing world map. Disponível em: <www.bikesharingmap.com>. Acesso em: 05 março 2016.
- MetroBike (2009) Easter Bunny Delivers 3rd generation bike-sharing to college in Chicago. Disponível em: <<http://bike-sharing.blogspot.com.br/2009/04/easter-bunny-delivers-3rd-generation.html>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Midgley, P. (2009) The role of smart bike-sharing systems in urban mobility. *Journeys - Sharing Urban Transport Solutions*, n. 2, p. 23-31.
- Ministério das Cidades (2006) *Curso Gestão integrada da mobilidade urbana*. Brasília, Brasil.
- Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Cidades (2015) *Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes - Volume 1: Mobilidade urbana*. Brasília, Brasil.
- Miranda-Moreno, L. F. e T. Nosal (2011) Weather or not to cycle: Temporal trends and impact of weather on cycling in an urban environment. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 2247, p. 42-52.
- Mobilize (2016) Biketown, as bicicletas "inteligentes" de Portland, nos EUA. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/noticias/9226/biketown-as-bicicletas-inteligentes-de-portland-nos-eua.html>>. Acesso em: 17 fevereiro 2016.
- Nankervis, M. (1999) The effect of weather and climate on bicycle commuting. *Transportation Research Part A*, v. 33, p. 417-431.
- Noland, R. B.; M. J. Smart e Z. Guo (2016) Bikeshare trip generation in New York city. *95th Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, DC, EUA.
- Observatório das Metrôpoles (2015) Estado da motorização individual no Brasil - Relatório 2015.
- Oliveira, A. M. (2015) Um índice para o planejamento de mobilidade com foco em grandes polos geradores de viagens: Desenvolvimento e aplicação em um campus

- universitário - Apêndice C. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.
- Ortúzar, J. D.; A. Iacobelli e C. Valeze (2000) Estimating demand for a cycle-way network. *Transportation Research Part A*, v. 34, p. 353-373.
- Ortúzar, J. D. e L. G. Willumsen (2011) *Modelling transport* (4^a ed.). Editora John Wiley & Sons Ltd, Chichester, Reino Unido.
- Parkin, J.; M. Wardman e M. Page (2008) Estimation of the determinants of bicycle mode share for the journey to work using census data. *Transportation*, v. 35, p. 93-109.
- Passafaro, P; A. Rimano; M. P. Piccini; R. Metastasio; V. Gambardella; G. Gullace e C. Lettieri (2014) The bicycle and the city: Desires and emotions versus attitudes, habits and norms. *Journal of Environmental Psychology*, v. 38, p. 76-83.
- Phung, J. e G. Rose (2007) Temporal variations in usage of Melbourne's bike paths. 30th *Australasian Transport Research Forum (ATRF)*, Melbourne, Austrália.
- Piatkowski, D. P. e W. E. Marshall (2015) Not all prospective bicyclists are created equal: The role of attitudes, socio-demographics, and the built environment in bicycle commuting. *Travel Behaviour and Society*, v. 2, p. 166-173.
- Portugal, L. S. (2012) *Polos geradores de viagens orientados à qualidade de vida e ambiental: Modelos e taxas de geração de viagens*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, Brasil.
- Raia Jr., A. A.; A. N. Rodrigues da Silva e C. W. R. Bocanegra (2001) Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e SIG. *XV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET*, Campinas, Brasil.
- Ramis, J. E. e E. A. Santos (2012) Uso de automóveis e o caos urbano - Considerações sobre o planejamento de transportes das grandes cidades. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 4, p. 164-177.
- Rodrigues da Silva, A. N.; R. A. R. Ramos; L. C. L. de Souza; D. S. Rodrigues e J. F. G. Mendes (2008) *SIG: Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes*. Editora EdUFSCar, São Carlos, Brasil.
- Rodrigues da Silva, A. N.; A. A. Raia Jr. e C. W. R. Bocanegra (2002) Exploring an ANN modeling approach that combines accessibility and mobility into a single trip potential index for strategic planning. *81st Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, DC, EUA.
- Rybarczyk, G. e C. Wu (2010) Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. *Applied Geography*, v. 30, p. 282-293.

