

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Diego Lopes Dutra

**TRANSPORTE POR ÔNIBUS SOB DEMANDA: APLICAÇÃO
DA TEORIA DO COMPORTAMENTO PLANEJADO NA
ESCOLHA DO MODO DE TRANSPORTE**

Porto Alegre

2021

Diego Lopes Dutra

**TRANSPORTE POR ÔNIBUS SOB DEMANDA: APLICAÇÃO DA TEORIA
DO COMPORTAMENTO PLANEJADO NA ESCOLHA DO MODO DE
TRANSPORTE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof.^a Ana Margarita Larrañaga Uriarte, Dra.

Porto Alegre

2021

Diego Lopes Dutra

Transporte por ônibus sob demanda: aplicação da Teoria do Comportamento Planejado na escolha do modo de transporte/ Diego Lopes Dutra. – Porto Alegre, 2021-94p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof.^a Ana Margarita Larrañaga Uriarte, Dra.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2021.

Diego Lopes Dutra

Transporte por ônibus sob demanda: aplicação da Teoria do Comportamento Planejado na escolha do modo de transporte

Essa dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof.^a Ana Margarita Larrañaga Uriarte,
Dra.**
Orientadora PPGEP/UFRGS

Prof. Alejandro Germán Frank
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Fernando Dutra Michel, Dr. (UFRGS)
Fernanda David Weber, Dra. (UFPEL)
Alejandro Ruiz Padillo, Dr. (UFSM)

Porto Alegre
2021

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*

Agradecimentos

Agradeço à UFRGS, pela oportunidade de dar continuidade à minha formação profissional.

Agradeço à minha orientadora, Prof.^a Ana Margarita Larrañaga pela atenção e disponibilidade as quais foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores do PPGEP e Lastran pelos conhecimentos e experiências compartilhados e que certamente serão essenciais em minha trajetória.

Agradeço aos colegas de laboratório, Andrey Bonatto e César Andriola, pela recepção na universidade e companheirismo durante os grandes desafios do curso.

Agradeço à Mariana Lovato, pela amizade e luz que me trouxe no momento de grande dificuldade.

Agradeço aos demais colegas de curso pelo compartilhamento de ideias e visões sobre a área, dentro e fora de sala de aula.

Agradeço aos amigos de longa data, sempre presentes nas sucessivas etapas da vida.

Por fim, agradeço aos meus pais e irmãos, pelo amor e apoio incondicionais em minhas escolhas, desde sempre caminhamos juntos.

Resumo

Os serviços de transporte por aplicativo já fazem parte da rotina de muitas cidades ao redor do mundo e estão provocando profundas transformações nos hábitos de deslocamento das pessoas e, conseqüentemente, na demanda pelos diferentes serviços de transporte ofertados. O Fenômeno dos novos serviços de mobilidade se consolida num contexto onde novas diretrizes são propostas para o planejamento de transportes de forma que a priorização dos modos coletivos sobre os modos individuais se apresenta como um dos grandes desafios do desenvolvimento urbano sustentável. Este trabalho teve como objetivo investigar os efeitos dos chamados fatores psicológicos sobre o comportamento de escolha em um cenário hipotético onde é ofertado um serviço de transporte coletivo sob demanda na cidade de Porto Alegre, RS. Foi preparado um referencial teórico que aborda o contexto dos novos serviços da chamada mobilidade compartilhada além das técnicas empregadas no desenvolvimento deste trabalho. Os dados foram coletados em uma pesquisa de preferência declarada aplicada na cidade. Os fatores psicológicos foram concebidos segundo a Teoria do Comportamento Planejado e mensurados através da Modelagem por Equações Estruturais (SEM). Por fim, um modelo híbrido de escolha foi produzido a partir do modelo Logit Multinomial (MNL). Os resultados revelaram que as atitudes foram os principais fatores influentes sobre a intenção em utilizar o transporte público. Constatou-se também que, ao ser incluída no modelo discreto, a intenção foi capaz de aprimorar o ajuste e conseqüentemente, o potencial preditor do modelo de escolha. Por fim, limitações encontradas no desenvolvimento deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros são discutidas.

Palavras-chave: Escolha modal. Modelo de escolha. Fatores Psicológicos. Teoria do Comportamento Planejado. Sistema de Equações Estruturais. Transporte flexível.

Abstract

The new shared mobility services have become part of transportation systems on many cities around the world. These services are issuing transformations on peoples transport behavior. Shared mobility has consolidated in a time where new policy guidelines for transportation planning are being adopted. Priorization of public transit over private, individual vehicles is one of the main challenges of urban sustainable development. This research intended to investigate the effects of the so-called psychological factors on transport behavior in a hypothetical setting where a new on-demand transit mode is offered in the city of Porto Alegre. The paper presents a theoretical review on the shared mobility services as well as the main techniques employed. The data was collect through a Stated Preference survey applied in the city. The psychological factors were conceived through the Theory of Planned Behavior and were estimated using Structural Equation Modelling (SEM). A Hybrid Choice Model was then developed through the multinomial logit model (MNL). Results revealed that Subjective Norms and Attitudes were the main contributors to Intention in utilizing public transit. Another main finding was that the inclusion of Intention on the Discrete Choice Model significantly improved its predictive power. Finally, a discussion on the limitations of this research as well as recommendations for future work are provided.

Keywords: Mode Choice. Choice Model. Psychological Factors. Theory of Planned Behavior. On-demand Transit.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Mobilidade compartilhada. Fonte: adaptado de (Cohen e Shasheen, 2016) . . .	19
Figura 2 – Problemas de escolha relacionados à uma viagem urbana. Fonte: adaptado de (Ortúzar e Román, 2003)	24
Figura 3 – O processo de escolha. Fonte: adaptado de (Ben-akiva et al. 2002)	28
Figura 4 – O Modelo Híbrido. Fonte: adaptado de (Hess e Daly, 2014)	29
Figura 5 – Teoria do Comportamento Planejado. Fonte: Adaptado de (Ajzen, 1991) . . .	31
Figura 6 – Variáveis exógenas e endógenas. Fonte: (Hair et al., 2009)	37
Figura 7 – Exemplo de diagrama de caminhos. Fonte: adaptado de (Hair et al. 2009) . . .	39
Figura 8 – Exemplo de cartão utilizado na pesquisa. Fonte: elaborado pelo autor	50
Figura 9 – Perfil da amostra por idade e gênero. Fonte: elaborado pelo autor	51
Figura 10 – Nível de escolaridade da amostra. Fonte: elaborado pelo autor	52
Figura 11 – Perfil da renda domiciliar da amostra. Fonte: elaborado pelo autor	53
Figura 12 – Posse de automóvel nas residências da amostra. Fonte: elaborado pelo autor . . .	53
Figura 13 – Divisão modal da amostra. Fonte: elaborado pelo autor	54
Figura 14 – Divisão das viagens por atividade e gênero. Fonte: elaborado pelo autor	55
Figura 15 – Modelo estrutural proposto. Fonte: elaborado pelo autor	59
Figura 16 – Estrutura do modelo híbrido. Fonte: elaborado pelo autor	62
Figura 17 – Modelo de Mensuração 1. Fonte: elaborado pelo autor	66
Figura 18 – Modelo Estrutural 1. Fonte: elaborado pelo autor	67
Figura 19 – Modelo de Mensuração 2. Fonte: elaborado pelo autor	68
Figura 20 – Modelo de Mensuração 3. Fonte: elaborado pelo autor	70
Figura 21 – Modelo Estrutural 3. Fonte: elaborado pelo autor	71

Lista de tabelas

Tabela 1 – Critérios de ajuste	44
Tabela 2 – Conjuntos de alternativas	51
Tabela 3 – Variáveis Observadas	57
Tabela 4 – Distribuição das respostas aos fatores psicológicos	58
Tabela 5 – Variáveis consideradas no modelo de escolha	61
Tabela 6 – Análise de consistência das variáveis latentes	64
Tabela 7 – Variáveis latentes após a análise de consistência	65
Tabela 8 – Resultados do Modelo de Mensuração 1	66
Tabela 9 – Resultados do Modelo Estrutural 1	67
Tabela 10 – Correlação entre as variáveis latentes	67
Tabela 11 – Resultados do modelo de mensuração 2	68
Tabela 12 – Resultados do Modelo de Mensuração 3	70
Tabela 13 – Validade discriminante do modelo 3	71
Tabela 14 – Resultado do Modelo Estrutural 3	72
Tabela 15 – Modelo de escolha sem variável latente	74
Tabela 16 – Modelo de escolha com variável latente	77

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	14
1.2	Justificativa	14
1.3	Delimitações do estudo	15
1.4	Estrutura do Trabalho	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Serviços de transporte sob demanda	17
2.1.1	A economia compartilhada e os serviços de mobilidade	18
2.1.2	Histórico	20
2.1.3	Experiências no mundo e no Brasil	21
2.2	Modelos de Escolha	23
2.2.1	O problema de escolha	23
2.2.2	A teoria da utilidade aleatória	25
2.2.3	O modelo discreto	26
2.2.4	O modelo híbrido	28
2.3	Teoria do Comportamento Planejado	30
2.3.1	Os elementos da TCP	32
2.3.2	Propriedades	34
2.3.3	Extensões da TCP	35
2.4	Modelagem por Equações Estruturais	36
2.4.1	Modelo de mensuração	37
2.4.2	Modelo estrutural	38
2.4.3	Tratamento dos dados	39
2.4.4	Ajuste	41
2.5	Pesquisa de Preferência Declarada	44
3	DADOS	48
3.1	Área de estudo	48
3.2	Preferência declarada	49
3.3	Caracterização da amostra	51
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	56
4.1	Fatores Psicológicos	56
4.1.1	Especificação dos fatores psicológicos	56
4.1.2	Estruturação dos modelos	58

4.2	Modelos de Escolha	60
4.2.1	Tratamento dos dados para o modelo de escolha	60
4.2.2	Estruturação dos modelos	62
4.3	Ferramentas utilizadas	63
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.1	Fatores psicológicos	64
5.1.1	Validação das variáveis latentes	64
5.1.2	Modelo 1	65
5.1.3	Modelo 2	68
5.1.4	Modelo 3	69
5.2	Modelos de escolha	72
5.2.1	Modelo de escolha discreta	72
5.2.2	Modelo híbrido de escolha	76
5.3	Discussão	78
5.3.1	Fatores psicológicos	78
5.3.2	Modelos de escolha	80
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS	85
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO	94

1 Introdução

O planejamento de transportes vive um momento de mudança de paradigma onde as políticas orientadas ao aumento da capacidade dos sistemas viários e que promovem incentivos ao uso dos modos motorizados individuais dão lugar a políticas orientadas à promoção da acessibilidade e favorecimento da intermodalidade (LITMAN, 2013).

A tendência de aumento da demanda por transporte individual, observada nos últimos anos, em conjunto com a diminuição da demanda por transporte público agravou os problemas de mobilidade presentes em várias cidades brasileiras, evidenciando a necessidade de uma mudança na formulação de políticas públicas e de uma readequação dos sistemas de transporte coletivo. Dados mostram que entre 2008 a 2018 a taxa de motorização aumentou de 19,6 veículos para cada 100 habitantes para 31,5 veículos/100hab, considerando apenas automóveis (Observatório das Metrópoles, 2019). Entretanto, entre 2013 e 2019 houve uma redução de 26,1% no número de passageiros equivalentes transportados nas principais cidades brasileiras (NTU, 2020a). Diversas externalidades são decorrentes desse modelo de desenvolvimento, as quais afetam a qualidade de vida das pessoas e a saúde econômica das cidades (MORAIS et al., 2010). O aumento das emissões de gases poluentes decorrentes da queima de combustíveis fósseis, os acidentes de trânsito e a perda de produtividade provocada pelo tempo despendido nos congestionamentos são exemplos dessas externalidades (MACIEL, 2012).

Em meio desse contexto, surgiu um fenômeno recente, relativo à chegada e à consolidação dos serviços relacionados à mobilidade compartilhada (COHEN; SHASHEEN, 2016). Esses serviços aliam modelos de negócio, muitas vezes já experimentados no mercado (BRAKE; NELSON; WRIGHT, 2004), à inovação trazida pelas modernas tecnologias de processamento de dados e telecomunicações de forma a oferecer soluções de mobilidade sob demanda e em tempo real. Trata-se de um conceito que abriga ampla variedade de modelos de negócio, o *ridesource*, representado por empresas como o Uber, talvez seja o modelo mais influente sobre a dinâmica dos sistemas de transporte nas cidades (HALL; PALSSON; PRICE, 2018; ESTEVES, 2016), embora os serviços destinados aos modos ativos também representem uma importante contribuição, especialmente os sistemas de bicicletas compartilhadas, conhecidos como serviços de *bikesharing* (BÖCKER et al., 2020; QIN et al., 2018).

Assim como os serviços da mobilidade compartilhada, os estudos sobre seus impactos também são recentes, de forma que ainda há muito a ser explorado. Enquanto alguns autores apontam que os aplicativos de transporte competem com o transporte público e outros modos, há estudos que sugerem que esses serviços podem atuar no sentido de complementar o transporte público através da oferta de viagens relacionadas a primeira e última milha e o atendimento em áreas e horários não contemplados pelo sistema tradicional (RODRIGUES; RIBEIRO; URIARTE,

2019). Outros estudos relacionam a presença dos novos serviços de transporte com a diminuição da posse dos veículos particulares, especialmente entre as gerações mais jovens (MULLEY, 2017).

Apesar dos serviços focados em oferecer alternativas de transporte individual terem se consolidado, os serviços de transporte coletivo ainda não absorveram as potencialidades desses novos sistemas. Alguns poucos estudos têm explorado estas novas potencialidades, analisando e discutindo sistemas de transporte público sob demanda (NELSON et al., 2010; MULLEY; NELSON, 2009). Ainda, algumas experiências foram implantadas em cidades como em Helsinque, na Finlândia, em Londres, Reino Unido e Nova Iorque, Estados Unidos (HAGLUND et al., 2019; FORD, 2015). Já no Brasil é possível encontrar experiências recentes em cidades como Goiânia e Fortaleza (NTU, 2020b). Embora estes estudos e experiências tenham contribuído para o desenvolvimento deste tipo de serviço, a determinação de suas características e fatores que influenciam na sua adoção ainda não estão claros, especialmente no contexto brasileiro.

Os desafios relacionados ao enfrentamento da queda de competitividade do transporte público e ao surgimento de serviços inovadores podem ser superados com mudanças no serviço oferecido juntamente com mudanças no comportamento de viagem dos indivíduos. Para isso, é necessário entender quais são os elementos objetivos (ex. custo, tempo, frequência do serviço) e subjetivos (atitudes e percepções dos indivíduos) que influenciam a escolha do modo de transporte.

Os modelos tradicionais de escolha modal analisam a decisão baseada em características objetivas (MCFADDEN, 2001; Ben-Akiva et al., 1999). Num esforço de aumentar o potencial dos modelos de escolha como preditor do comportamento, Ben-Akiva et al. (2002a) introduziram uma extensão aos modelos discretos que incorporava as percepções, preferências e outros mecanismos cognitivos que influenciam o processo de tomada de decisão sob a forma de variáveis latentes. Dessa forma, os modelos híbridos aproximaram os modelos econométricos às teorias do campo da psicologia. Durante a última década, diversos estudos sobre o comportamento de escolha modal buscaram incorporar os aspectos cognitivos através de diferentes seleções de fatores psicológicos assim como o uso de teorias comportamentais (SPEARS; HOUSTON; BOARNET, 2013; THORHAUGE; HAUSTEIN; CHERCHI, 2016; KIM; CHUNG; KIM, 2013; IDRIS et al., 2015; SCHOENAU; MUELLER, 2017).

Assim, este estudo busca contribuir nesta linha de pesquisa, estudando os fatores psicológicos que estimulariam a utilização de um sistema de transporte de ônibus sob demanda, baseando a seleção destes fatores na Teoria do Comportamento Planejado (AJZEN, 1991), e incluindo-os em um modelo híbrido de escolha modal. Os dados utilizados são provenientes de uma pesquisa de preferência declarada e atitudinal realizada em Porto Alegre.

1.1 Objetivos

Os objetivos serão revisados de acordo com as recomendações da banca.

O objetivo geral deste trabalho é analisar os fatores psicológicos que estimulariam a utilização de um sistema de transporte de ônibus sob demanda. Os fatores psicológicos foram estruturados baseados na Teoria do Comportamento Planejado, estimados utilizando modelos de equações estruturais e inseridos em um modelo híbrido sequencial de escolha discreta. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram ser contemplados:

- Identificar e analisar as características subjetivas que influenciam na intenção de utilizar um modo de transporte de ônibus sob demanda;
- Explorar métodos para modelar as características subjetivas dos indivíduos, baseados na Teoria do Comportamento Planejado;
- Analisar a influência de características objetivas e subjetivas na decisão de utilizar um modo de transporte de ônibus sob demanda.

1.2 Justificativa

A chegada dos novos serviços de mobilidade, equipados com sistemas cada vez mais modernos de comunicação e processamento de dados, tem potencial de transformar a forma como as pessoas se deslocam nas cidades. De acordo com (COHEN; SHASHEEN, 2016), o estudo do papel dos diferentes modelos de serviços de mobilidade fornece ao planejador o conhecimento necessário para a promoção de intervenções capazes de impulsionar os impactos desejados no sistema de transportes em que se inserem.

Acompanhando essas transformações, um novo paradigma para o planejamento de transportes se desenha para as cidades do futuro. Essa nova visão passa a ser centrada na promoção de acessibilidade no lugar de velocidade, do transporte multimodal no lugar do transporte motorizado individual e também na integração das diferentes agendas que interagem através da mobilidade urbana, como a saúde e o meio ambiente (LITMAN, 2013).

Em um interessante artigo sobre o futuro do planejamento de transportes, (PEÑALOSA, 2002) propõe que um novo modelo de desenvolvimento urbano precisa ser adotado para que seja possível alcançar melhorias reais nas condições de vida das cidades, especialmente nos países em desenvolvimento. Esse novo modelo fundamenta-se em três principais objetivos, o primeiro é a provisão de infraestrutura de qualidade para pedestres e ciclistas e de espaços públicos para lazer, o segundo consiste na restrição do uso do automóvel e redução de suas externalidades negativas, por fim, o último fundamento consiste na promoção de um sistema público de transporte eficiente e sustentável.

O Brasil possui um arcabouço regulatório bastante consistente com os princípios para o desenvolvimento sustentável das cidades. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) tornou-se um importante marco ao estabelecer diretrizes para o planejamento e gestão da mobilidade urbana além de atribuir aos municípios a responsabilidade pelos planos de transportes (BRASIL, 2012). A PNMU também tornou obrigatória a elaboração de planos de mobilidade para cidades com mais de 20 mil habitantes, no entanto, de acordo com o IBGE (PERFIL. . . , 2018), apenas 36.6% da população brasileira vivia em municípios contemplados por um plano municipal de transporte em 2017.

Essas novas diretrizes abrem um longo caminho de planejamento e busca por soluções para os mais diversos problemas envolvendo a mobilidade nas cidades. Como instrumentos de embasamento às atividades relacionadas ao planejamento e implementação de políticas públicas, os modelos de demanda, em especial os modelos desagregados, se mostram importantes aliados e justificam o esforço de pesquisa para o seu desenvolvimento.

Este trabalho está alinhado às demandas atuais do planejamento ao propor a estruturação de um modelo de demanda destinado a analisar as preferências individuais por diferentes modos de transporte. A contribuição para a prática do planejamento se dá através da produção de conhecimento sobre o processo de escolha dos habitantes no contexto de uma cidade brasileira. Dois elementos constituem a contribuição teórica, o primeiro se dá pela incorporação dos conceitos da Teoria do Comportamento Planejado ao processo de escolha. Já o segundo é o uso das técnicas de preferência declarada e do modelo de escolha para investigar os impactos da inclusão de um novo serviço de transporte público ao sistema.

1.3 Delimitações do estudo

Este estudo se baseia em dados obtidos a partir de uma pesquisa de preferência declarada aplicada de forma online na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Os participantes considerados aptos a participar são aqueles que são residentes da cidade ou que são residentes da região metropolitana de Porto Alegre, mas possuem deslocamentos na capital em sua rotina. Dessa forma, o estudo está limitado a essa população e localização geográfica.

1.4 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro é composto por esta introdução, que buscou apresentar o tema a ser estudado juntamente com os objetivos, justificativa e delimitações do trabalho.

O segundo capítulo apresenta um referencial teórico sobre os serviços de transporte sob demanda no contexto da mobilidade compartilhada, os modelos de escolha utilizados para investigar o comportamento de escolha modal, a Teoria do Comportamento Planejado, a qual

serviu de embasamento teórico à formulação dos fatores psicológicos utilizados na pesquisa, a Modelagem por Equações Estruturais, técnica empregada na estimação dos fatores psicológicos e, por fim, a técnica de pesquisa de Preferência Declarada, utilizada na coleta de dados deste trabalho.

O terceiro capítulo apresenta o detalhamento do processo de coleta de dados, a caracterização da área de estudo, os resultados da amostra obtida e os procedimentos de tratamento dos dados empregados.

O quarto capítulo se refere aos procedimentos metodológicos adotados e hipóteses formuladas para orientar a pesquisa. Duas etapas constituem a estrutura da metodologia. A primeira consiste na conceituação e estimação dos fatores psicológicos segundo a Teoria do Comportamento Planejado. A segunda consiste na estimação dos modelos discreto e híbrido de escolha para avaliar o comportamento de escolha modal. O capítulo se encerra com a apresentação das ferramentas utilizadas nas análises.

O quinto capítulo contém a apresentação e discussão dos resultados obtidos nos modelos assim como as principais limitações encontradas. Finalmente, o sexto capítulo traz as considerações finais e proposições para trabalhos futuros.

2 Referencial Teórico

Esta seção se propõe a apresentar um consolidado do conhecimento mobilizado para a realização deste trabalho. Dessa forma, a primeira subseção apresenta o contexto dos serviços de transporte público sob demanda, trazendo conceitos, histórico e um exemplo de estrutura operacional. A segunda subseção apresenta o corpo teórico que embasa os modelos de escolha tradicionais e sua versão híbrida. A terceira subseção destaca a Teoria do Comportamento Planejado que será utilizada como referencial teórico para compor o modelo híbrido deste trabalho. A quarta subseção apresenta técnica da modelagem por equações estruturais, a qual foi empregada na especificação e operacionalização dos fatores psicológicos. Por último, uma descrição da técnica de coleta de dados utilizada neste trabalho é apresentada.

2.1 Serviços de transporte sob demanda

Desde sua concepção por volta da década de 1980 ([MULLEY; NELSON, 2009](#)), os serviços de transporte coletivo sob demanda receberam uma série de atualizações em sua nomenclatura como forma de acompanhar os avanços tecnológicos e conceituais que foram incorporados ao serviço ao longo dos anos. Este trabalho adotará a terminologia de "serviço de transporte flexível" no seu desenvolvimento e discussão.

O serviço de transporte público tradicional, oferecido através de linhas com rotas e horários fixos, muitas vezes possui capacidade limitada de atender demandas dispersas ou que possuem necessidades especiais, dessa forma, os serviços de transporte flexível se apresentam como uma alternativa capaz de complementar o transporte público através do atendimento a essas demandas ([NELSON et al., 2010](#)).

De acordo com [Alonso-González et al. \(2018\)](#), a flexibilidade de que trata os serviços sob demanda pode ser concebida através de cinco elementos principais:

- Área de cobertura e rotas
- Horário de operação
- Veículos ofertados
- Sistema de agendamento
- Critérios de aceitação de viagens

A partir desses cinco elementos, uma grande variedade de modelos de serviços pode ser planejada para atender diferentes necessidades. Por exemplo, os primeiros serviços sob

demandas destinados a atender idosos e pessoas com necessidades especiais ofereciam grande flexibilidade de rotas pois os deslocamentos eram realizados porta-a-porta, no entanto, o sistema de agendamento muitas vezes exigia que a viagem fosse programada com antecedência, tornando o serviço menos flexível do que o táxi convencional nesse aspecto (BRAKE; NELSON; WRIGHT, 2004).

2.1.1 A economia compartilhada e os serviços de mobilidade

A economia do compartilhamento baseia-se no conceito de promover o uso de bens que possuem excesso de capacidade, ou seja, permanecem ociosos durante intervalo significativo de tempo. Exemplos comuns de bens que podem ser compartilhados sob essa perspectiva são os carros, casas, ferramentas e computadores. Uma definição para a economia de compartilhamento é proposta por (FRENKEN; SCHOR, 2017), o qual a define como um conceito de negócio cujo objetivo é oferecer acesso temporário a ativos físicos sub-utilizados. O autor também esclarece que, apesar do termo ter se popularizado nos últimos anos, a economia de compartilhamento é na verdade um conceito bastante antigo visto que as pessoas sempre compartilharam bens e serviços. Enquanto os serviços tradicionais envolviam a interação entre empresas (B2B) ou entre indivíduos e empresas (B2C), os novos serviços se destacam por facilitar a interação direta entre indivíduos (C2C).

Os avanços conquistados pela internet e a tecnologia da informação tiveram grande papel na recente popularização dos serviços de compartilhamento (PUSCHMANN; ALT, 2016). De acordo com o autor, três são os principais fatores que possibilitaram o surgimento de modelos de negócios inovadores. Redes sociais, dispositivos móveis e novas tendências de consumo.

A economia de compartilhamento pode ser compreendida como um grande ecossistema que abriga modelos de negócios destinados a promover o acesso aos mais variados bens e serviços. Muitos desses serviços baseiam-se em modernos sistemas de tecnologia da informação capazes de processar grandes volumes de dados e facilitar a interação entre clientes.

Dentre as diversas famílias de modelos de negócio existem aqueles que se propõem a fornecer soluções de transportes e integram a chamada mobilidade compartilhada, que consiste no uso compartilhado de veículos envolvendo os mais diversos modos de transporte (SHASHEEN; CHAN, 2016). Esses serviços podem ser classificados em três grandes categorias de acordo com a natureza do serviço, conforme ilustra a Figura 1.

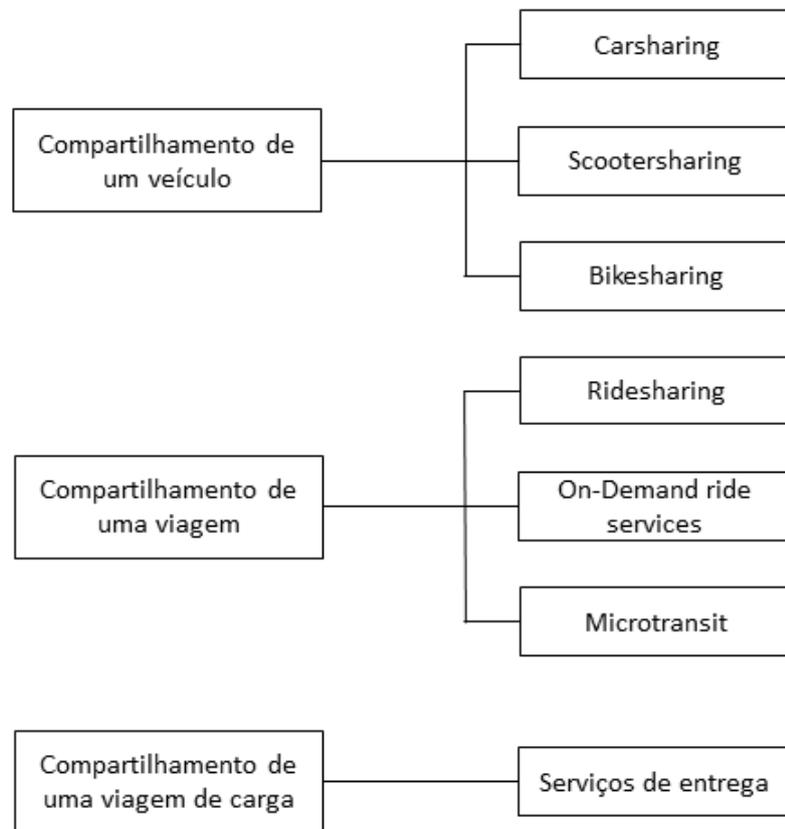


Figura 1 – Mobilidade compartilhada. Fonte: adaptado de (Cohen e Shasheen, 2016)

O primeiro grupo corresponde aos serviços destinados ao compartilhamento de veículos, como automóveis (*carsharing*), motocicletas (*scootersharing*) e bicicletas (*bikesharing*), exemplos conhecidos de serviços que se enquadram nessa categoria são o *Blabla Car* e o *Yellow*. O segundo grupo envolve os serviços que oferecem o compartilhamento de viagens e envolve tanto o transporte individual como o coletivo. Por fim o terceiro grupo corresponde aos serviços de compartilhamento destinados ao transporte de cargas.

Os serviços de transporte coletivo sob demanda se apresentam como alternativas ao transporte público convencional e se subdividem em dois grupos: os serviços de rotas e horários

fixos e os serviços de rotas e horários flexíveis (SHASHEEN; CHAN, 2016). Os serviços baseados em rotas e horários fixos assemelham-se aos serviços de transporte público tradicionais, diferenciado-se pela interação com o cliente através de um aplicativo, por onde é possível consultar viagens e solicitar novas rotas. Já os serviços flexíveis buscam adaptar os itinerários dos veículos de acordo com a demanda por viagens em tempo real.

2.1.2 Histórico

Os primeiros modelos de serviços de transporte coletivo destinados a atender demandas específicas têm suas origens entre as décadas de 1970 e 1980 sob a terminologia de Transporte Responsivo à Demanda (DRT) (CURRIE; FOURNIER, 2020). De início eram serviços relativamente limitados em termos da área de atuação e responsividade. No entanto, o avanço dos sistemas de telecomunicação e da tecnologia da informação tem sido muito intenso nos últimos anos, de forma que os modelos de negócio e os sistemas que operam esses serviços pertençam a um ecossistema bastante dinâmico e inovador.

Num primeiro momento os DRTs tinham como princípio promover uma complementação aos serviços de transporte público tradicionais de maneira a atender regiões onde a demanda é baixa e/ou dispersa de tal forma que não era viável a implantação de itinerários fixos convencionais (BRAKE; NELSON; WRIGHT, 2004). Esses serviços eram acionados por telefone, a partir das solicitações recebidas os operadores ajustavam as rotas de forma que era necessário agendar a viagem com antecedência. Apesar de possuir limitações técnicas, os primeiros serviços desempenhavam um papel relevante ao atender populações isoladas, como as áreas rurais, ou com necessidades especiais, como idosos e pacientes que necessitavam de atendimento nos grandes centros.

Uma importante contribuição tecnológica incorporada pelos serviços DRT foi o desenvolvimento dos sistemas conhecidos como dial-a-ride problems (DARP), cujo nome é referência ao sistema acionado por telefone. O DARP é composto por diferentes algoritmos desenvolvidos para resolver problemas relacionados à operação do sistema, como a definição de rotas e alocação de veículos. Esses algoritmos operam a partir de uma complexa combinação de diretrizes e restrições, como a minimização de custos ou maximização da satisfação do usuário (CORDEAU; LAPORTE, 2007).

O papel dos serviços DRT como provedores de acessibilidade pode ser evidenciado através de diferentes iniciativas, contemporâneas ao seu surgimento, que tinham como foco de estudos a relação entre o transporte e a exclusão social. Nos Estados Unidos foi promulgada, em 1990, uma lei chamada "Americans with Disabilities Act"(ADA), trata-se de uma lei de direitos civis destinada a garantir às pessoas com deficiência o acesso à empregos, serviços públicos e transporte (EUA, 1990). A publicação da ADA incentivou o surgimento dos serviços DRT destinados a atender essa população, a qual muitas vezes se encontrava isolada dos serviços de transporte convencionais (MULLEY; NELSON, 2009). Já no Reino Unido, em 1998 o governo

anunciou um programa destinado a promover o desenvolvimento de comunidades carentes. Ao estudar as regiões contempladas pelo programa, a agência governamental responsável observou que a disponibilidade e acessibilidade do transporte era um problema chave de forma que pôde-se concluir que havia uma forte relação entre a provisão de transporte e a exclusão social nessas áreas (DETR, 2001).

Nos primeiros anos do século XXI houve uma considerável evolução das tecnologias de comunicação e informação de forma que o compartilhamento de dados tornou-se mais rápido e eficiente. A incorporação dessas tecnologias aos serviços DRT proporcionou uma expansão de suas potencialidades de forma que a própria terminologia fosse atualizada: esses serviços passaram a ser definidos como Serviços de Transporte Flexível (FTS) (NELSON et al., 2010).

A partir dessa evolução tecnológica os sistemas FTS passaram a ser capazes de obter informações em tempo real sobre a situação e localização dos veículos, isso possibilitou o surgimento de novos modelos de negócio onde a flexibilidade do serviço podia ser definida em diferentes níveis de acordo com elementos como o tempo para definição de rotas, o tipo de veículo ofertado, os operadores envolvidos no sistema, o público alvo e a forma de pagamento (MULLEY; NELSON, 2009).

O desenvolvimento das tecnologias móveis, como os tablets e o smartphone, capazes de acessar a internet e produzir dados de georreferenciamento em tempo real eliminou algumas limitações técnicas dos sistemas FTS. Serviços de transporte por aplicativo como o Uber e a Yellow tornaram possível a solicitação de viagens de automóvel e bicicleta em tempo real. As potencialidades da flexibilidade desses novos serviços fez com que autores mais recentes adotassem a terminologia de Mobilidade Flexível sob Demanda (FMOD), esses modelos representam o estado da arte dos serviços que compõe a mobilidade compartilhada atualmente.

2.1.3 Experiências no mundo e no Brasil

Apesar de suas potencialidades, os serviços de transporte flexível modernos enfrentam dificuldades na sua implementação e operação. Em um levantamento sobre uma série de experiências ao redor do mundo Currie e Fournier (2020), identificaram que a taxa média de fracassos na implantação de serviços sob demanda é próxima de 50% nos países analisados, os autores também observam que os serviços que propõe uma oferta em maior escala e flexibilidade possuem maior dificuldade em manter sua operação, o alto custo, o qual frequentemente está associado à necessidade de subsídios, é apontado como o principal entrave ao sucesso do serviço. Enoch et al. (2006), também concluem que os custos relacionados à operação e implementação de sistemas baseados em tecnologia da informação são os principais desafios enfrentados por operadores de serviços de transporte sob demanda, além disso, segundo os autores, problemas relacionados ao marketing do serviço e a falta de sinergia com outros sistemas e operadores de transporte se apresentam como barreiras à adoção do serviço.

Em Helsinque, Finlândia, foi implementado no ano de 2012 um projeto piloto chamado Kutsuplus, o qual tinha como objetivo promover a migração de usuários de veículos particulares para o transporte público através da implementação de um sistema automatizado que oferecia alternativas de viagem por micro-ônibus personalizadas em tempo real (RISSANEN, 2016). Semelhante ao sistema FMOD descrito por Atasoy et al. (2015), as viagens eram programadas a partir de uma solicitação via celular, onde o viajante detalhava uma série de informações relativas à sua necessidade. De acordo com (HAGLUND et al., 2019), apesar de o sistema ser considerado atrativo para os usuários sob o ponto de vista dos custos e qualidade, de forma que houve um crescimento estável da demanda ao longo do seu tempo de operação, o índice de ocupação dos veículos era muito inferior à capacidade, indicando problemas de eficiência do sistema.

Apesar de possuir metas ambiciosas de expansão e contar com bons níveis de satisfação por parte dos usuários, o sistema foi descontinuado ao fim do período piloto no ano de 2015. Entre os motivos para o fim do projeto foram reportadas discordâncias quanto aos modelos de financiamento e investimentos necessários para expandir a oferta de veículos (RISSANEN, 2016). Ainda assim, o sistema deixou boas lições para projetos futuros, conforme aponta (JOKINEN; SIHVOLA; MLADENOVIC, 2019). A primeira delas se refere ao sistema de precificação, o qual tinha como objetivo garantir a competitividade do sistema frente ao transporte público e o sistema de táxis, e consistia de três faixas de preços os quais eram calculados a partir de uma taxa fixa somada a uma taxa variável por quilômetro percorrido. A segunda se refere à governança do sistema, o qual era gerenciado pela própria agência de transportes da cidade, o que facilitava o processo de tomada de decisão e regulamentação frente ao poder público.

No Brasil, a cidade de Goiânia foi a responsável pela implementação do primeiro serviço de ônibus sob demanda da América latina (NTU, 2019). Batizado de CityBus 2.0, o serviço entrou em operação no início de 2019 e utiliza micro-ônibus com capacidade de 14 lugares área que engloba cerca de 50 bairros da capita goiana. Nesse sistema, as viagens são solicitadas através de um aplicativo para celular, o sistema então programa uma rota e oferece pontos de embarque e desembarque próximos à localização e destino do clientes, os quais são denominados ponto virtuais.

Em uma pesquisa destinada a avaliar a percepção de qualidade do serviço CityBus 2.0 com usuários e não-usuários do sistema Guimarães et al. (2019), observaram que o preço da tarifa é o principal fator a influenciar a escolha pelo serviço, enquanto que a área de abrangência do sistema seria o principal fator limitante entre os não usuários. Além disso, o estudo também concluiu que, apesar das condições de conforto e limpeza do veículo serem consideradas satisfatórias, o sistema de paradas virtuais é motivo de preocupação entre os entrevistados, especialmente ao que se refere segurança e acessibilidade.

Outros exemplos de iniciativas brasileiras podem ser encontrados em São Paulo, com um serviço destinado a atender um eixo empresarial na capital paulista (NTU, 2019), e em Fortaleza a qual lançou o seu sistema de transporte flexível sob o nome de TopBus+ em dezembro de 2019.

Utilizando uma frota inicial de 18 vans com capacidade para 13 passageiros, o sistema utiliza o mesmo software fornecido ao sistema de Goiânia e já havia atendido mais de 18 mil passageiros em seus primeiros meses de operação e já prevê planos de expansão, de acordo com o órgão operador (NTU, 2020b).

2.2 Modelos de Escolha

O uso de modelos de escolha está fundamentado na área de economia e seu desenvolvimento está inserido no campo de estudo da demanda, o qual postula que as pessoas buscam sempre maximizar o seu benefício ao tomar decisões sobre consumo, seja de serviços, produtos ou outros bens (MCFADDEN, 2001). Essa abordagem de maximização do benefício está relacionada à teoria racional do processo de tomada de decisão, a qual segundo Ben-Akiva et al. (2002a), orienta a prática tradicional de previsão de demanda na economia e é responsável por conceitos como o “homo economicus” e o homem como um “maximizador”.

2.2.1 O problema de escolha

Os modelos de escolha são estruturados em torno de um problema de escolha, o qual é definido por Thill (2009), como um problema onde o indivíduo precisa escolher uma opção dentre um conjunto finito de alternativas. A partir desta definição pode-se destacar os quatro elementos que constituem a formulação dos modelos de escolha: o indivíduo tomador de decisão, o conjunto de alternativas, os atributos que caracterizam os indivíduos e as alternativas e, finalmente, a regra de escolha que orienta o processo de tomada de decisão.

O tomador de decisão é o indivíduo responsável por avaliar as alternativas propostas e efetuar uma escolha. Sabe-se que as pessoas empregam diferentes critérios na hora de avaliar suas alternativas, como forma de compreender esse mecanismo de escolha, os indivíduos são caracterizados por atributos, os quais normalmente são representados por variáveis sociodemográficas (idade, escolaridade, renda etc.).