- Ryley, T. (2006) Estimating cycling demand for the journey to work or study in West Edinburgh, Scotland. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 1982, p. 187-193.
- Sabir, M.; J. Van Ommeren; M. J. Koetse e P. Rietveld (2010) Impact of weather on daily travel demand. Tinbergen Institute discussion paper. VU University, Amsterdam, Holanda.
- Sears, J.; B. S. Flynn; L. Aultman-Hall e G. S. Dana (2012) To bike or not to bike: Seasonal factors for bicycle commuting. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 2314, p. 105-111.
- Social Bicycles (2016a) Learn how SoBi works. Disponível em: <<http://socialbicycles.com/#how>>. Acesso em: 17 fevereiro 2016.
- Social Bicycles (2016b) Is Social Bicycles stationless? Disponível em: <<http://help.socialbicycles.com/hc/en-us/articles/201135365-Is-Social-Bicycles-stationless->>. Acesso em: 17 fevereiro 2016.
- Sousa, P. B. e E. Kawamoto (2015) Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário. *Transportes*, v. 23, n. 4, p. 79-88.
- Spotahome (2014) BICIMAD: One expat's road to public bike rental in Madrid. Disponível em: <<http://www.spotahome.com/blog/2014/08/29/bicimad-one-expats-road-to-public-bike-rental-in-madrid.html>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Stein, P. P. (2013) Barreiras, motivações e estratégias para mobilidade sustentável no campus São Carlos da USP. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.
- Thomas, T.; R. Jaarsma e B. Tutert (2009) Temporal variations of bicycle demand in the netherlands: The influence of weather on cycling. *88th Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, DC, EUA.
- Thomas, T.; R. Jaarsma e B. Tutert (2013) Exploring temporal fluctuations of daily cycling demand on Dutch cycle paths: The influence of weather on cycling. *Transportation*, v. 40, p. 1-22.
- Tin Tin, S.; A. Woodward; E. Robinson e S. Ameratunga (2012) Temporal, seasonal and weather effects on cycle volume: An ecological study. *Environmental Health*, v. 11.
- Universidade de Tennessee-Knoxville (2016) The nation's first fully-automated electric bicycle sharing system. Disponível em: <http://cycleushare.utk.edu/cycleushare/E-Bike_Sharing_at_UTK.html>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- United States Naval Observatory (s. d.) Início das estações do ano (2005-2020). Disponível em: <<http://www.iag.usp.br/astrologia/inicio-das-estacoes-do-ano>>. Acesso em: 28 fevereiro 2016.

- Vá de Bike (2015a) Bicicleta elétrica pode usar ciclovia? Disponível em: <<http://vadebike.org/2015/01/bicicleta-eletrica-pode-usar-ciclovias-ciclofaixa-motor-regras/>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Vá de Bike (2015b) São Paulo tem sistema de aluguel de bicicletas elétricas, com planos de expansão para o Rio. Disponível em: <<http://vadebike.org/2015/11/aluguel-bicicletas-eletricas-e-moving-sao-paulo-rio-de-janeiro>>. Acesso em: 03 fevereiro 2016.
- Vá de Bike (2015c) Ciclovia mais que dobrou o número de bicicletas na Avenida Paulista. Disponível em: <<http://vadebike.org/2015/09/contagem-ciclistas-paulista-aumento-fluxo-ciclovias>>. Acesso em: 30 novembro 2015.
- Varejão-Silva, M. A. (2006) *Meteorologia e Climatologia*. Disponível em: <http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acesso em: 20 janeiro 2016.
- Wardman, M.; M. Tight e M. Page (2007) Factors influencing the propensity to cycle to work. *Transportation Research Part A*, v. 41, p. 339-350.

APÊNDICE A

Número USP do entrevistador: _____

1) Número USP do entrevistado: _____

2) Vínculo: () Graduação () Pós-graduação
 () Outro: _____

3) Gênero: () Feminino () Masculino

4) Ano de nascimento: _____

5) Possui carro em São Carlos? () Sim () Não

6) Possui bicicleta em São Carlos? () Sim () Não

7) Qual sua experiência com bicicleta? Assinale todas alternativas que retratem o seu perfil.

- Não sei andar de bicicleta
 Pedalava na infância e/ou adolescência
 Pedalo na zona rural (lazer ou esporte)
 Pedalo na zona urbana (lazer ou esporte)
 Pedalo na zona urbana (como meio de transporte)

***Se você usa a bicicleta como meio de transporte (pergunta 7), responda a pergunta 8.**

8) Há quanto tempo você usa a bicicleta como meio de transporte?