O conjunto de alternativas é um conjunto finito onde as alternativas são indivisíveis, mutuamente exclusivas e coletivamente exaustivas, ou seja, o indivíduo deverá escolher apenas uma opção e não há alternativas possíveis fora do conjunto apresentado. Como as alternativas não possuem um valor intrínseco de atratividade (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011), a sua apreciação pelo tomador de decisão se dá através dos diferentes atributos que caracterizam cada alternativa. Em modelos de escolha modal os atributos das alternativas normalmente são representados em termos de custo (tarifas, combustível etc.), e tempo (tempo de espera, tempo de deslocamento etc.).

A regra de decisão, por fim, pode ser compreendida como o mecanismo pelo qual os indivíduos processam as informações disponíveis e avaliam as alternativas de um conjunto (KOPPELMAN; BHAT, 2006). Sabe-se que a utilidade ou atratividade de cada alternativa pode

ser interpretada de diferentes formas por cada indivíduo, também existem outros fatores que podem influenciar o processo de decisão e serem interpretados como mecanismos irracionais, como o hábito e a busca por variedade.

No contexto da engenharia de transportes utiliza-se os modelos de demanda como instrumento de embasamento para a elaboração de políticas públicas como a decisão de investir em determinada infraestrutura ou de empreender mudanças nos sistemas de transporte público. A abordagem dos modelos desagregados opera na escala do indivíduo e tem como enfoque o processo de tomadas de decisões decorrentes do surgimento da necessidade de viajar para realizar determinada atividade (ORTÚZAR; ROMÁN, 2003). A figura 2 apresenta um esquema dos diferentes problemas de escolha que podem estar envolvidos no contexto de uma viagem.

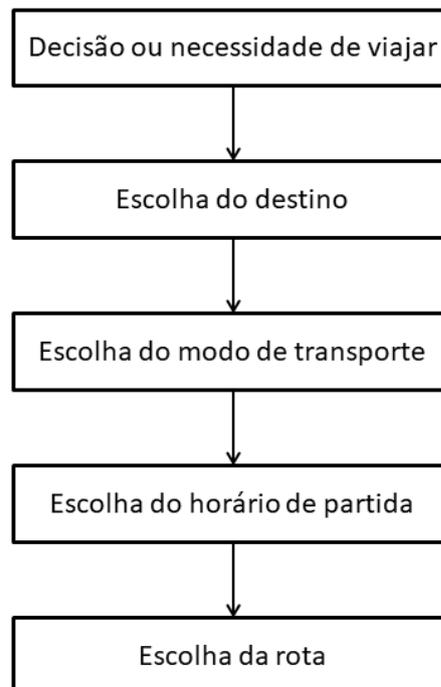


Figura 2 – Problemas de escolha relacionados à uma viagem urbana. Fonte: adaptado de (Ortúzar e Román, 2003)

Naturalmente, a necessidade de percorrer cada uma das decisões mencionadas acima depende da natureza e do contexto da atividade que será realizada ao final da viagem (com a possível exceção das viagens realizadas como um fim em si, como um passeio turístico). Dessa forma, o pesquisador pode aplicar os modelos desagregados como instrumento de estudo para cada um desses problemas de escolha, com destaque para aplicações relacionadas ao modo de

transporte (DONALD; COOPER; CONCHIE, 2014), o horário de saída (BÖRJESSON, 2008; THORHAUGE; HAUSTEIN; CHERCHI, 2016) e a escolha da rota (de Moraes Ramos et al., 2020; FUKUSHI; GUEVARA; MALDONADO, 2021).

2.2.2 A teoria da utilidade aleatória

O benefício mencionado anteriormente está relacionado ao conceito de utilidade, o qual, procura descrever o grau de atratividade que determinado objeto apresenta para um determinado indivíduo. Sob o ponto de vista econômico, a utilidade poderia ser definida através de uma função capaz de representar as preferências de cada indivíduo (BROOME, 1991). A partir desse conceito, uma primeira leitura da teoria racional do processo de tomada de decisão envolve a abordagem determinística, a qual propõe que o indivíduo terá preferência pela alternativa i se a utilidade de i for maior ou igual do que a utilidade das demais alternativas de um conjunto (KOPPELMAN; BHAT, 2006). Essa proposição pode ser representada matematicamente da seguinte forma:

$$Se U(X_i, S_q) \geq U(X_j, S_q) \forall j \Rightarrow i \succ j \forall j \in C \quad (2.1)$$

Onde $U()$ é a função de utilidade;

X_i, X_j são os vetores contendo os atributos das alternativas i e j ;

S_q é o vetor contendo os atributos do indivíduo q .

No entanto, a abordagem determinística possui algumas limitações entre as quais vale destacar duas: primeiro, ela traz a suposição de que o indivíduo possui informação perfeita sobre o conjunto de alternativas e seus atributos e, portanto, é capaz de escolher a alternativa de maior utilidade em todas as situações; a segunda limitação consiste no fato desta abordagem desconsiderar uma série de elementos que fazem parte do processo de tomada de decisão, a expressão caixa-preta é utilizada por Jing, Juan e Zha (2015), para ilustrar este arcabouço de fatores psicológicos que são excluídos neste tipo de análise. Como resultado dessas limitações, a abordagem determinística não consegue explicar algumas situações que são comuns no contexto do comportamento de escolha, como por exemplo a situação onde um mesmo indivíduo escolhe alternativas diferentes em momentos diferentes ou quando dois indivíduos que são semelhantes (em função de seus atributos), escolhem alternativas diferentes.

Como forma de mitigar essas limitações é proposta a abordagem probabilística que se define através da adição de um componente aleatório à porção determinística da função de utilidade, a qual passa a ser representada conforme a equação:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (2.2)$$

Onde U_{jq} é utilidade relacionada à alternativa j para o indivíduo q ;
 V_{jq} é a porção determinística da função de utilidade;
 ε_{jq} é a parcela do erro que engloba os elementos não considerados pelo pesquisador.

O componente determinístico da função de utilidade é aquele que é efetivamente especificado pelo pesquisador através da composição de atributos definida em seu problema de escolha, trata-se, portanto, da parcela do processo de decisão do indivíduo sobre a qual é possível observar.

$$V_{jq} = \sum_k \Theta_{kj} x_{jkq} \quad (2.3)$$

Como os atributos podem ser divididos entre aqueles que caracterizam o indivíduo e aqueles que caracterizam as alternativas, a contribuição de cada grupo de atributos é quantificada através de dois componentes distintos, além disso, um terceiro componente é incluído na estruturação de V o qual busca representar as interações entre os atributos das alternativas e os atributos do indivíduo. Essa decomposição da porção determinística da utilidade é representada pela equação x.

$$V_{jq} = V(S_q) + V(X_j) + V(S_q, X_j) \quad (2.4)$$

Onde:

V_{jq} é a porção determinística da utilidade da alternativa j para o indivíduo q ,

$V(S_q)$ é o componente associado aos atributos do indivíduo q ,

$V(X_j)$ é o componente associado aos atributos da alternativa j ,

$V(S_q, X_j)$ é o componente que considera a interação entre os atributos da alternativa j e os atributos do indivíduo q .

Já o erro é incorporado para representar o componente aleatório da função de utilidade e incorpora os diferentes elementos que influem no processo de tomada de decisão que não foram considerados na análise pelo pesquisador, como por exemplo fatores cognitivos, habituais ou emocionais. O erro também incorpora as parcelas de erro relacionadas ao próprio processo de modelagem, como o erro de mensuração e o erro de especificação. Diferentes hipóteses para as distribuições de probabilidades podem ser atribuídas à parcela aleatória da utilidade, resultando em diferentes formulações de modelos de escolha (ORTÚZAR; ROMÁN, 2003).

2.2.3 O modelo discreto

O modelo logit multinomial (MNL) é especificado a partir da hipótese de que o componente do erro assume uma distribuição Gumbel, estabelecendo dessa maneira que a

probabilidade de uma alternativa ser escolhida a partir de um conjunto de alternativas pode ser expressa de acordo com a Equação 2.5:

$$P(i) = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^J \exp(V_j)} \quad (2.5)$$

Uma importante propriedade do modelo MNL é a independência de alternativas irrelevantes (IIA), a qual estabelece que a razão de probabilidades entre duas alternativas i e j depende somente das suas respectivas utilidades, permanecendo constante independentemente das demais alternativas presentes no conjunto (MOKHTARIAN, 2016). Como consequência dessa proposição, a inclusão ou exclusão de alternativas influenciará a probabilidade de escolha de todas as demais, de forma que a razão entre os pares i e j permaneça constante. A IIA estabelece que para cada par de alternativas i e j , a razão entre as probabilidades é tal que:

$$\frac{P_{ni}}{P_{nj}} = \frac{e^{V_{ni}} / \sum_k e^{V_{nk}}}{e^{V_{nj}} / \sum_k e^{V_{nk}}} = e^{V_{ni} - V_{nj}} \quad (2.6)$$

A inclusão desta propriedade trouxe importantes benefícios ao modelo MNL, como por exemplo, permitiu uma relevante simplificação do processo de estimação dos parâmetros com relação ao modelo Probit Multinomial, o qual é definido a partir da especificação do erro normalmente distribuído (HAUSMAN; MCFADDEN, 1984). Outra vantagem deste axioma é a possibilidade de testar modelos onde o conjunto de alternativas varia através dos indivíduos da amostra (KOPPELMAN; BHAT, 2006), um exemplo de aplicação dessa propriedade em modelos de escolha modal é a inclusão da exigência de carteira de habilitação para que o carro seja considerado uma alternativa disponível. Por outro lado, o modelo pode resultar em previsões enviesadas em casos onde há correlação entre a utilidade de diferentes alternativas (MOKHTARIAN, 2016). Um exemplo que ilustra essa limitação é o problema do ônibus azul/vermelho.

A estimação do modelo logit para uma amostra de N pessoas utiliza o método da máxima verossimilhança. Segundo a descrição de Hess e Daly (2014), a probabilidade de um indivíduo escolher a alternativa que de fato foi observada é dada por:

$$\prod_i (P_{ni})^{y_{ni}}, \quad (2.7)$$

Onde $y_{ni} = 1$ se o indivíduo n escolhe i e 0 em caso contrário.

A partir da equação 2.7 são realizadas algumas transformações de forma que se obtenha a probabilidade de cada um dos indivíduos da amostra escolher a alternativa observada, o resultado é dado sob a forma log L:

$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^N \sum_i y_{ni} \ln P_{ni}$$

Onde β é um vetor que contém os parâmetros a serem estimados. Considerando que $LL(\beta)$ é globalmente côncava, a maximização desta passa pela satisfação da equação:

$$\frac{dLL(\beta)}{d\beta} = 0, \quad (2.8)$$

A partir de 2.8 Train (2009) demonstra que a máxima verossimilhança produzirá os valores β que produzem probabilidades de escolha iguais aos resultados observados na amostra.

2.2.4 O modelo híbrido

Ben-Akiva et al. (2002a) descrevem o processo de tomada de decisão como um processo cognitivo, o qual envolve não somente a apreciação de informações sobre o elemento a ser escolhido como também processos cognitivos que abrangem diversos aspectos do comportamento humano, como suas atitudes, preferências, experiências e desejos, os quais, por sua vez, influenciam o próprio processo de avaliação das informações sobre o problema. Dessa forma, o estudo do processo de tomada de decisão está inserido tanto no campo da economia como da psicologia, enquanto o primeiro tem seu foco de análise na previsão da escolha a partir das informações que constituem a utilidade, o segundo dedica-se a entender os elementos que influem sobre comportamento dos indivíduos e consequentemente, sua escolha.

Visando representar uma estrutura teórica que incorpora o aspecto cognitivo, Ben-Akiva et al. (2002a), identificam quatro grupos de fatores psicológicos influentes sobre o comportamento: são os aspectos relacionados à memória, as crenças ou percepções, as motivações ou relações afetivas e as atitudes ou preferências. A partir da concepção dos fatores psicológicos, um esquema estendido da estrutura de relações envolvidos no processo de escolha é apresentado na Figura 3, onde as setas contínuas representam relações presentes nos modelos tradicionais baseados na escolha racional, e as setas tracejadas representam a relações psicológicas.

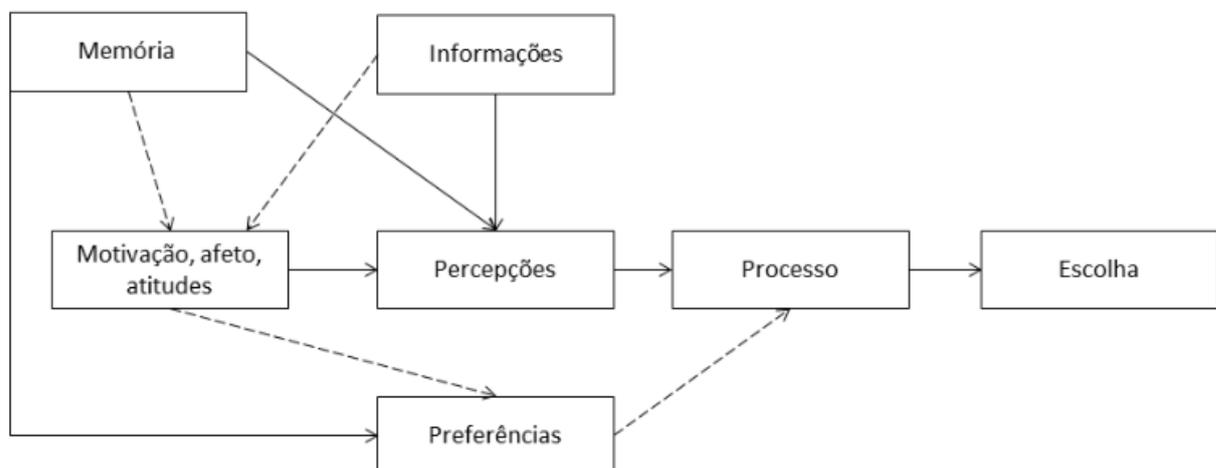


Figura 3 – O processo de escolha. Fonte: adaptado de (Ben-akiva et al. 2002)

A incorporação dos fatores psicológicos nos modelos de escolha tradicionais resulta nos modelos híbridos de escolha (HCM), os quais representam os elementos cognitivos através de variáveis latentes. A Figura 4 apresenta o modelo híbrido de escolha com variáveis latentes.

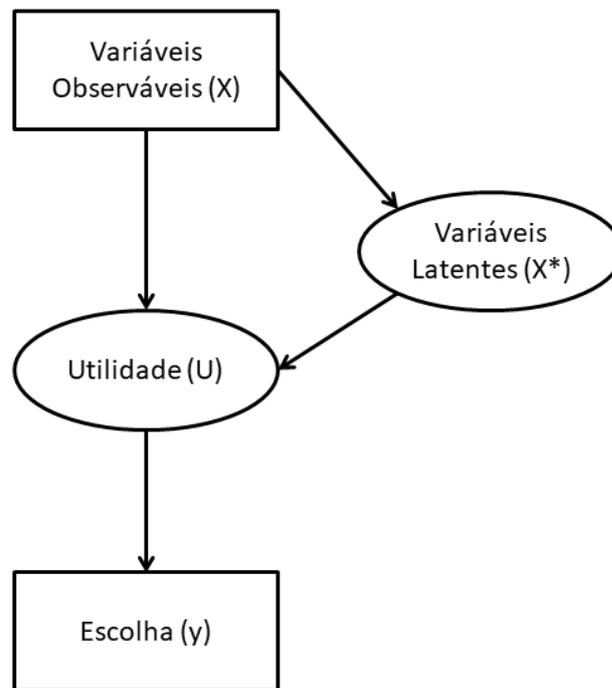


Figura 4 – O Modelo Híbrido. Fonte: adaptado de (Hess e Daly, 2014)

Nos modelos híbridos de escolha a função de utilidade passa a assumir a forma apresentada pela equação 2.9, onde o componente determinístico da utilidade engloba tanto as variáveis observáveis como as variáveis latentes.

$$U_n = U(X_n, X_n^*, \beta) + \varepsilon_n \quad (2.9)$$

X_n é um vetor contendo as variáveis observáveis;
 X_n^* é um vetor contendo as variáveis latentes;
 β são os parâmetros a estimar;
 ε_n representa o erro como componente aleatório da função.

$$X^* = h(X, \gamma) + \eta(2) \quad (2.10)$$

Finalmente, a escolha é definida em função das utilidades X e X^* , de forma semelhante aos modelos tradicionais, a função de probabilidade dependerá da hipótese de distribuição dos erros envolvidos que compõe as utilidades. A equação 2.11 demonstra o processo de escolha a partir da maximização da utilidade (Ben-Akiva et al., 1999).

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{se } U_i = \max\{U_j\} \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases} \quad (2.11)$$

2.3 Teoria do Comportamento Planejado

O estudo do comportamento humano envolve grande complexidade de fatores e insere-se num espectro que oscila entre o efeito dos processos fisiológicos e cognitivos de cada indivíduo num extremo e a influência das instituições sociais sobre as percepções individuais no outro. O seu trabalho insere-se num contexto intermediário entre esses extremos e passa pela compreensão de que o comportamento dos indivíduos é sensível à interpretação das informações disponíveis e da avaliação das consequências que esse comportamento provocará (AJZEN, 1991).

A Teoria do Comportamento Planejado postula que a intenção é o principal elemento preditor do comportamento. Essa intenção, por sua vez, é função de três elementos que atuam sobre os indivíduos através dos seus mecanismos de processamento de informação (AJZEN, 2011). O primeiro elemento reflete características essencialmente individuais e é representado pelas atitudes, o segundo representa a influência do aspecto social e é representado pelas normas sociais, já o terceiro elemento constitui de aspectos relacionados ao controle sobre o comportamento e é representado pelo controle percebido.

As atitudes, as normas sociais e o controle percebido influenciam a intenção (e consequentemente, o comportamento), através de uma estrutura de relações descrita pela Figura 5.

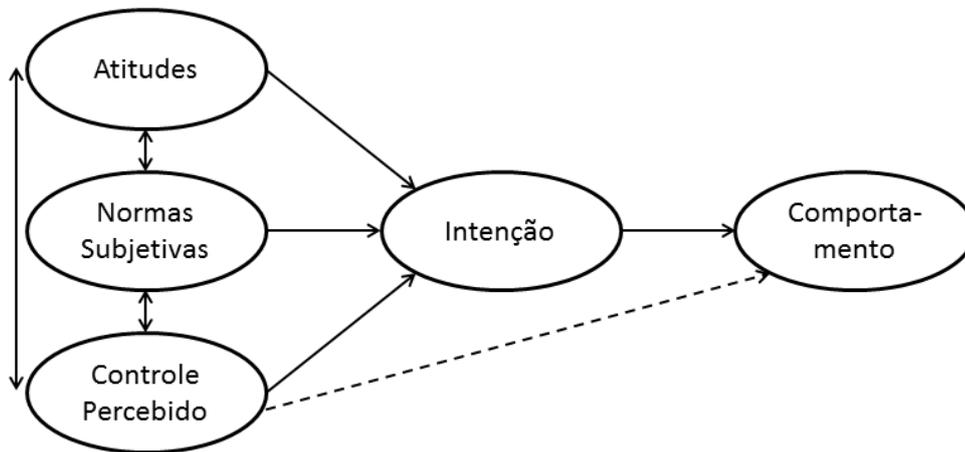


Figura 5 – Teoria do Comportamento Planejado. Fonte: Adaptado de (Ajzen, 1991)

A estrutura apresentada na Figura 5 permite identificar a intenção como determinante imediato do comportamento, sendo, por sua vez, influenciada pelas atitudes, normas sociais e o controle percebido. As setas bidirecionais indicam que a teoria aceita que os três construtos exerçam efeito de moderação entre si. Também pode-se identificar um efeito secundário do controle percebido sobre a intenção, o qual tem como objetivo permitir que a teoria contemple comportamentos que não dependem exclusivamente da vontade (AJZEN, 2002).

Indo além dos três construtos formadores da intenção, a teoria do comportamento planejado estabelece que a fundamentação de tais construtos se dá através das crenças desenvolvidas pelos indivíduos através de suas experiências e percepções (FISHBEIN; AJZEN, 1975). Num conceito amplo, as crenças podem ser definidas como o julgamento feito pelos indivíduos acerca de diferentes aspectos de determinado objeto, como o valor, a moral ou qualquer outro atributo.

Existem diversos mecanismos sobre os quais os indivíduos desenvolvem suas crenças, porém, nem todas elas são acessadas no momento em que se propõe avaliar determinado objeto. Sob o ponto de vista da TCP, interessa apenas as crenças que são manifestadas no momento da apreciação de determinado comportamento, estas podem ser divididas em crenças comportamentais, normativas e de controle, e são responsáveis pela formação das atitudes,

normas subjetivas e o controle percebido, respectivamente (AJZEN, 1991). Os elementos da Teoria do Comportamento Planejado serão apresentados a seguir.

2.3.1 Os elementos da TCP

A intenção pode ser definida como o grau de interesse ou motivação do indivíduo para executar determinado comportamento. Em situações restritas onde o comportamento em questão depende exclusivamente da vontade do indivíduo em exercê-lo torna-se bastante intuitiva a relação entre comportamento e intenção. No entanto, (AJZEN, 2011) destaca que em várias situações o comportamento depende de fatores alheios à vontade do indivíduo, esses fatores são discriminados em oportunidade e a disponibilidade de recursos (tempo, dinheiro, habilidades etc.). A conjunção desses três fatos (intenção, oportunidade e recursos) resulta no controle real do indivíduo sobre o comportamento. A atitude de um indivíduo se refere à sua disposição de responder favorável ou desfavoravelmente a um determinado objeto, o qual pode ser uma pessoa, uma situação, instituições etc. Possui, portanto, um caráter avaliativo no sentido de que expressa uma resposta positiva ou negativa. De acordo com Ajzen (2011), a variável atitude pode se manifestar segundo três aspectos ou categorias de resposta: o aspecto cognitivo, o aspecto afetivo e o aspecto comportamental ou conativo.

O aspecto cognitivo se refere às percepções e pensamentos que contribuem para a formação de uma opinião sobre o objeto que a atitude busca descrever. O aspecto afetivo está relacionado às emoções que o objeto desperta no indivíduo, sentimentos como admiração e apreciação estariam relacionados à uma atitude positiva, já sentimentos como nojo e desprezo estariam relacionados à uma atitude negativa sob o ponto de vista afetivo. Já o terceiro e último aspecto busca refletir o comportamento do indivíduo em relação ao objeto, por exemplo, uma pessoa que afirma evitar utilizar o transporte público sempre que possível possui uma atitude negativa sob o aspecto conativo com relação a esse modo de transporte. Segundo (FISHBEIN; AJZEN, 1975), é necessário que as três dimensões sejam contempladas para que seja possível capturar o aspecto da atitude com precisão.

As atitudes estão relacionadas com a avaliação positiva ou negativa dos resultados de empregar determinado comportamento. Considerando a força ou importância b das crenças manifestas em torno do comportamento e a avaliação e de cada atributo descrito pelas crenças, pode-se definir as atitudes como sendo proporcional à soma do produto de b e e para cada crença manifesta, conforme a equação:

$$ATT \propto \sum b_i e_i \quad (2.12)$$

As normas subjetivas, ou normas sociais, estão relacionadas às crenças de um indivíduo acerca da opinião de terceiros (amigos, parentes, cônjuges, colegas de trabalho etc.), sobre a realização de determinado comportamento. O entendimento é que as pessoas sofrem pressão

social de grupos próximos ao seu convívio ou dos quais tem como referência, de forma que seu comportamento é influenciado pelas expectativas ou opiniões dessas pessoas. De acordo com [Cialdini, Reno e Kallgren \(1990\)](#), há dois tipos ou subgrupos de normas subjetivas: são as normas descritivas e injuntivas. As normas descritivas se referem ao que é comumente praticado, o que é considerado ‘normal’. Já as normas injuntivas se referem à percepção de aprovação ou reprovação de determinado comportamento em um contexto social.

De forma similar às atitudes, se considerarmos a força n das crenças normativas e a motivação m do indivíduo em agir de acordo com a influência de terceiros, pode-se definir as normas subjetivas como sendo proporcionais a soma do produto nm para cada crença manifesta, conforme:

$$SN \propto \sum n_i m_i \quad (2.13)$$

O controle percebido está relacionado à percepção do indivíduo e do quanto ele se julga capaz de adotar determinado comportamento. A inclusão de uma variável que considere o controle do indivíduo sobre suas ações permitiu à TCP estudar comportamentos que não dependem exclusivamente da vontade do indivíduo. Restrições como a habilidade, orçamento, tempo e outros recursos podem se apresentar como elementos que dificultam, ou facilitam, ao indivíduo agir conforme suas intenções.

Por exemplo, ao considerar a intenção de um funcionário de chegar mais cedo ao trabalho, podemos observar que o mesmo se preparou para sair mais cedo, considerou o melhor itinerário e escolheu o modo de transporte mais rápido de forma que se sentisse confiante em atingir o seu objetivo. Porém, situações como um acidente de trânsito, um defeito no veículo ou mesmo a chuva podem impedi-lo de ter sucesso e independem de seu esforço e vontade iniciais.

O exemplo acima permite uma importante diferenciação entre o controle percebido e o controle real, enquanto o primeiro se refere à uma percepção que pode sofrer diversas formas de viés, o segundo está relacionado a real condição ou capacidade de perpetrar a ação. Quando a pessoa se sente preparada ou capaz de realizar determinada ação, ou seja, possui a percepção de controle sobre a situação, ela se sentirá estimulada a agir conforme sua intenção, por isso entende-se que o controle percebido é um influenciador direto da intenção. Agora, caso o controle percebido do indivíduo se aproxime do seu controle real sobre a situação, temos uma variável que pode exercer influência direta sobre o comportamento, conforme ilustrado na figura 5 ([AJZEN, 2002](#)).

$$PBC \propto \sum c_i p_i \quad (2.14)$$

De forma similar às atitudes e normas sociais, o comportamento percebido também pode ser expresso como a soma do produto da força c das crenças de controle pela respectiva percepção do controle para dado comportamento, conforme a equação 2.14.

2.3.2 Propriedades

O comportamento humano é complexo pois há diferentes aspectos sobre os quais é possível definir um comportamento e diferentes níveis de especificação ou detalhamento. Ao levar em consideração as mais variadas situações em que determinado comportamento pode se manifestar, propõe-se a sua definição a partir de quatro elementos: a ação que se busca examinar, o contexto em que ocorre, o objeto ao qual a ação se refere, e o tempo em que acontece. Dessa forma, tanto é possível obter um alto nível de especificidade ao detalhar os quatro elementos do comportamento como pode-se trabalhar com contextos genéricos onde alguns dos elementos podem ser até mesmo omitidos. Por exemplo, um pesquisador pode estar interessado em estudar a intenção de um indivíduo em adotar (ação) o ônibus (objeto) como meio de transporte para ir ao trabalho (contexto) no próximo mês (tempo). Uma forma de generalizar esse comportamento seria analisar apenas a intenção de se adotar o ônibus como meio de transporte.

Essa natureza da aleatoriedade de condições em que o comportamento se manifesta dificulta o estabelecimento dos principais fatores influentes na sua ocorrência. [Fishbein e Ajzen \(1975\)](#) explicam que há um desencontro no fato de que esses fatores influentes (por exemplo, as atitudes), serem teorizados de forma que sejam consistentes com diferentes comportamentos observados em múltiplas situações, quando na verdade se verifica o contrário: há inconsistência não somente entre diferentes situações como também entre diferentes ações que visam representar um mesmo domínio do comportamento. Por exemplo, ao analisar a atitude das pessoas com relação aos idosos, a observação de um indivíduo que se oferece para ajudar um idoso a atravessar a rua pode sugerir uma atitude positiva. No entanto, o mesmo indivíduo, em uma situação diferente pode se recusar a ajudar na travessia, uma análise mais aprofundada poderá revelar que outros fatores influenciaram a decisão deste indivíduo, como por exemplo o fluxo de tráfego naquele momento ou o fato do indivíduo estar apressado, desatento etc. Alternativamente, podemos observar que o indivíduo se dispõe a ajudar os idosos na travessia de vias movimentadas, mas não concorda em dar preferência para os mais velhos em filas e assentos. No primeiro caso observamos uma inconsistência entre situações, no segundo, uma inconsistência entre comportamentos (ajudar na travessia e conceder preferência). A abordagem utilizada pela TCP para mitigar os efeitos dessas inconsistências se sustenta nos princípios da agregação e da compatibilidade ([AJZEN, 2020](#)).

O princípio da agregação sugere que ao agregar múltiplas observações em que um mesmo comportamento é observado, é possível eliminar a ocorrência dos fatores relacionados à especificidade de cada situação. Eliminando a influência desses fatores conflitantes é possível capturar os padrões ou tendências de comportamento que são independentes do contexto em que ocorrem e, portanto, eliminam-se as inconsistências.

Já o princípio da compatibilidade deriva da lógica da agregação estabelecendo que só poderá haver compatibilidade entre os elementos de um construto e o comportamento observado se ambos estiverem definidos num nível similar de agregação ([AJZEN; FISHBEIN, 1977](#)).

Em outras palavras, para a TCP, o nível de agregação do comportamento a ser analisado em termos da ação, contexto, objeto e tempo deverá orientar a formulação da intenção relativa a este comportamento e, conseqüentemente, dos construtos formadores da intenção.

2.3.3 Extensões da TCP

A Teoria do Comportamento Planejado foi desenvolvida como uma extensão da Teoria da Ação Racionalizada (TRA), onde a inclusão do Controle Percebido como variável preditora da intenção possibilitou o estudo de comportamentos que não são dependentes somente da vontade mas também aqueles que são restringidos pela capacidade ou controle do indivíduo sobre sua realização (AJZEN, 1991).

De acordo com Conner e Armitage (1998), há um amplo campo de estudos na literatura sobre a possibilidade de expansão da TCP como forma de aprimorar seu poder explicativo sobre o comportamento humano, os autores discutem uma série de variáveis apontadas como possíveis complementos à TCP, como o hábito e as crenças afetivas, e apresentam dois caminhos de pesquisa para o aprimoramento da teoria. O primeiro envolve a compreensão do efeito das atitudes em situações onde não há oportunidade para deliberação (ou planejamento), sobre esse aspecto do comportamento, sendo necessária uma investigação sobre como as atitudes podem se manifestar espontaneamente. O segundo caminho propõe uma melhor compreensão do papel da intenção sobre o comportamento quando este está relacionado a um objetivo superior (por exemplo, a adoção de uma dieta com o objetivo de perder peso).

Apesar de não se propor a realizar uma revisão sistemática, esse trabalho utilizou como referência diferentes trabalhos envolvendo a aplicação da Teoria do Comportamento Planejado em modelos de escolha modal, a maior parte dos estudos encontrados envolveu a conceituação de uma versão estendida da TCP.

No contexto dos estudos sobre a escolha entre o carro e o transporte público Donald, Cooper e Conchie (2014), trabalham com a TCP expandida por quatro novas variáveis: as normas morais e descritivas, a consciência ambiental e o hábito. Os resultados não só permitiram estabelecer uma comparação do efeito desses fatores psicológicos sobre o comportamento entre os modos como revelaram interações indiretas entre as variáveis latentes (por exemplo, ao constatar que a preocupação com o meio ambiente exercia um efeito negativo sobre o comportamento de dirigir através do hábito).

Em um estudo envolvendo a preferência por modos de transporte coletivos, Chen et al. (2019), analisaram os efeitos da teoria do comportamento planejado complementada por variáveis relacionadas ao Hábito e a percepção de qualidade do serviço e satisfação, os resultados mostraram que a expansão da TCP aprimorou a previsão do comportamento e que o hábito foi o segundo principal preditor após a intenção.

Outro experimento é proposto por Chen e Chao (2011), que utilizam a TCP em composição

com o modelo de aceitação de tecnologias (TAM, na sigla em inglês) e o hábito para avaliar o comportamento de escolha com relação a um sistema de transporte por BRT. A TAM é um corpo teórico que estabelece que a adoção de uma nova tecnologia é determinada pelo benefício ou utilidade que esta oferece e pelo grau de dificuldade em sua operação (DAVIS, 1989). O estudo de Chen e Chao (2011), concluiu que ambas as teorias contribuíram significativamente para a previsão do comportamento de escolha modal de forma a revelar possíveis caminhos de intervenção.

Diante dessas considerações, observa-se que a Teoria do Comportamento Planejado já possui um histórico de aplicação na literatura sobre o uso de fatores psicológicos na escolha modal e também possui grande potencial de ter seu poder de explicação complementado por novas variáveis latentes e até mesmo outras teorias comportamentais.

2.4 Modelagem por Equações Estruturais

O Sistema de Equações Estruturais (SEM), é uma técnica de análise multivariada usada para mensurar relações entre variáveis latentes. A SEM se diferencia por ser capaz de estimar simultaneamente relações múltiplas e relações entre variáveis endógenas e exógenas. Trata-se de um sistema que emprega um amplo repertório de técnicas, tais como a análise de caminho e técnicas de dependência sob a forma da análise fatorial confirmatória e a regressão linear, de maneira que tais técnicas, quando tratadas individualmente, são consideradas casos especiais de SEM (GOLOB, 2003).

Em outra análise, o sistema de Equações Estruturais pode ser compreendido como uma combinação de duas etapas de modelagem. A primeira consiste no modelo de mensuração, que permite a incorporação de variáveis latentes e é responsável por estimar e validar as relações entre essas variáveis e seus respectivos indicadores observados. Já a segunda etapa consiste no modelo estrutural, o qual estima simultaneamente as relações entre variáveis através da especificação de múltiplas equações de regressão inter-relacionadas. Ou seja, enquanto uma equação de regressão tradicional é composta por uma relação onde têm-se uma variável dependente explicada por uma ou mais variáveis independentes, num modelo estrutural podemos encontrar uma variável desempenhando o papel de dependente e independente simultaneamente, conforme ilustrado na Figura 6.

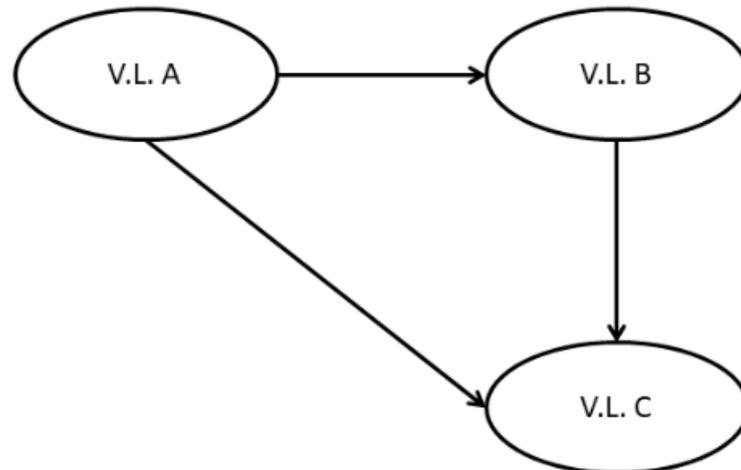


Figura 6 – Variáveis exógenas e endógenas. Fonte: (Hair et al., 2009)

Por se tratar de uma ferramenta destinada a analisar sistemas complexos de relações entre variáveis, os modelos SEM tem como característica imprescindível a necessidade do apoio de um referencial teórico em todas as suas etapas. Dessa forma, no modelo de mensuração a teoria terá o papel de orientar a conceituação dos construtos e sua composição de indicadores. Já no modelo estrutural, os pesquisadores novamente recorrem à teoria para justificar a estrutura de relações de causalidade estabelecidas entre as variáveis. Dessa maneira, o modelo SEM pode ser considerado essencialmente uma técnica de análise confirmatória (GOLOB, 2003).

Apesar de ser capaz de representar relações de causalidade [Nachtigall et al. \(2003\)](#), destacam que a SEM não é um modelo intrinsecamente destinado a interpretar esse tipo de relação. Na prática isso significa que um modelo SEM é capaz de convergir e se ajustar aos dados fornecidos mesmo que as relações especificadas não representem corretamente a natureza da interação entre suas respectivas variáveis. Novamente, o papel da teoria de embasamento torna-se imprescindível para a correta especificação da estrutura de relações.

2.4.1 Modelo de mensuração

Uma das principais funcionalidades da SEM é sua capacidade de incorporar variáveis latentes em sua estrutura. As variáveis latentes são utilizadas para retratar conceitos que possuem uma formulação teórica mas que não podem ser diretamente mensurados ou observados, como por exemplo, a intenção de um indivíduo de consumir determinado produto ou serviço. Para analisar adequadamente uma variável latente, é preciso decompô-la em um conjunto de variáveis observáveis, ou seja, indicadores que possam ser medidos em um processo de pesquisa e que juntos sejam capazes de constituir uma representação do conceito latente. Nos modelos SEM, as variáveis latentes são chamadas de construtos, e sua especificação consiste no modelo de mensuração.

Matematicamente, os modelos de mensuração são definidos como uma série de equações sob a seguinte forma:

$$x_1 = \lambda_{x_1,1}\xi_1 + \delta_1, \quad (2.15)$$

Onde x representa um vetor com n variáveis observáveis, ξ é um vetor com q variáveis latentes de maneira que $q < n$, λ é uma matriz $q \times n$ que representa as relações entre a variável latente ξ e seus indicadores, essas relações também são denominadas cargas fatoriais. Já δ representa um vetor com q componentes que representa o erro de mensuração.

2.4.2 Modelo estrutural

Enquanto os modelos de regressão múltipla tradicionais operam de maneira a estimar os efeitos de duas ou mais variáveis que interagem através de uma única relação de dependência, os modelos SEM são capazes de testar diversas relações simultaneamente. Esse processo se dá através da formulação de uma equação de regressão para cada relação presente no modelo, formando um sistema de equações. Essas equações tratadas simultaneamente se relacionam entre si através da especificação de uma estrutura de relações que consiste no modelo estrutural.

A especificação das relações entre variáveis é um importante elemento dos modelos SEM. Para facilitar a sua especificação e compreensão, é comum a utilização dos chamados diagramas de caminho para representar graficamente tanto a teoria de mensuração como a estrutura de relações, conforme ilustra a Figura 7. Num diagrama de caminhos identificamos as variáveis latentes através de elipses e as variáveis observáveis através de retângulos. As relações entre variáveis são identificadas por setas e são os caminhos que dão nome ao diagrama, onde setas unidirecionais representam uma relação de dependência e as setas bidirecionais representam relações de correlação (HAIR; SANT'ANNA; GOUVÊA, 2009).