- () Até 1 ano () 1 a 2 anos () 2 a 3 anos
() 3 a 4 anos () 4 a 5 anos () Mais de 5 anos

***Se você sabe andar de bicicleta (pergunta 7) e não usa como meio de transporte para ir à Área 2 do Campus, responda a pergunta 9.**

9) Suponha que você tenha à disposição uma bicicleta para se deslocar a partir da Área 1 em direção à Área 2. Ordene as seguintes opções, atribuindo o número 1 à característica que mais influencia na sua decisão de não usar a bicicleta e o maior número à que menos influencia.

- () Esforço físico/Cansaço
() Tempo de viagem
() Ausência de ciclovias e/ou ciclofaixas
() Ausência de bicicletários
() Aceitabilidade social (imagem da bicicleta)
() Segurança em relação a assaltos
() Condições climáticas (calor, frio, chuva, etc.)
() Material transportado (notebook, livros, etc.)
() Outro: _____

***Todos respondem**

10) Considerando uma semana típica (de segunda a sexta-feira, sem feriados), indique quantas vezes na semana você utiliza cada um dos modos de transporte para ir e voltar da Área 2. Contabilize a ida e a volta.

Exemplo: considerando a ida, na semana eu vou 3 vezes com ônibus da USP e 2 vezes pego carona. A volta eu faço 1 vez com ônibus da USP e 4 vezes de carona. Portanto, escreva 4 (3 + 1) na opção "ônibus da USP" e 6 (2 + 4) na opção "carro (pego carona)".

Ônibus da USP: ____ Ônibus municipal: ____
Carro (vou sozinho): ____ Carro (dou carona): ____
Carro (pego carona): ____ Moto: ____
Bicicleta: ____ A pé: ____

***Todos respondem**

11) Qual o seu nível de satisfação em relação aos modos que você utiliza ou já utilizou para se deslocar à Área 2? Adote a escala:

- 1 – Muito satisfeito 3 – Insatisfeito
2 – Satisfeito 4 – Muito insatisfeito

Ônibus da USP: ____ Ônibus municipal: ____
Carro: ____ Moto: ____
Bicicleta: ____ A pé: ____

***Se você usa o carro (inclusive carona) para ir à Área 2 (pergunta 10), responda a pergunta 12.**

12) Quanto tempo, em média, geralmente você leva para se deslocar da Área 1 para a Área 2? Considere apenas o tempo de viagem.

- () Até 10 min () 10 a 15 min () Mais de 15 min

***Se você usa a bicicleta para ir à Área 2 (pergunta 10), responda a pergunta 13.**

13) Quanto tempo, em média, geralmente você leva para se deslocar da Área 1 para a Área 2? Considere apenas o tempo de viagem.

- () Até 10 min () 10 a 15 min () 15 a 20 min
() 20 a 25 min () Mais de 25 min

***Todos respondem**

14) Qual tempo máximo você acha aceitável para se deslocar da Área 1 para a Área 2? Considere apenas o tempo de viagem, ou seja, desconsidere tempo de caminhada, embarque, desembarque, etc.

- () 10 min () 15 min () 20 min
() 25 min () 30 min () ____ min

***Se você não usa o ônibus da USP para ir à Área 2 (pergunta 10), responda a pergunta 15.**

15) Você precisa se deslocar a partir da Área 1 em direção à Área 2. Avalie os seguintes critérios em relação a sua decisão de **não usar o ônibus da USP**, sendo 1 (extremamente importante – crucial), 2 (muito importante) e 3 (pouco importante).

- Tempo de viagem dentro do ônibus
- Distância de caminhada até os pontos
- Horários de partida disponíveis
- Não iniciar a viagem no horário que eu quiser
- Não ter mais pontos de embarque/desembarque
- Condições climáticas (calor, frio, chuva, etc.)
- Material transportado (notebook, livros, etc.)
- Lotação do ônibus
- Segurança durante a viagem (freadas bruscas, alta velocidade, etc.)
- Segurança na caminhada até o ponto
- Falta de informação sobre o sistema de ônibus da USP (pontos, horários, etc.)
- Estrutura dos pontos (cobertura, assentos, etc.)
- Qualidade dos ônibus
- Outro: _____

***Se você usa o ônibus da USP para ir à Área 2 (pergunta 10), responda as perguntas 16 a 20.**

16) Assinale os horários, dos respectivos dias, que você geralmente usa o ônibus da USP **no sentido Área 1 para Área 2**.