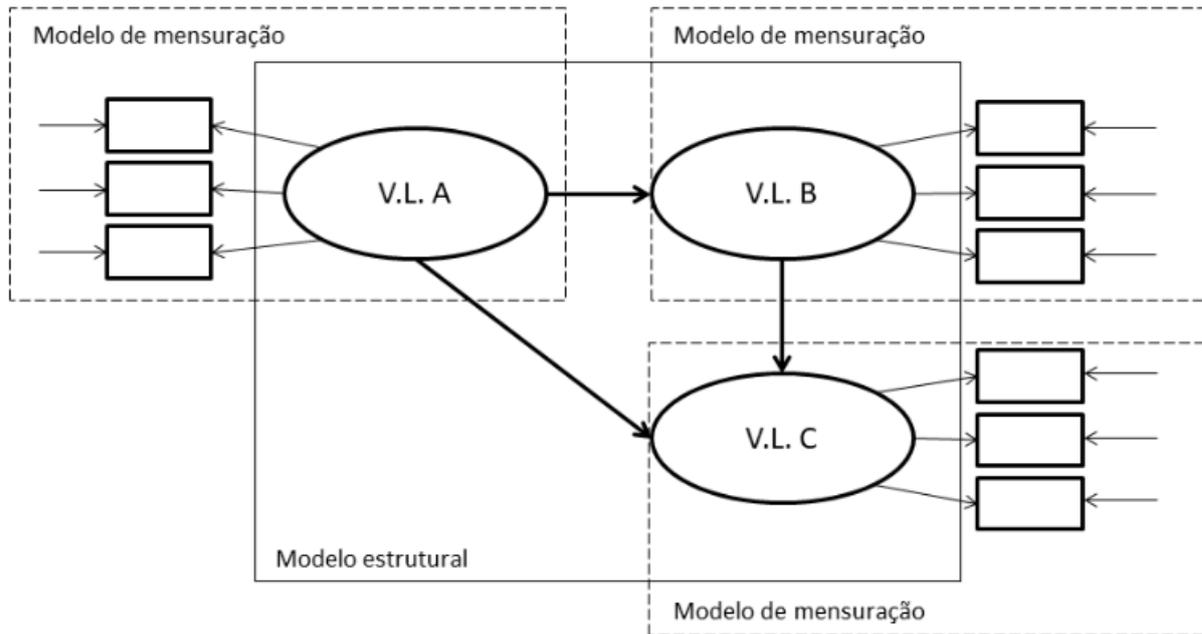


Figura 7 – Exemplo de diagrama de caminhos. Fonte: adaptado de (Hair et al. 2009)

Uma vez definido o diagrama de caminhos, todas as relações propostas pelo pesquisador são identificadas em termos de covariância entre as variáveis, resultando num sistema de equações que pode ser resolvido a partir dos dados da amostra, essa técnica é conhecida como análise de estruturas de covariância (HAIR; SANT'ANNA; GOUVÊA, 2009). Portanto, o modelo recebe como dados de entrada a matriz de covariância das variáveis observadas na amostra (S) e tem como saída uma matriz de covariância estimada (Σ). A diferença entre as matrizes S e Σ fornecem a principal pista do ajuste do modelo, conforme veremos adiante.

Quanto à técnica de estimação, isto é, o protocolo matemático utilizado para estimar os parâmetros da análise de estruturas de covariância, diversas opções estão disponíveis para o pesquisador, e sua escolha dependerá de informações como a natureza dos dados, a complexidade do modelo e o tamanho da amostra (GOLOB, 2003). As principais técnicas de estimação são a Máxima Verossimilhança (MLE), Mínimos Quadrados Ponderados (WLS) e Mínimos Quadrados Generalizados (GLS), sendo a primeira a mais comumente utilizada (HAIR; SANT'ANNA; GOUVÊA, 2009; GOLOB, 2003).

2.4.3 Tratamento dos dados

O MLE é considerado o método de estimação mais popular, sendo adotado como por muitos softwares SEM. Sua abordagem de estimação busca maximizar a probabilidade de S ser obtida a partir de uma população na qual Σ também é válida, essa probabilidade é calculada através de uma função de verossimilhança dada pela equação 2.16. A técnica da máxima verossimilhança

tem como hipóteses de que os dados são contínuos e normalmente distribuídos, sendo capazes de produzirem resultados consistentes desde que essas condições sejam atendidas.

$$\log L = -\frac{1}{2} (N - 1) \{ \log |\Sigma(\theta)| + \text{tr} [S\Sigma(\theta^{-1})] \} + c, \quad (2.16)$$

Onde L é a função de verossimilhança, N é o tamanho da amostra, θ é o vetor dos parâmetros $\Sigma(\theta)$ é a matriz de covariância estimada pelo modelo, tr é o traço da matriz e c é uma constante. A maximização do $\log L$ é equivalente a minimizar a função de ajuste do MLE:

$$F_{ML} = \log |\Sigma(\Theta)| - \log |S| + \text{tr} [S\Sigma(\Theta^{-1})] - p, \quad (2.17)$$

Onde F_{ML} é a função de ajuste do MLE e p é o número de variáveis observáveis.

No entanto, em estudos envolvendo variáveis latentes é comum que os indicadores sejam formulados sob a forma de escalas numéricas como a de Likert e Verplanken (CITAJOSHI et al, verplanken), levantando a questão sobre a importância de métodos de estimação específicos para dados categóricos e/ou ordinais. Muitos autores dedicam-se a comparar a performance desses métodos em aplicações envolvendo diferentes estruturas de dados e amostras, enquanto há evidências de que métodos robustos de máxima verossimilhança sejam capazes de tratar dados categóricos em condições específicas, de forma geral os métodos baseados em mínimos quadrados são capazes de produzir melhores resultados em termos de ajuste e viés (MÍNDRILĂ, 2010; RHEMTULLA; Brosseau-Liard; SAVALEI, 2012; BANDALOS, 2014).

O modelo geral baseado em mínimos quadrados é estimado através da minimização da seguinte função:

$$F_{WLS} = [s - \sigma(\Theta)]' W^{-1} [s - \sigma(\Theta)], \quad (2.18)$$

Onde s é um vetor de elementos não redundantes da matriz de covariância observada, $\sigma(\theta)$ é um vetor de elementos não redundantes da matriz do modelo estimado, θ é um vetor de parâmetros ($t \times 1$), W^{-1} é uma matriz ($k \times k$) de pesos onde $k = p(p + 1)/2$ e p é o número de variáveis observadas.

A consolidação da pesquisa envolvendo modelos de equações estruturais e a evolução dos softwares destinados a esta técnica possibilitaram o surgimento de diversas variações das principais técnicas de estimação. As técnicas baseadas em MLE possuem versões robustas que atenuam os efeitos negativos provocados por desvios na condição de normalidade e também permitem a utilização de variáveis categóricas (RHEMTULLA; Brosseau-Liard; SAVALEI, 2012). Variações e versões robustas dos métodos baseados em mínimos quadrados também foram desenvolvidas, como por exemplo o Mínimos Quadrados Ponderados Diagonalmente (DWLS). Há, no entanto, certa carência na literatura de estudos comparativos que atestem a efetividade

de tais técnicas em diferentes contextos de dados e tamanhos amostrais (Schermelleh-Engel; MOOSBRUGGER, 2003).

2.4.4 Ajuste

Após a especificação e estimação dos modelos SEM interessa ao pesquisador investigar se o modelo está bem ajustado, ou seja, se a teoria de mensuração que está sendo testada é capaz de reproduzir a realidade apresentada pelos dados observados. Um dos principais processos empregados na avaliação do ajuste envolve a comparação entre as matrizes de covariância estimada Σ e observada S , de forma que um bom ajuste se dá quando a primeira matriz está dentro da variação amostral da segunda (HAIR; SANT'ANNA; GOUVÊA, 2009). A avaliação do ajuste através da comparação das matrizes de covariância é representada pelo índice χ^2 , além deste, há uma variedade de outros índices disponível aos pesquisadores para avaliação do ajuste, os quais são divididos em índices absolutos, incrementais e de parcimônia.

Os índices de ajuste absolutos fornecem uma medida direta do quanto o modelo especificado é capaz de reproduzir os dados observados, trata-se de uma avaliação que independe de outros modelos, exemplos de índices absolutos são o χ^2 , o *Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA) e o RMSR/SRMR. Os índices incrementais conduzem a uma comparação do ajuste do modelo estimado em relação a um modelo nulo, exemplos de índices incrementais são o *Normative Fit Index* (NFI), *Comparative Fit Index* (CFI) e o *Tucker-Lewis Index* (TLI). Já os índices de parcimônia propõe uma comparação do ajuste de diferentes modelos levando em consideração a sua complexidade (HOOPER; COUGHLAN; MULLEN, 2008). Este trabalho envolverá a aplicação de índices absolutos e incrementais na avaliação do ajuste dos modelos SEM, de forma que uma breve descrição de cada um será apresentada a seguir.

- Qui-quadrado (χ^2)

O teste de χ^2 é uma das principais medidas de ajuste empregada em modelos SEM e está diretamente relacionada à diferença entre as matrizes de covariância observada obtida pela amostra e a matriz de covariância estimada pelo modelo. Nesse caso, um ajuste perfeito seria aquele onde as matrizes são iguais, ou seja, é de interesse do pesquisador minimizar o χ^2 , o qual é medido conforme a equação 2.19.

$$\chi^2 = (N - 1)(S - \Sigma_k), \quad (2.19)$$

Onde S é a matriz de covariância observada e Σ_k é a matriz de covariância estimada pelo modelo SEM, k é número de parâmetros livres e N é o tamanho da amostra.

Uma das vantagens do χ^2 é o fato de ser a única medida de ajuste que pode ser verificada estatisticamente através de um teste-p. Um resultado significativo ($p < 0.05$) confirma a diferença

obtida entre as matrizes de covariância, como o pesquisador está procurando por matrizes semelhantes, o resultado desejado neste teste é um valor-p que não confirme o resultado ($P > 0.05$).

De acordo com Schermelleh-Engel e Moosbrugger (2003), o teste de χ^2 possui algumas limitações. A primeira delas é que o teste se baseia na hipótese de que as variáveis observáveis são normalmente distribuídas, o que não é aplicável a todos os contextos de pesquisa, especialmente aqueles que utilizam variáveis categóricas. A segunda limitação está relacionada à complexidade do modelo, o χ^2 tende a diminuir conforme aumenta o número de parâmetros a estimar e, conseqüentemente, diminui o número de graus de liberdade. Finalmente, a terceira limitação está relacionada à amostra, conforme a equação 2.19 sugere, o resultado do índice tende a aumentar conforme aumenta o número de observações de forma que há o risco de um modelo bem ajustado ser rejeitado devido à influencia de uma amostra maior.

- RMSEA

O índice raiz do erro quadrático médio de aproximação RMSEA faz parte do grupo de índices absolutos e complementa o χ^2 no sentido de que procura minimizar os efeitos negativos do aumento da amostra e do número de parâmetros. O RMSEA é calculado a partir da equação 2.20, para um bom ajuste deseja-se minimizar o valor do RMSEA de forma que um ajuste perfeito se dá com um resultado igual a zero.

$$RMSEA = \sqrt{\frac{(\chi^2 - df_k)}{(N - 1)}} \quad (2.20)$$

- RMSR e SRMR

Os índices da raiz do resíduo quadrático médio (RMSR) e a raiz padronizada do resíduo médio (SRMR) atuam sobre cada termo da matrizes de covariância observada e estimada. Enquanto o RMSR é sensível à escala utilizada nos indicadores, o que pode comprometer sua estimação em modelos onde há diferentes escalas, o SRMR busca eliminar essa limitação através da padronização (HOOPER; COUGHLAN; MULLEN, 2008).

$$RMSR = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^i (s_{ij} - \sigma_{ij})^2}{p(p+1)/2}} \quad (2.21)$$

Onde s_{ij} é um elemento da matriz de covariância observada S ;
 σ_{ij} é um elemento da matriz de covariância estimada Σ ;
 p é o número de variáveis observáveis.

- NFI

O índice NFI é o primeiro dos índices incrementais, trata-se de uma medida que busca ajustar o χ^2 em uma escala de 0 (péssimo ajuste) a 1 (ajuste perfeito).

$$NFI = \frac{(\chi_N^2 - \chi_k^2)}{\chi_N^2} \quad (2.22)$$

De acordo com (beginners), o NFI incorpora as mesmas deficiências do χ^2 com relação ao tamanho da amostra e a complexidade do modelo, para minimizar o efeitos dessas limitações, foi desenvolvido o índice CFI.

- CFI

O índice de ajuste comparativo (CFI) é uma versão ajustada do índice de ajuste normado (NFI) que foi desenvolvida com o objetivo de eliminar a limitação deste com relação a amostras menores. O CFI varia de 0 a 1, onde resultados maiores indicam melhor ajuste.

$$CFI = 1 - \frac{(\chi_k^2 - df_k)}{(\chi_N^2 - df_N)} \quad (2.23)$$

Onde χ_k^2 está associado ao modelo especificado;
 χ_N^2 está associado ao modelo nulo;
 df são os graus de liberdade do modelo.

- TLI

Semelhante ao CFI, o índice de Tucker e Lewis (TLI) também foi desenvolvido no sentido de mitigar as limitações do NFI (Schermelleh-Engel; MOOSBRUGGER, 2003). A diferença deste é que seu cálculo não é normado, ou seja, admite resultados inferiores a 0 e superiores a 1.

$$TLI = \frac{\left[\left(\frac{\chi_N^2}{df_N} \right) - \left(\frac{\chi_k^2}{df_k} \right) \right]}{\left[\left(\frac{\chi_N^2}{df_N} - 1 \right) \right]} \quad (2.24)$$

Para avaliar o ajuste de modelos de equações estruturais, o pesquisador dispõe de uma série de ferramentas as quais são divididas em três tipos, são os índices absolutos, incrementais e de parcimônia. Esses índices envolvem diferentes abordagens e elementos do modelo SEM, de forma que seus resultados podem ser subestimados ou superestimados a depender de fatores como o tamanho da amostra, a complexidade do modelo e a técnica de estimação utilizada (Schermelleh-Engel; MOOSBRUGGER, 2003; XIA; YANG, 2019). Apesar dessas considerações, com o objetivo de orientar a interpretação desses índices são utilizadas as chamadas regras de bolso, as quais fornecem os limites desejados para cada índice aplicado (HU; BENTLER, 1999).

Tabela 1 – Critérios de ajuste

Índice	Bom ajuste	Referência
RMSEA	0.05 a 0.08	(Schumacker e Lomax, 2010)
	< 0.06	(Hu e Bentler, 1999)
	< 0.1	(Hair et al., 2009)
RMSR	< 0.05	(Schumacker e Lomax, 2010)
	<0.08	(Hu e Bentler, 1999)
	-	(Hair et al., 2009)
CFI	> 0.9	(Schumacker e Lomax, 2010)
	> 0.95	(Hu e Bentler, 1999)
	> 0.9	(Hair et al., 2009)
TLI	> 0.9	(Schumacker e Lomax, 2010)
	> 0.95	(Hu e Bentler, 1999)
	> 0.9	(Hair et al., 2009)

A Tabela 1 apresenta alguns dos limites propostos por diferentes autores para os índices que serão utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

2.5 Pesquisa de Preferência Declarada

As pesquisas de preferência declarada (PD) são uma família de técnicas utilizadas para capturar as preferências dos indivíduos ao analisar um problema de escolha hipotético, tendo como objetivo estimar funções de utilidade. De acordo com [Ortúzar e Willumsen \(2011\)](#), as três principais técnicas são a avaliação contingente, a qual tem como principal a estimação da disposição a pagar por um produto, serviço ou benefício; a análise conjunta, onde os respondentes são apresentados a diferentes alternativas e são solicitados a ordená-las de acordo com sua preferência ou avalia-las de acordo com uma escala proposta (por exemplo, de 0 a 10); e a escolha discreta, onde também é apresentado um conjunto de alternativas mas neste caso o respondente deverá escolher apenas uma preferida. Este trabalho envolve a aplicação de uma pesquisa de escolha discreta, por esse motivo, essa apresentação focará esta técnica em especial.

De acordo com [Kroes e Sheldon \(1988\)](#), a coleta de dados para estudos sob demanda na área de transportes foi tradicionalmente realizada através dos métodos de preferência revelada, os quais se baseiam na observação direta do comportamento realizado ou em pesquisas que busquem esse tipo de informação. Já as pesquisas de preferência declarada começaram a ser sugeridas como uma alternativa aos métodos de preferência revelada no final da década de 70, tendo adquirido popularidade apenas cerca de uma década depois. Segundo os autores, as pesquisas baseadas em dados de preferência revelada são preferíveis, mas possuem algumas limitações em relação à preferência declarada, entre as quais:

- Pode ser difícil obter uma variabilidade de dados nas pesquisas de preferência revelada de

forma que seja possível construir um modelo estatístico razoável.

- Em alguns contextos de pesquisa o comportamento observado pode resultar em forte correlação entre uma parcela das variáveis especificadas (por exemplo, tempo e custo), tornando difícil a avaliação da contribuição dos demais atributos das alternativas.
- As pesquisas de preferência revelada não podem ser utilizadas em contextos onde se deseja avaliar uma alternativa nova ou inexistente.
- São menos eficientes na análise de variáveis subjetivas, como aquelas relacionadas ao conforto e segurança.

De acordo com [Hensher \(1994\)](#), um bom experimento de preferência declarada é aquele que possui um conjunto suficientemente detalhado de atributos e problemas de escolha. A elaboração de um procedimento de pesquisa nesse sentido passa por alguns elementos chave, os quais são listados e seguidos e detalhados na sequência.

1. Seleção do conjunto de atributos
2. Métrica para mensuração dos atributos
3. Especificação dos níveis
4. Desenho do experimento (visa garantir ortogonalidade)
5. Elaboração dos conjuntos de tarefas de escolha
6. Definição da metodologia de estimação
7. Aplicação dos resultados a um modelo de escolha

A identificação dos atributos que serão utilizados para caracterizar as alternativas é uma etapa importante pois é a partir destes que os respondentes podem avaliar a atratividade de cada alternativa. Dessa forma, procura-se obter um conjunto de atributos que constitua uma função de utilidade de maneira consistente. De acordo com [Hensher, Barnard e Truong \(1988\)](#) o cuidado quanto ao número de atributos utilizados também é importante, alternativas com um alto número de atributos podem resultar em variáveis altamente correlacionadas, o que prejudica a estimação dos seus efeitos. Além disso, os autores argumentam que o uso de muitos atributos podem dificultar a interpretação por parte dos respondentes, prejudicando a confiabilidade dos resultados.

Quanto à métrica utilizada na definição dos atributos, o pesquisador pode optar por utilizar uma especificação qualitativa ou quantitativa, por exemplo, o tempo de espera pode ser definido em baixo, médio e alto ou pode-se especificar o número de minutos. Naturalmente,

essa escolha estará condicionada ao tipo de atributo que se deseja representar e o número de níveis que serão utilizados, e tem como finalidade facilitar a compreensão por parte dos respondentes (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011). Já o número de níveis utilizados para cada atributo e a amplitude alcançada por estes níveis devem ser especificados de maneira a atentar para a produção de alternativas que sejam viáveis ou realistas com relação ao contexto em que o estudo está situado (HENSHER; BARNARD; TRUONG, 1988). O número de níveis também está diretamente ligado à complexidade do modelo no sentido de que influencia o número de alternativas de escolha possíveis.

Após a completa especificação dos atributos que definem as alternativas o desenho do experimento pode ser estruturado, esta etapa produzirá os conjuntos de problemas de escolha que serão apresentados no questionário da pesquisa de preferência declarada, os quais, são função do número de atributos e dos seus respectivos níveis. Uma abordagem para a elaboração dos conjuntos de escolha chama-se Desenho Fatorial Completo e envolve a utilização de todo o conjunto possível resultante das combinações de atributos e níveis. Essa abordagem é considerada ideal pois permite considerar todas as interações entre os atributos, mas tem como desvantagem o fato de produzir um número demasiadamente grande de alternativas conforme aumenta o número de atributos e níveis (SHEN, 2005). Por exemplo, um experimento que contenha 6 atributos onde cada uma contenha 3 níveis produzirá um total de 729 alternativas possíveis (3^6), tornando inviável a aplicação de um questionário com um número tão grande de proposições.

De acordo com Kroes e Sheldon (1988), na prática de aplicação dos questionários de preferência declarada é ideal que o número de alternativas propostas para cada participante fique dentro do intervalo de 9 a 16 questões. Devido a essa limitação, a aplicação de questionários sob o modelo do Desenho Fatorial Completo fica limitada a sistemas muito simples de alternativas. Para permitir a aplicabilidade de experimentos mais complexos é proposta a abordagem do Desenho Fatorial Fracionado, onde se busca considerar as alternativas que possuem maior significância estatística (SHEN, 2005). Enquanto os modelos construídos a partir do Desenho Fatorial Fracionado tem a vantagem de permitir maior aplicabilidade num contexto de pesquisa, há a desvantagem de que sua capacidade de estimar algumas interações entre os atributos possa ser perdida em favor da estimação dos efeitos diretos desses atributos (SANKO, 2001).

Um elemento importante no processo de estruturação da pesquisa é a garantia da ortogonalidade, a qual está relacionada a estrutura de correlações entre as variáveis que compõe as alternativas. Uma estrutura ortogonal significa que os atributos apresentados aos indivíduos variam de forma independente, portanto, apresentam correlação mínima entre si (SANKO, 2001). Já Hensher (1994) explica que a condição de ortogonalidade pode ser dividida em ortogonalidade dos dados do experimento e ortogonalidade dos dados da estimação, no caso das técnicas de escolha discreta, mesmo que a primeira condição de ortogonalidade seja satisfeita, não há como garantir a segunda condição uma vez que os modelos necessitam dos resultados do experimento para aferir a ortogonalidade. Existem diferentes softwares que auxiliam na elaboração de

experimentos que satisfaçam a condição de ortogonalidade dos dados do experimento, como o SPSS, SAS, Game Generator entre outros (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011; HENSHER, 1994).

A etapa seguinte está relacionada a operacionalização do experimento no processo de coleta de dados. Essa fase consiste na elaboração dos conjuntos de proposições que serão apresentadas aos respondentes, essas proposições consistem nas tarefas em que o respondente é solicitado a ordenar, avaliar ou escolher dentre as alternativas. Quando o conjunto possui um número grande de elementos é possível dividir a amostra em grupos de respondentes, os quais responderão um subconjunto, ou blocos, de questões (HENSHER, 1994).

Dependendo da técnica de preferência declarada aplicada e do nível de agregação da amostra há diferentes métodos de estimação disponíveis onde o tratamento é sempre realizado a nível desagregado, o método de estimação é realizado pelos modelos de escolha discreta, dentre os quais o mais comumente aplicado é o modelo logarítmico multinomial (MNL). A partir da estimação das utilidades e relações entre atributos é possível operar os modelos de maneira a produzir as probabilidades de escolha de cada alternativa e realizar previsões de demanda (HENSHER, 1994).

Os métodos de preferência declarada introduziram uma série de vantagens em relação aos modelos de preferência revelada, dentre as quais se pode destacar a maior flexibilidade com relação aos elementos a serem estimados e o controle sobre o contexto em que a escolha é realizada. Os modelos de preferência declarada também são úteis para avaliar a demanda por bens ou serviços que ainda não estão disponíveis no mercado, permitindo uma maior variedade de aplicações. A principal crítica deste método é que nem sempre as escolhas adotadas pelas pessoas durante a aplicação da pesquisa são consistentes com o comportamento praticado na realidade (KROES; SHELDON, 1988).

Alguns procedimentos empíricos são sugeridos por Kroes e Sheldon (1988), para melhorar a confiabilidade dos resultados das pesquisas de preferência declarada. Segundo o autor, uma das principais preocupações envolvidas nesse tipo de experimento é a elaboração de contextos de escolha que se aproximem ao máximo do contexto vivido pelo público alvo da pesquisa, outra sugestão é o cuidado na elaboração de um questionário onde as informações sobre o problema de escolha sejam facilmente interpretadas pelos entrevistados. Já Hensher, Barnard e Truong (1988) mencionam que a aplicação de conjuntos personalizados ao contexto de determinados grupos de respondentes pode facilitar a interpretação e qualidade das respostas.

3 Dados

Esse trabalho está inserido em um projeto do Laboratório de Sistemas de Transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o qual desenvolveu uma pesquisa de preferência declarada tendo como público alvo residentes da cidade de Porto Alegre e sua região metropolitana. A etapa de coleta de dados ocorreu entre os anos de 2019 e 2020 e a pesquisa foi aplicada em um formato de formulário online (ver Anexo A).

A estrutura do questionário foi dividida em três blocos. O primeiro se destina a coletar informações sociodemográficas com o objetivo de estabelecer uma caracterização dos indivíduos e também das residências. Para a caracterização do indivíduo foram coletadas informações como a idade, gênero, escolaridade e profissão. Já a caracterização da residência envolveu a coleta de informações como renda familiar, o número de veículos (carros e motos) e número de moradores (discriminando entre crianças e adolescentes).

O segundo bloco foi dividido em duas partes, a primeira solicita que o respondente descreva a viagem que realizou com mais frequência na cidade de Porto Alegre no mês anterior, foram coletadas informações sobre a origem e destino, horários de saída e chegada, motivo da viagem e modo utilizado, além de informações específicas sobre este último, como tempos e custos envolvidos. A segunda parte consiste na aplicação de uma pesquisa de preferência declarada, a qual será descrita em maior detalhe a seguir.

Já o terceiro bloco consistiu na coleta de dados referentes aos fatores comportamentais baseados na Teoria do Comportamento Planejado. Dessa forma, foram estruturadas perguntas com o objetivo de compor os indicadores das atitudes, normas sociais, controle percebido e a intenção. O detalhamento da operacionalização das variáveis latentes será apresentado mais a frente.

3.1 Área de estudo

A cidade de Porto Alegre é a capital do estado do Rio Grande do Sul e possui uma população estimada de 1.488.252 habitantes (IBGE, 2020), e constitui uma região metropolitana composta por 34 municípios que somam mais de 4 milhões e 300 mil habitantes.

Sobre a mobilidade, a cidade possui como sistemas públicos coletivos de transporte o ônibus, o trem e o catamarã para o transporte metropolitano e o ônibus e a lotação para o transporte municipal. O sistema de ônibus urbanos possui cinco operadores que administram 340 linhas e uma frota de 1627 veículos (ALEGRE, 2018). Os últimos dados sobre a divisão modal da cidade são de uma pesquisa de origem e destino realizada no ano de 2003, e indicam que o transporte público representava cerca de 44% das viagens realizadas, seguida pelo transporte

individual com 25% das viagens, já os modos ativos representam 29% das viagens realizadas (ALEGRE, 2004). O principal motivo para a realização das viagens é o trabalho (40%), seguido das atividades relacionadas à educação (27%) e o comércio/serviços com 18% das viagens.

No entanto, nesse período a cidade passou por grandes transformações nos padrões de deslocamento, o sistema de transporte coletivo (ônibus e lotação) registrou uma queda de 10% no número de passageiros transportados entre 2003 e 2017, sendo que a redução do número de passageiros pagantes foi ainda maior: 27% no mesmo período (ALEGRE, 2018). A falta de integração com os sistemas metropolitanos e priorização nas vias são apontadas como elementos que diminuem a atratividade do serviço.

O aumento da taxa de motorização é uma tendência vivenciada em todas as regiões brasileiras e é responsável por profundas transformações no comportamento de viagens e nas condições de mobilidade (Observatório das Metrôpoles, 2019). Em Porto Alegre há o registro de 576.800 automóveis e 99.720 motos em circulação (DETRAN-RS, 2021). No período entre 2007 e 2017 houve um aumento de 40% na frota de veículos motorizados na cidade (ALEGRE, 2018).

A operação dos serviços de transporte por aplicativo é um fenômeno ainda pouco estudado, especialmente por pesquisas de grande porte como a pesquisa O/D. Em um estudo sobre o comportamento de viagem dos usuários desses serviços, Bigolin e Larrañaga (2020), observaram que 62% dos entrevistados relataram terem reduzido o uso do transporte coletivo após a adoção dos serviços por aplicativo, seus resultados permitem sugerir que há um efeito de transferência modal especialmente no caso das viagens de última milha e aquelas à integração com o transporte metropolitano.

3.2 Preferência declarada

A pesquisa de preferência declarada foi estruturada com o objetivo de estimar a percepção de utilidade dos indivíduos com relação a seis alternativas de modos de transporte, sendo que cinco delas são modos já existentes na cidade de Porto Alegre e uma se propõe a analisar um modo de transporte hipotético. Antes da proposição dos problemas de escolha foram disponibilizadas informações sobre cada um dos modos aos entrevistados.

Os modos existentes são: o ônibus regular, o qual opera com itinerários fixos e diferentes modelos de veículos a depender da linha e da operadora; a lotação, serviço que complementa o ônibus regular e opera com itinerário fixo e micro-ônibus equipados com ar-condicionado; táxi, automóvel por aplicativo e o automóvel particular, sendo que esta última alternativa só deve estar disponível para aqueles que possuem pelo menos um veículo em suas residências.

Já o modo hipotético é definido como um sistema de transporte público sob demanda e denominado "transporte flexível", é caracterizado pela oferta de micro-ônibus equipados com ar-condicionado e wi-fi. Já o serviço é acionado por um aplicativo de celular que oferece viagens

em tempo real, assinalando pontos de embarque e desembarque próximos as localizações de origem e destino fornecidas pelo usuário, assim como o tempo previsto para a viagem.

Quanto aos atributos, foram especificados conjuntos variáveis a depender das alternativas, os modos coletivos (ônibus, lotação e transporte flexível), foram caracterizados por sete atributos: custo, distância de caminhada, tempo de atraso, tempo no veículo, tempo total, frequência e clima. Para o táxi e o automóvel por aplicativo foram especificados cinco atributos: custo, tempo de atraso, tempo no veículo, tempo total e clima. Por fim, o automóvel particular foi caracterizado por três atributos: custo, tempo no veículo e tempo total. Todos os atributos foram descritos de forma quantitativa, com os custos expressos em R\$, o tempos relativos à viagem foram em minutos, a distância de caminhada foi expressa de acordo com o número de quadras e a frequência foi expressa de acordo com o tempo entre viagens, também em minutos. Os atributos que caracterizam as alternativas de transporte considerados são usualmente utilizados em estudos de escolha modal (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011), e foram especificados com 3 níveis. O atributo clima foi especificado com 2 níveis. A Figura 8 apresenta um exemplo do cartão ilustrado contendo uma situação de escolha apresentada aos respondentes.

Clima	Está ensolarado			Está ensolarado		
	A	B	C	D	E	F
	Ônibus	Lotação	Transporte Flexível	Táxi	Automóvel por aplicativo	Automóvel próprio
						
Custo	R\$ 4,00	R\$ 5,00	R\$ 5,00	R\$ 15,00	R\$ 12,00	R\$ 3,00 + estacionamento
Caminhada	2 quadras	5 quadras	1 quadra			
Embarcou conforme informado?	sim	6 min depois	6 min depois	sim	sim	
Tempo no veículo	13 min	17 min	14 min	12 min	12 min	12 min
Tempo Total	15 min	28 min	21 min	12 min	12 min	12 min
Frequência	a cada 15 min	a cada 5 min	a cada 15 min			

Figura 8 – Exemplo de cartão utilizado na pesquisa. Fonte: elaborado pelo autor

Tendo como objetivo propor um experimento realista e que se aproximasse ao contexto dos moradores de Porto Alegre, os conjuntos de problemas de escolha foram divididos em blocos de acordo com as informações da viagem descrita na etapa anterior à preferência declarada. A partir dos dados de origem e destino fornecidos foi calculada a distância percorrida nas viagens de rotina dos respondentes, já o horário de saída identificou se a viagem foi realizada no horário pico ou fora dele. Dessa forma, foram definidos oito blocos de cartões classificados de acordo com o horário e a distância percorrida, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Conjuntos de alternativas

Bloco	Horário de pico	Distância (km)
A	Sim	Até 4 km
B	Não	Até 4 km
C	Sim	4km - 8km
D	Não	4km - 8km
E	Sim	8km - 12km
F	Não	8km - 12km
G	Sim	Maior que 12km
H	Não	Maior que 12km

3.3 Caracterização da amostra

A aplicação do questionário resultou num total de 312 participantes, dos quais 47,76% são do sexo masculino e 52,24% são do sexo feminino. O detalhamento das características socioeconômicas e das viagens descritas pelos respondentes será apresentado a seguir.

A Figura 9 apresenta a caracterização da amostra de acordo com a idade e gênero. A maior parte dos entrevistados (52,24%) declarou ser do gênero feminino. A divisão por gênero está razoavelmente bem distribuída ao longo das faixas de idade com exceção da primeira (18 a 23 anos) e a última faixa (acima de 63 anos), onde houve uma participação ligeiramente maior de mulheres. Quanto à idade, mais de um terço da amostra pertence à faixa entre 24 e 33 anos (35,90%).

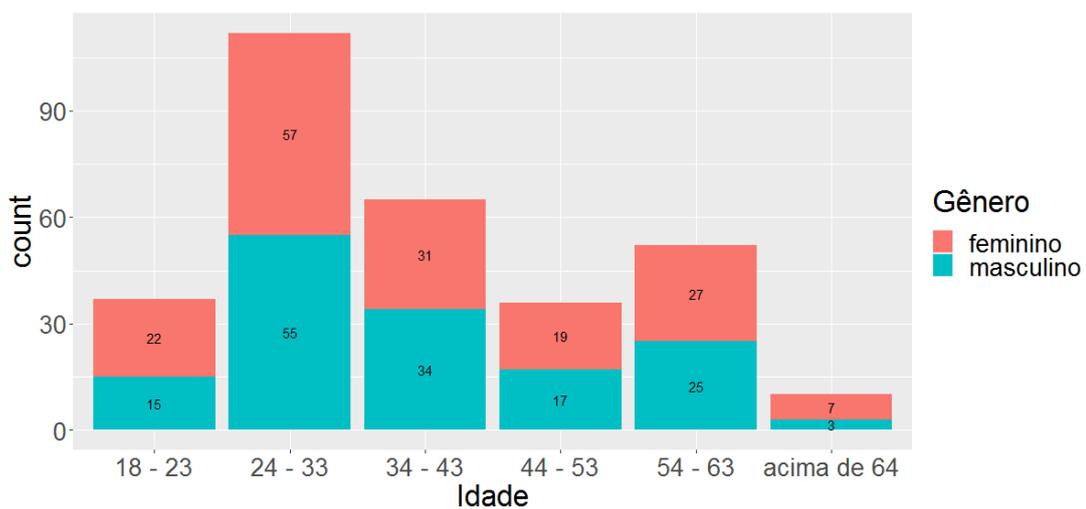


Figura 9 – Perfil da amostra por idade e gênero. Fonte: elaborado pelo autor

O detalhamento sobre o nível de escolaridade revela que a pesquisa online atingiu um público restrito. Embora tenham sido especificadas seis níveis de escolaridade, a análise dos

resultados revelou que 97,43% dos participantes possuem nível superior completo, sendo que a principal faixa é a dos que possuem pós-graduação conforme mostra a Figura 10.

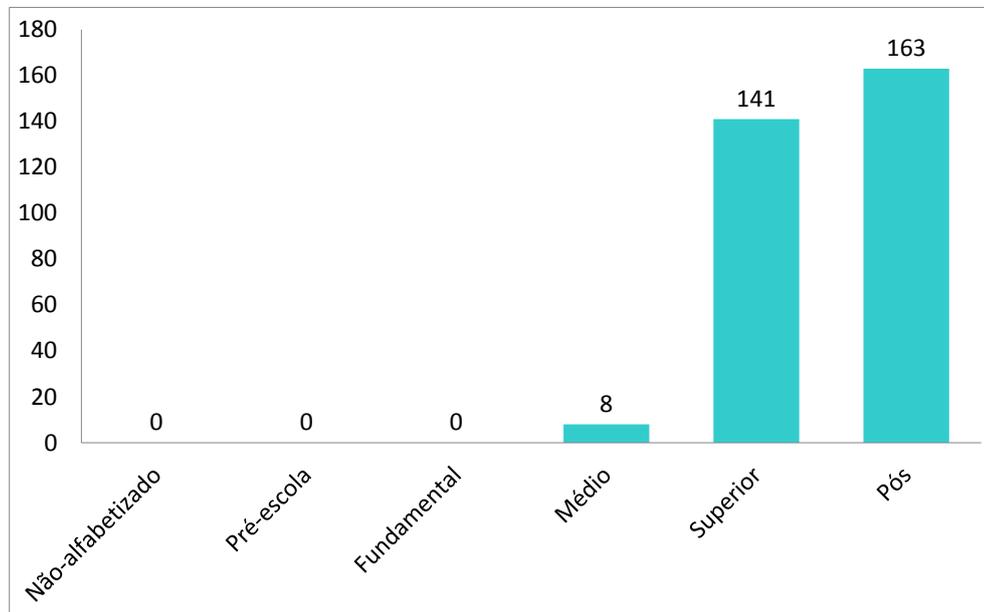


Figura 10 – Nível de escolaridade da amostra. Fonte: elaborado pelo autor

O alto nível de escolaridade parece refletir nas condições de renda e a posse de automóvel nas residências, observou-se que a amostra apresentou um perfil de renda relativamente alto, onde 75,64% dos entrevistados afirmou possuir renda familiar superior a R\$ 5.301,00. Já os que declararam renda superior a R\$ 17.301,00 totalizam 19,23% da amostra, ao passo que apenas 3,53% declararam renda inferior a R\$ 1.800,00.

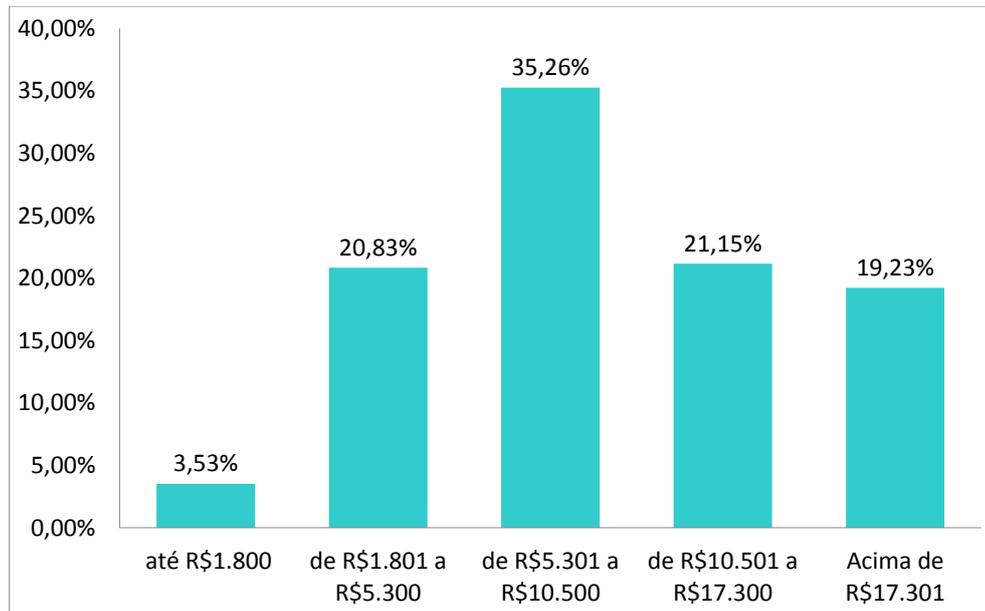


Figura 11 – Perfil da renda domiciliar da amostra. Fonte: elaborado pelo autor

Esses dados se refletem também na posse de automóveis nas residências, onde 78,53% delas afirmam possuir pelo menos um veículo à disposição.