Exemplo: se eu quase sempre pego 7:30, mas as vezes perco o horário e embarco as 7:45, marco apenas o horário que uso com maior frequência, ou seja, 7:30.

Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:00					
07:30					
07:45					
08:00					
08:15					
09:00					
09:55					
12:25					
13:00					
13:30					
14:00					
16:05					
16:25					
17:00					

17) Assinale os horários, dos respectivos dias, que você geralmente usa o ônibus da USP **no sentido Área 2 para Área 1**.

Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:15					
07:45					
08:00					
08:15					
08:30					
10:10					
12:10					
12:45					
13:15					
13:45					
14:30					
16:10					
16:45					
17:15					
18:15					
19:15					

18) Os horários de ônibus da USP satisfazem a sua necessidade como usuário/a? Sim Não
Comente(opcional): _____

19) Qual o tempo máximo que você se julga disposto/a a esperar, no ponto, desde a sua chegada ao ponto até a partida do ônibus? ____ minutos

20) Considere que a USP troque os ônibus convencionais (que circulam atualmente) por articulados, cuja capacidade de passageiros pode ser maior que o dobro da capacidade dos atuais. Você estaria disposto/a a continuar usando o ônibus se os horários (perguntas 16 e 17) fossem reduzidos pela metade? Sim Não
Comente(opcional): _____

***Se você usa o carro/moto (inclusive carona) para ir à Área 2 (pergunta 10), responda as perguntas 21 a 23.**

21) Considerando o **sentido Área 1 para Área 2**, assinale quais dias você se desloca, escreva o(s) horário(s) que geralmente inicia essa viagem e a origem dela.

Exemplo: se eu vou à Área 2 de manhã, volto à casa para almoçar e depois retorno à Área 2, marco os dois horários de ida.

Dica: se atente para anotar apenas o horário mais frequente, ou seja, se de segunda-feira às vezes saio 8:10, mas na maioria das vezes saio 8:00, anoto apenas 8:00.

() Segunda. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Terça. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quarta. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quinta. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Sexta. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

22) Considerando o sentido **Área 2 para Área 1**, escreva o(s) horário(s) que inicia essa viagem e qual o destino.

() Segunda. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Terça. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quarta. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quinta. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Sexta. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

23) Suponha que você não possa mais se deslocar usando o carro/moto (próprio ou de carona). Qual meio de transporte você utilizaria? Ordene conforme a sua preferência, atribuindo o número 1 ao modo mais preferido e o número 3 ao modo menos preferido.

() Bicicleta

() Ônibus da USP

() Ônibus municipal

***Se você usa a bicicleta para ir à Área 2 (pergunta 10), responda as perguntas 24 e 25.**

24) Considerando o sentido **Área 1 para Área 2**, assinale quais dias você se desloca, escreva o(s) horário(s) que inicia essa viagem e a origem dela.

Exemplo: se eu vou à Área 2 de manhã, volto à casa para almoçar e depois retorno à Área 2, marco as dois horários de ida.

Dica: se atente para anotar apenas o horário mais frequente, ou seja, se de segunda-feira às vezes saio 8:10, mas na maioria das vezes saio 8:00, anoto apenas 8:00.

() Segunda. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Terça. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quarta. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quinta. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Sexta. Horário(s): _____

Origem: () Casa () Área 1 () Outro: _____

25) Considerando o sentido **Área 2 para Área 1**, escreva o horário que costuma iniciar essa viagem e qual o destino.

() Segunda. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Terça. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quarta. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Quinta. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

() Sexta. Horário(s): _____

Destino: () Casa () Área 1 () Outro: _____

***Se você sabe andar de bicicleta (pergunta 7), leia o texto e responda as perguntas 26 a 41.**

As bicicletas elétricas se dividem em **bicicletas com acelerador** (enquadradas na categoria de ciclomotor) e **pedelec's** (também chamadas de pedal assistido). De acordo com o Conselho Nacional de Trânsito (Contran), **bicicletas com acelerador** não podem circular em ciclovias e/ou ciclofaixas e exigem habilitação para pilotar. Já as **pedelec's**, desde que o motor não exceda a velocidade de 25 km/h e a potência de 350 W, podem circular pelas ciclovias e/ou ciclofaixas (respeitando a velocidade limite de 20 km/h nessas vias).