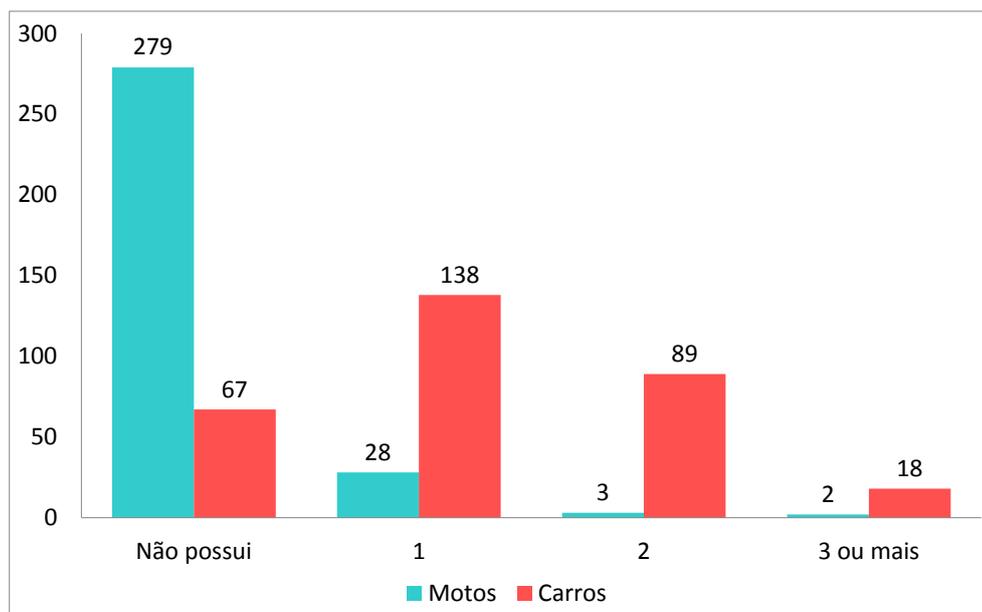


Figura 12 – Posse de automóvel nas residências da amostra. Fonte: elaborado pelo autor

A análise do perfil sociodemográfico da cidade de Porto Alegre mostra que apenas 20% dos habitantes possui o ensino superior completo (SEBRAE, 2019), esse perfil sugere um viés da amostra com relação ao nível de escolaridade. Por outro lado, o perfil de gênero, idade e renda está mais alinhado com a população e também as informações referentes à divisão modal conforme será apresentado a seguir.

Após a coleta das informações sociodemográficas foram apresentadas questões sobre a viagem realizada com mais frequência na cidade de Porto Alegre. Dentre as viagens reportadas, a maior parte (49%), descreveu percursos de até 4 km e 68% do total ocorreu no horário de pico. A Figura 13 apresenta a divisão modal da amostra de acordo com a viagem descrita pelos respondentes.

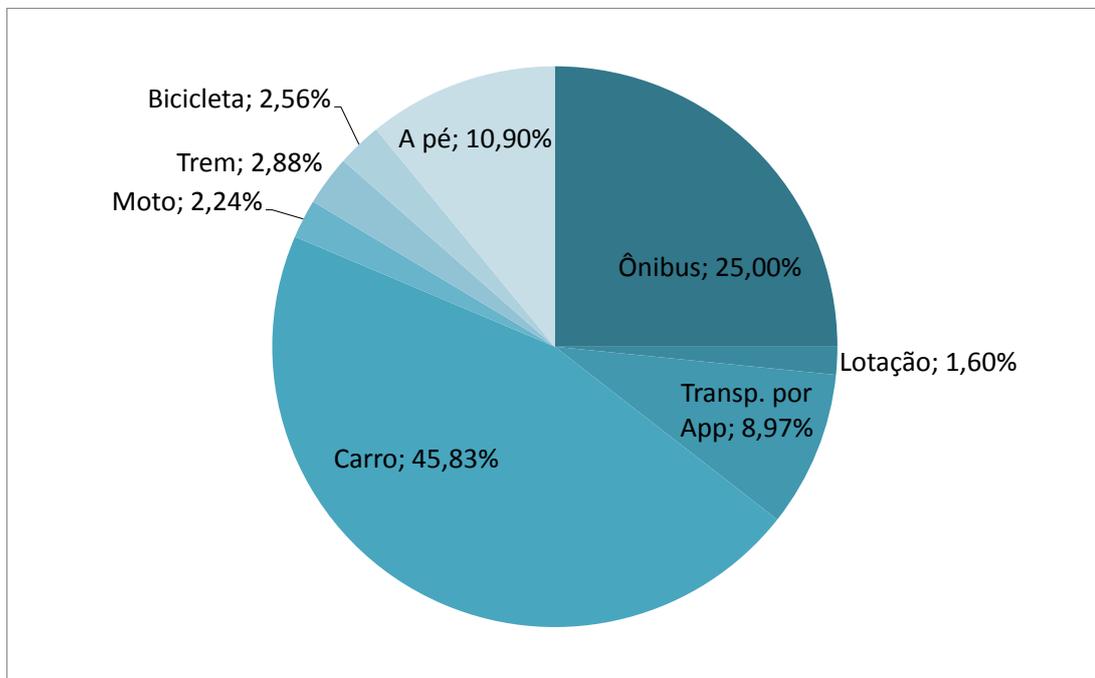


Figura 13 – Divisão modal da amostra. Fonte: elaborado pelo autor

Como podemos ver, a maior parte dos deslocamentos é realizada através dos modos individuais (57,05%), destes, o automóvel particular é o modo mais utilizado, representando 45,83% do total. Os modos coletivos representam 29,49% das viagens, onde o ônibus lidera representando 25,00% delas. Já os modos ativos completam a divisão modal com uma participação de 13,46%, onde os deslocamentos a pé são maioria (10,90%).

Ao analisarmos a atividade desempenhada percebe-se que o trabalho é o principal motivo

das viagens declaradas, representando 62,18% da amostra. Em segundo lugar estão as viagens destinadas às atividades relacionadas à educação (17,31%) seguidas pelas viagens destinadas ao lazer (7,37%). Os demais motivos representam um total de 13,14%. O gráfico da Figura 14 permite observar a divisão das viagens por motivo e gênero, nele, é interessante notar que enquanto as viagens a trabalho são majoritariamente representadas pelo gênero masculino, as viagens relacionadas aos demais motivos são realizadas principalmente pelo gênero feminino.

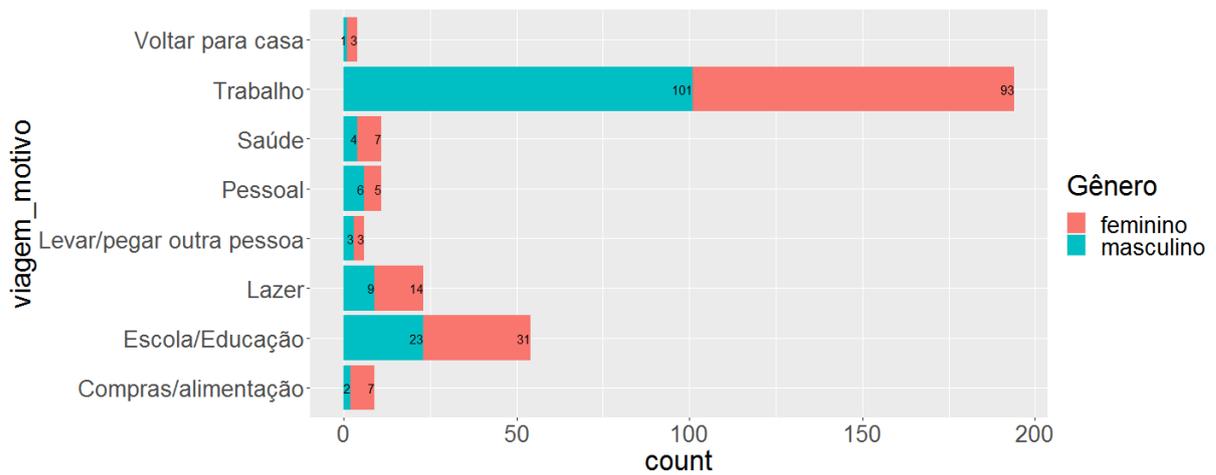


Figura 14 – Divisão das viagens por atividade e gênero. Fonte: elaborado pelo autor

4 Procedimentos Metodológicos

Essa pesquisa foi estruturada em três etapas principais: (i) o tratamento dos dados obtidos dos procedimentos descritos anteriormente, (ii) a conceituação dos fatores psicológicos e sua operacionalização utilizando a modelagem por equações estruturais, (iii) a estimação do modelo discreto e do modelo híbrido de escolha de acordo com a abordagem sequencial. A última seção apresenta as ferramentas utilizadas para o cumprimento desta metodologia.

4.1 Fatores Psicológicos

A etapa de estimação das variáveis psicológicas consistirá na aplicação de um modelo SEM sustentado pela TCP. Os fundamentos da SEM foram apresentados anteriormente, o procedimento metodológico desta etapa consistiram na especificação dos fatores psicológicos e estruturação dos modelos.

4.1.1 Especificação dos fatores psicológicos

Essa pesquisa dedicou-se a explorar o aspecto comportamental em estudos sob demanda utilizando a Teoria do Comportamento Planejado. O comportamento em estudo é o uso do transporte público de forma que seu determinante imediato é a intenção de utilizar o transporte público. Além da intenção, especificou-se três variáveis para representar a Atitude (ATT), uma para as Normas Subjetivas (SN) e uma para o Controle Percebido (PBC).

Cada variável latente foi representada por três a quatro indicadores, todos eles definidos segundo escalas de Likert de cinco pontos. Dessa forma, os respondentes eram solicitados a avaliar as proposições de forma que o valor 1 correspondia a total discordância e o 5 a total concordância com relação ao tema proposto. Uma descrição dos indicadores é apresentada na Tabela 3.

A intenção de utilizar o transporte público foi composta por três indicadores, os quais visavam capturar a disposição do indivíduo em planejar seus próximos deslocamentos de maneira a priorizar os modos coletivos em detrimento dos modos individuais. Como variáveis preditoras da intenção foram definidos o Controle Percebido (PBC), as Normas Subjetivas (SN) e três variáveis relacionadas à atitude (ATT)

Tabela 3 – Variáveis Observadas

Item	Descrição	Var. Latente
att1	Ter conectividade Wi-Fi e / ou 3G / 4G é essencial para mim	ATT_TEC
att2	Se locomover ficou muito mais fácil com o uso do meu smartphone	ATT_TEC
att3	Aprender a usar novas tecnologias é muitas vezes complicado	ATT_TEC
att4	Sempre que possível, prefiro usar transporte público do que outros modos de transporte	ATT_TP
att5	Eu gosto de usar transporte público	ATT_TP
att6	Preciso do transporte público para realizar minhas atividades diárias	ATT_TP
att7	Me sinto seguro quando me desloco em um automóvel	ATT_AUTO
att8	Preciso de automóvel para realizar minhas atividades diárias	ATT_AUTO
att9	Eu definitivamente quero ter um automóvel	ATT_AUTO
sn1	Pessoas importantes na minha vida pensam que devo usar transporte público	SN
sn2	Meus colegas aprovam o uso de transporte público	SN
sn3	Familiares, amigos e colegas usam transporte público	SN
sn4	Familiares, amigos e colegas usam aplicativos de transporte	SN
pbc1	É fácil para mim usar transporte público	PBC
pbc2	É possível para mim usar transporte público se quisesse	PBC
pbc3	É difícil para mim usar aplicativos de transporte	PBC
int1	Pretendo usar transporte público no futuro próximo	INT
int2	Pretendo evitar modos de transporte individual no futuro próximo	INT
int3	Estou planejando usar mais o transporte público no futuro próximo	INT

Para definir a influência das atitudes sobre a intenção de usar o transporte público, três variáveis latentes foram concebidos. Dois deles buscam capturar as percepções dos indivíduos com relação ao modo transporte, sendo um voltado para o transporte público coletivo e outro ao transporte privado individual. Uma terceira variável atitude foi especificada com o objetivo de capturar as percepções dos indivíduos sobre o uso e a aceitação de tecnologias móveis. Cada uma das variáveis relacionadas as atitudes foram estimadas a partir de três indicadores observados.

As normas sociais buscaram capturar a influência externa percebida pelos indivíduos com relação ao uso do transporte público e aplicativos de transporte, foram utilizados três indicadores para o primeiro e um indicador para o segundo. Similarmente, o Controle Percebido foi construído a partir de dois indicadores voltados para o transporte público e um indicador para o uso de aplicativos de transporte.

A Tabela 4 apresenta os resultados das observações de cada indicador.

Tabela 4 – Distribuição das respostas aos fatores psicológicos

Item	Discordo totalmente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente
att1	14%	12%	17%	20%	37%
att2	2%	5%	10%	18%	65%
att3	32%	36%	18%	11%	2%
att4	20%	24%	24%	13%	19%
att5	26%	21%	26%	17%	10%
att6	45%	17%	9%	9%	20%
att7	3%	6%	25%	43%	24%
att8	27%	18%	19%	16%	21%
att9	17%	16%	16%	13%	38%
sn1	32%	27%	24%	10%	7%
sn2	9%	17%	35%	24%	16%
sn3	7%	17%	30%	29%	16%
sn4	1%	2%	10%	33%	54%
pbc1	15%	15%	20%	29%	21%
pbc2	5%	12%	11%	31%	40%
pbc3	61%	20%	11%	5%	4%
int1	15%	16%	26%	19%	23%
int2	23%	25%	21%	19%	13%
int3	20%	19%	27%	18%	15%

Após o emprego da análise fatorial confirmatória o primeiro passo na avaliação do modelo foi a verificação da confiabilidade e a validade das variáveis latentes. A confiabilidade reflete a consistência interna dos seus indicadores e pode ser analisada a partir do índice Alfa de Cronbach, onde valores acima de 0,6 podem ser considerados aceitáveis, sendo considerados ideais os resultados acima de 0,7 (HAIR; SANT'ANNA; GOUVÊA, 2009).

4.1.2 Estruturação dos modelos

Uma vez especificados as variáveis latentes o processo de pesquisa pode avançar para a sua operacionalização através da especificação de um modelo de mensuração. Este tem como objetivo validar a teoria de mensuração estipulada no momento da definição dos construtos. A Análise Fatorial Confirmatória é a técnica utilizada nesta etapa para testar a influência de cada indicador sobre o construto correspondente e garantir as condições de identificação e unidimensionalidade do modelo. Como métricas de avaliação do modelo de mensuração foram utilizados os índices de validade baseados no Alfa de Cronbach, a análise da correlação das variáveis latentes a partir da variância extraída e as cargas fatoriais.

Após a validação do modelo de medida um modelo estrutural foi especificado de maneira a reproduzir as relações entre as variáveis latentes. Este experimento baseia-se na estrutura de relações proposta pela Teoria do Comportamento Planejado de forma que as variáveis Atitude,

Normas Subjetivas e o Comportamento Percebido foram especificadas como variáveis exógenas e a Intenção foi especificada como uma variável endógena, conforme a Figura 5.

Baseando-se na Teoria do Comportamento Planejado, o modelo que servirá de base para as demais especificações é apresentado na Figura 15.

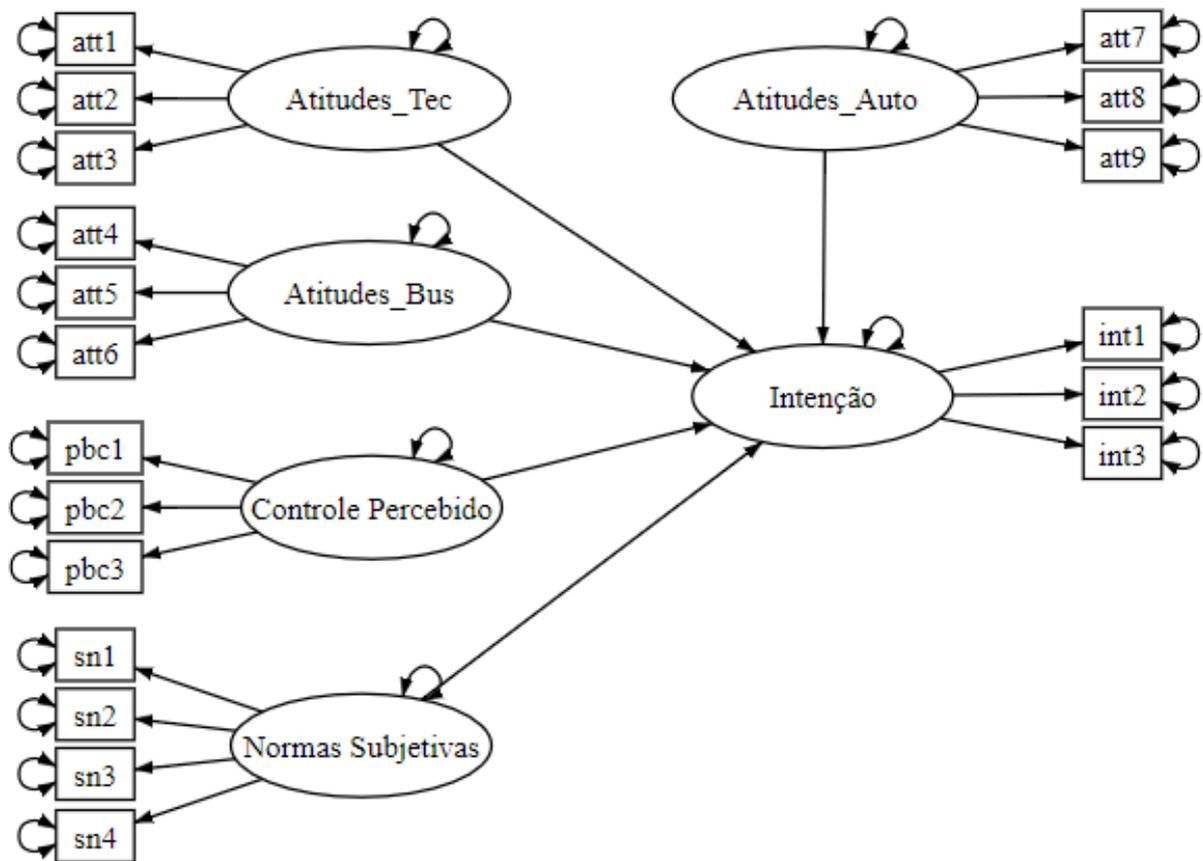


Figura 15 – Modelo estrutural proposto. Fonte: elaborado pelo autor

Especificou-se, portanto, que a intenção é explicada por uma composição de variáveis relacionadas à atitude mais o controle percebido e as normas subjetivas. As setas curvas apontando em cada variável representam os erros de estimação. As seguintes hipóteses norteiam a formulação dessa estrutura de relações:

- Hipótese 1: A atitude com relação à novas tecnologias influencia positivamente a intenção em utilizar o transporte público.
- Hipótese 2: A atitude com relação ao ônibus influencia positivamente a intenção em utilizar o transporte público.
- Hipótese 3: A atitude com relação ao automóvel influencia negativamente a intenção em utilizar o transporte público.

- Hipótese 4: As normas subjetivas influenciam positivamente a intenção em utilizar o transporte público.
- Hipótese 5: O controle percebido influencia positivamente a intenção em utilizar o transporte público.

Como os indicadores das variáveis latentes foram concebidos sob o formato de escalas de likert, essas variáveis foram tratadas como variáveis categóricas. Dessa forma, a técnica de mensuração utilizada foi o Mínimos Quadrados Ponderados Diagonalmente (DWLS, na sigla em inglês).

4.2 Modelos de Escolha

Nesta etapa foi realizada preparação dos dados obtidos na pesquisa de preferência declarada e especificação dos modelos discreto e híbrido segundo a abordagem sequencial.

4.2.1 Tratamento dos dados para o modelo de escolha

A etapa de especificação do modelo de escolha pode ser dividida em duas partes, primeiramente foram testados diferentes configurações como forma de observar a interação das diferentes variáveis obtidas na etapa de coleta de dados, obtendo-se dessa forma um modelo discreto que foi utilizado como modelo base para as análises. Durante esta etapa observou-se que as variáveis socioeconômicas referentes ao gênero, escolaridade, profissão, e o número de crianças/adolescentes na residência não apresentavam significância estatística em nenhuma de suas faixas categóricas, por esta razão, foram eliminadas do processo de análise. Com o objetivo de facilitar a compreensão dos modelos, a Tabela 5 descreve as variáveis incorporadas nos modelos de escolha.