Outra diferença fundamental é que o motor da **pedelec** só funciona enquanto o usuário pedala, ou seja, ainda que o esforço físico seja consideravelmente menor em relação às bicicletas convencionais, ajudando nas subidas, por exemplo, ele ainda existe. Assim que o usuário começa a pedalar, o motor inicia o auxílio, parando somente quando o pedal pára de girar ou a velocidade de 25 km/h é atingida.

Pedelec's tem sido utilizadas em sistemas modernos de compartilhamento de bicicletas (*bike sharing*) ao redor do mundo. A grande vantagem da **pedelec** é o aumento da acessibilidade em relação às convencionais, já que o esforço físico é bastante reduzido com o motor.

No Brasil há alguns *bike sharing* em funcionamento e praticamente todos são compostos por bicicletas

convencionais, com exceção do implantado, neste ano, em São Luiz do Paraitinga/SP, que possui bicicletas pedelec's e convencionais. O funcionamento do *bike sharing* é simples: o usuário retira a bicicleta numa estação e devolve em qualquer outra estação, inclusive a mesma em que pegou. O número de estações é variável conforme a demanda.

Suponha que exista um sistema *bike sharing* com bicicletas **pedelec's** para atender, junto aos ônibus da USP, à demanda de deslocamentos entre as duas Áreas do Campus. As estações das bicicletas **pedelec's** estão próximas aos pontos de ônibus da USP.

Levando em consideração as características de cada sistema (descritas no quadro ao lado), **para cada cenário (perguntas 26 a 41) faça a escolha do modo preferido.** Cenário consiste na combinação da situação do ponto de ônibus, condições climáticas e ciclovias e/ou ciclofaixas entre as Áreas.

Ônibus da USP



- **Horário:** Tabelado (só é possível sair nos horários estipulados)
- **Custo:** Gratuito
- **Tempo de viagem:** Até 15 minutos (sem contar espera)

Bicicleta pedelec compartilhada



- **Horário:** Flexível (é possível sair em qualquer horário)
- **Custo:** Gratuito
- **Tempo de viagem:** De 10 a 25 minutos (depende do usuário)

	Ponto de ônibus	Condições meteorológicas	ESCOLHA	
			Ônibus	Pedelec
26)	Cheio	Sol, calor (= 34 °C)		
27)	Cheio	Sol, frio (= 18 °C)		
28)	Cheio	Nublado, possibilidade chuva		
29)	Cheio	Sol, temperatura moderada (= 26 °C)		
30)	Vazio	Sol, calor (= 34 °C)		
31)	Vazio	Sol, frio (= 18 °C)		
32)	Vazio	Nublado, possibilidade chuva		
33)	Vazio	Sol, temperatura moderada (= 26 °C)		



Considere presença total de ciclovias e/ou ciclofaixas entre as Áreas do Campus



Considere ausência total de ciclovias e/ou ciclofaixas entre as Áreas do Campus

	Ponto de ônibus	Condições meteorológicas	ESCOLHA	
			Ônibus	Pedelec
34)	Cheio	Sol, calor (= 34 °C)		
35)	Cheio	Sol, frio (= 18 °C)		
36)	Cheio	Nublado, possibilidade chuva		
37)	Cheio	Sol, temperatura moderada (= 26 °C)		
38)	Vazio	Sol, calor (= 34 °C)		
39)	Vazio	Sol, frio (= 18 °C)		
40)	Vazio	Nublado, possibilidade chuva		
41)	Vazio	Sol, temperatura moderada (= 26 °C)		

***Todos respondem**

42) Em situações normais (sua rotina da Área 2), qual modo você **nunca** utilizaria? **Assinale quantos quiser.**

- | | | | |
|---|---------------------------------|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ônibus da USP | <input type="checkbox"/> Moto | <input type="checkbox"/> Bike convencional própria | <input type="checkbox"/> Bike convencional compartilhada |
| <input type="checkbox"/> Ônibus municipal | <input type="checkbox"/> Carro | <input type="checkbox"/> Bike pedelec própria | <input type="checkbox"/> Bike pedelec compartilhada |
| <input type="checkbox"/> A pé | <input type="checkbox"/> Carona | | |