Tabela 5 – Variáveis consideradas no modelo de escolha

Variável	Descrição
ASC	Constante específica para cada alternativa
Custo	Custo total da viagem em R\$
Tempo_vei	Tempo despendido no interior do veículo em minutos
Tempo_esp	Tempo de espera para o embarque em minutos
Idade_jovens	1 = Idade até 34 anos; 0 = caso contrário
Idade_adultos	1 = Idade de 34 anos a 63 anos; 0 = caso contrário
Renda_1	1 = Renda familiar até R\$1.800,00; 0 = caso contrário
Renda_2	1 = Renda familiar até R\$ 5.300,00; 0 = caso contrário
Renda_3	1 = Renda familiar até R\$10.500,00; 0 = caso contrário
Renda_4	1 = Renda familiar até R\$ 17.300,00; 0 = caso contrário
Posse_auto	1 = Possui veículo na residência; 0 = caso contrário
Acesso	Distância de caminhada até o local de embarque, medido em quadras
Freq	Tempo entre duas viagens do transporte público, medido em minutos
Chuva	1 = Condição de tempo chuvoso; 0 = Ensolarado
INT	Intenção em utilizar o transporte público

Após a especificação do modelo base, a variável intenção foi extraída do modelo SEM e incluída na base de dados como uma variável adicional de acordo com os procedimentos do método sequencial para composição do modelo híbrido de escolha. A decisão de utilizar apenas a intenção neste processo se dá em observação à teoria do Comportamento Planejado a qual estabelece a intenção como preditor imediato do comportamento (AJZEN, 2012).

Ambos os modelos foram especificados de forma que as variáveis relacionadas ao custo, tempo, renda e frequência possuem um parâmetro genérico para todas as alternativas enquanto que a idade e a posse de veículo na residência possuem um parâmetro específico para cada alternativa. O tempo de viagem é descrito em função do tempo despendido no interior do veículo e o tempo de espera para o embarque, sendo que este último só é considerado nos modos coletivos, de forma que para os modos individuais o tempo no veículo é considerado igual ao tempo total de viagem. Já as variáveis distância de caminhada e a intenção também possuem parâmetros específicos e só foram incluídas nas alternativas referentes aos modos coletivos de transporte (ônibus, lotação e o transporte sob de manda).

Algumas variáveis foram especificadas como variáveis dummy com diferentes níveis. A idade foi redefinida em três níveis (jovens = até 33 anos, adultos = de 34 anos até 63 anos e idosos = acima de 64 anos), a partir dos cinco originalmente especificados na coleta de dados. A renda foi definida de acordo com os cinco níveis originalmente especificados. A posse do automóvel foi definida como uma variável dummy de dois níveis, onde o primeiro indica a ausência do veículo na residência. Também foi proposta a consideração das condições climáticas em cada caso de escolha, dessa forma, foi definida uma variável dummy de dois nível onde o primeiro nível indica condição de tempo ensolarado e o segundo condição de tempo chuvoso.

Em ambos os modelos a alternativa do carro foi escolhida para ter suas variáveis fixadas

de forma a garantir a condição de identificação do modelo e servir de referência para a estimação e interpretação dos parâmetros.

Quanto aos dados da amostra, observou-se a ocorrência de dados perdidos nas respostas relacionadas à preferência declarada em quatro indivíduos. Novamente, considerou-se que a perda dessas informações ocorreu de forma completamente aleatória (MCAR), de forma que os referidos indivíduos foram eliminados da amostra. Os modelos de escolha foram então estimados a partir de 2772 observações referentes a um total de 308 indivíduos.

4.2.2 Estruturação dos modelos

Os modelos de escolha foram desenvolvidos através da abordagem sequencial, a qual é caracterizada pela estimação em duas etapas. A primeira etapa consistirá na especificação das variáveis latentes conforme a metodologia apresentada na seção anterior. Já a segunda etapa consistirá na elaboração de um modelo de escolha discreta sobre o qual as variáveis latentes obtidas na modelagem por equações estruturais são incorporadas como variáveis explicativas adicionais (Bahamonde-Birke; de Dios Ortúzar, 2014).

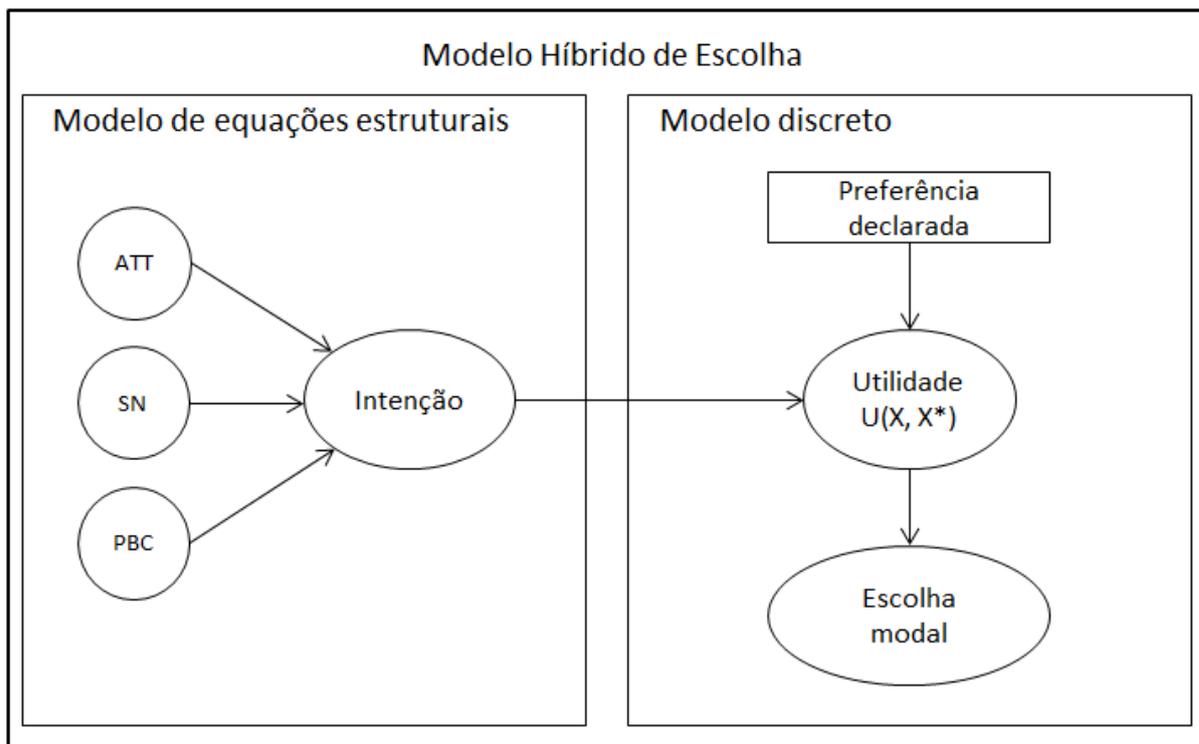


Figura 16 – Estrutura do modelo híbrido. Fonte: elaborado pelo autor

O modelo híbrido proposto na Figura (16) será utilizado para verificar as seguintes hipóteses.

- Hipótese 6: A intenção em utilizar o transporte público (mensurada segundo a TCP), influencia o comportamento de escolha modal.
- Hipótese 7: A inclusão da variável latente formando o modelo híbrido melhora o seu poder de estimação em relação ao modelo discreto.

A alternativa para o método sequencial de estimação de modelos de escolha é o método simultâneo, onde todas as variáveis são processadas em uma única etapa. É discutido por [Ben-Akiva et al. \(2002b\)](#) que o método simultâneo é mais apropriado por produzir resultados livres de viés na estimação dos parâmetros e menos sensíveis à variância do erro de mensuração das variáveis latentes. Por outro lado, uma das limitações do método simultâneo é a complexidade do seu método de estimação, tornando-o inapropriado para um conjunto maior de variáveis latentes ([TEMME; PAULSSEN; DANNEWALD, 2008](#)).

Dessa forma, a escolha do método sequencial justifica-se pela complexidade do modelo estrutural proposto para este trabalho, em termos do número de variáveis latentes e parâmetros a estimar, e é amparada pela obtenção de resultados consistentes em estudos onde o método sequencial foi aplicado como forma de aprimorar o poder de previsão de modelos discretos ([RAVEAU et al., 2010](#); [THORHAUGE; HAUSTEIN; CHERCHI, 2016](#); [COMENDADOR; MONZÓN; López-Lambas, 2014](#)).

4.3 Ferramentas utilizadas

Todas os procedimentos envolvendo os dados coletados na pesquisa de preferência declarada foram executados através da plataforma R, um software baseado em linguagem de programação desenvolvido especificamente para a execução de análises estatísticas e distribuído sob a forma de software livre ([BEAUJEAN, 2014](#)). Dentre as diversas funcionalidades oferecidas pelo R merecem destaque sua eficiência no tratamento e armazenamento de dados, o suporte a visualização dos dados através de ferramentas de elaboração de gráficos e o acesso a um amplo repositório de pacotes de funções desenvolvidas para os mais diversos tipos de análises estatísticas ([R Development Core Team, 2010](#)).

Para a realização das análises referentes ao modelo de equações estruturais foi utilizado o pacote Lavaan (Latent Variable Analysis), o qual oferece um conjunto robusto de ferramentas para a estimação e análise de resultados de todas as etapas da SEM ([ROSSEEL, 2012](#)). Já os modelos de escolha foram desenvolvidos através do pacote Apollo, este oferece suporte para diversas estruturas e técnicas de estimação relacionadas à modelagem de escolha ([HESS; PALMA, 2019](#)).

Assim, três foram os principais motivos para a escolha do R neste processo de pesquisa: a acessibilidade, pois trata-se de um software gratuito, a ampla oferta de documentação sobre o sistema, a qual está disponível online de forma colaborativa permitindo considerável suavização da curva de aprendizado e, por último, a demanda computacional relativamente baixa do sistema.

5 Resultados e Discussão

Esta seção está dividida em duas subseções que apresentam os resultados obtidos nas etapas (i) e (ii) descritas na seção anterior. Uma discussão sobre os resultados obtidos será apresentada ao final da seção.

5.1 Fatores psicológicos

Essa seção descreverá os resultados dos procedimentos empregados para a especificação dos modelos estruturais utilizando variáveis latentes. Esse trabalho utilizou as considerações de McDonald e Ho (2002) e Schreiber et al. (2006) sobre a apresentação de resultados de modelos SEM. Dessa forma, a apresentação dos resultados começará pela validação das variáveis latentes e prosseguirá com a especificação dos modelos SEM.

5.1.1 Validação das variáveis latentes

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise de consistência das variáveis latentes após a aplicação da Análise Fatorial Confirmatória para o modelo proposto na Figura 15.

Tabela 6 – Análise de consistência das variáveis latentes

Construto	Indicadores	Média	Desvio Padrão	Alfa de Cronbah
ATT_TEC	att1	3,6	1,43	0,2
	att2	4,4	0,98	
	att3	3,9	1,05	
ATT_TP	att4	2,9	1,4	0,77
	att5	2,6	1,3	
	att6	2,4	1,6	
	att7	3,8	0,96	
ATT_AUTO	att8	2,9	1,49	0,65
	att9	3,4	1,53	
SN	sn1	2,3	1,22	0,58
	sn2	3,2	1,17	
	sn3	3,3	1,14	
	sn4	4,4	0,82	
PBC	pbc1	3,3	1,3	0,49
	pbc2	3,9	1,2	
	pbc3	4,3	1,1	
INT	int1	3,2	1,4	0,81
	int2	2,7	1,3	
	int3	2,9	1,3	

Uma primeira análise da consistência interna das variáveis latentes revelou resultados satisfatórios para as variáveis ATT_TP (Alfa = 0,77) e INT (Alfa = 0,81). ATT_AUTO apresentou resultado mediano (Alfa = 0,65). Já as variáveis ATT_TEC, SN e PBC apresentaram resultados abaixo do valor mínimo apontado de 0,60 (0,22, 0,58 e 0,49, respectivamente).

Para as variáveis latentes cuja consistência foi considerada inadequada, empregou-se uma análise do impacto dos seus indicadores constituintes visando identificar se algum poderia estar comprometendo a consistência interna do construto. Dessa forma, para a variável SN identificou-se que a eliminação do indicador sn4 poderia aprimorar a sua consistência significativamente. Identificou-se também que a variável PBC poderia ser aprimorada com a eliminação do indicador pbc3. Ao observar a estrutura de ambos os construtos percebeu-se que tais indicadores de fato destoam da formulação teórica estabelecida, dessa maneira, optou-se por removê-los das análises. Observou-se também que a variável ATT_AUTO poderia ser aprimorada com a eliminação da variável att7. Por outro lado, a variável ATT_TEC apresentou consistência significativamente inadequada de forma que não seria possível aprimorá-la através da modificação de sua estrutura, considerou-se portanto, que os indicadores não foram capazes de representar corretamente o construto conforme foi teorizado e eliminou-se a variável latente das análises posteriores. A Tabela 7 apresenta os resultados da validação dos construtos após a análise e eliminação dos indicadores considerados divergentes.

Tabela 7 – Variáveis latentes após a análise de consistência

Construto	Indicadores	Média	Desvio Padrão	Alfa de Cronbah
ATT_TP	att4	2,9	1,40	0,77
	att5	2,6	1,30	
	att6	2,4	1,60	
ATT_AUTO	att8	2,9	1,49	0,71
	att9	3,4	1,53	
	sn1	2,3	1,22	
SN	sn2	3,2	1,17	0,62
	sn3	3,3	1,14	
	pbc1	3,3	1,30	
PBC	pbc2	3,9	1,20	0,75
	int1	3,2	1,40	
INT	int2	2,7	1,30	0,81
	int3	2,9	1,30	

5.1.2 Modelo 1

O primeiro modelo foi especificado de acordo com a proposta apresentada na metodologia (ver Figura 15), tendo como única modificação a eliminação da variável ATT_TEC pois esta não satisfaz as condições de validação na etapa anterior. A Figura 17 apresenta o modelo de mensuração resultante, as linhas em azul indicam uma relação positiva enquanto que as linhas vermelhas indicam uma relação negativa, já a espessura das linhas reflete a intensidade da relação.

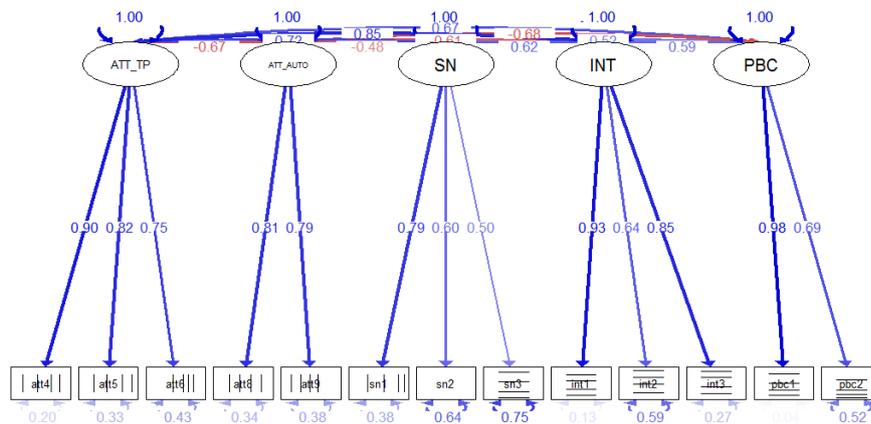


Figura 17 – Modelo de Mensuração 1. Fonte: elaborado pelo autor

As cargas fatoriais são todas significantes e possui uma intensidade de moderada a alta, sendo o valor mínimo encontrado na variável sn3 (0,50). Quanto às correlações entre variáveis, percebe-se que a variável ATT_AUTO apresentou valores negativos, este resultado está de acordo com o previsto pois espera-se que a influência da atitude em relação ao automóvel prejudique a intenção em utilizar o transporte público.

Tabela 8 – Resultados do Modelo de Mensuração 1

Variável observada	Construto	Est	Erro padrão	Var. erro	valor-p
att4	ATT_TP	0,897	0,020	0,196	0,000
att5		0,821	0,023	0,327	0,000
att6		0,753	0,036	0,433	0,000
att8	ATT_AUTO	0,813	0,039	0,339	0,000
att9		0,787	0,039	0,380	0,000
sn1	SN	0,787	0,059	0,381	0,000
sn2		0,598	0,049	0,642	0,000
sn3		0,498	0,055	0,752	0,000
pbc1	PBC	0,981	0,037	0,038	0,000
pbc2		0,694	0,039	0,519	0,000
pbc3		0,69	0,037	0,519	0,000
int1	INT	0,933	0,020	0,130	0,000
int2		0,644	0,037	0,586	0,000
int3		0,854	0,021	0,280	0,000

O modelo de mensuração convergiu, apresentou bons resultados com relação aos índices de ajuste absoluto ($\chi^2/df =$, CFI = 0,947, TLI = 0,928), os resultados dos índices incrementais foram um pouco inferiores (RMSEA = 0,108, SRMR = 0,70). Ainda assim, considerou-se o modelo adequado em termos de ajuste.

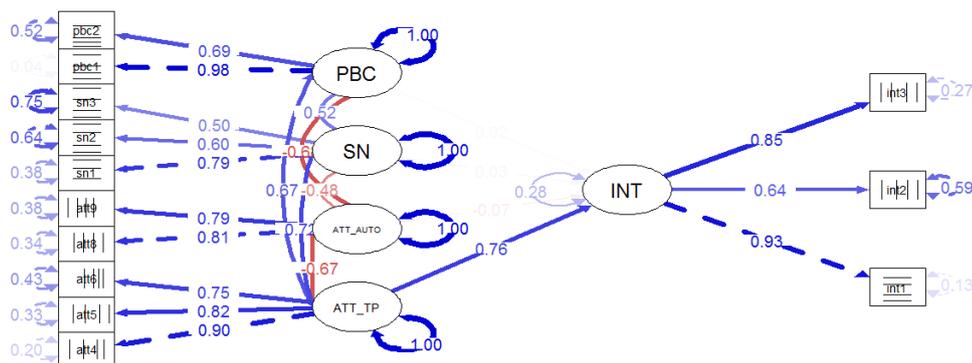


Figura 18 – Modelo Estrutural 1. Fonte: elaborado pelo autor

O modelo estrutural convergiu mas apresentou problemas nos caminhos relacionados à intenção. Como o gráfico da Figura 18 sugere, apenas a variável ATT_TP apresentou uma alta influência e significância estatística (beta = 0,765, $p < 0,05$). Já as variáveis ATT_AUTO ($b = -0,066$, $p = 0,428$), SN ($b = 0,030$, $p = 0,702$) e PBC ($b = 0,022$, $p = 0,772$) não só apresentaram cargas muito baixas em comparação com ATT_TP como não tiveram significância estatística (ver Tabela 9). Embora os sinais obtidos estejam de acordo com o que foi teorizado, a baixa influência dos fatores e a falta de significância emitem um alerta de que o modelo possa estar mal especificado.

Tabela 9 – Resultados do Modelo Estrutural 1

Variável dependente	Variáveis independentes	R ²	Loading	Est. Padronizada	Erro	valor-p
Intenção		0,719				
	Atitudes (transporte público)		0,796	0,765	0,096	0,000
	Atitudes (automóvel)		-0,076	-0,066	0,096	0,428
	Normas Subjetivas		0,035	0,030	0,092	0,702
	Controle Percebido		0,020	0,022	0,071	0,772

Tabela 10 – Correlação entre as variáveis latentes

	ATT_TP	ATT_AUTO	SN	INT	PBC
ATT_TP	1.000	-0.762	0.829	0.916	0.734
ATT_AUTO	-0.762	1.000	-0.547	-0.711	-0.727
SN	0.829	-0.547	1.000	0.742	0.626
INT	0.916	-0.711	0.742	1.000	0.665
PBC	0.734	-0.727	0.626	0.665	1.000

O procedimento sugerido é a eliminação dos caminhos não significativos, no entanto, esta ação resultaria num modelo onde a intenção é explicada unicamente pela atitude. Considerando o prejuízo à teoria do comportamento planejado, decidiu-se descartar esse modelo e testar dois modelos alternativos os quais foram especificados com as atitudes isoladas.

5.1.3 Modelo 2

O Modelo 2 incorpora somente as atitudes com relação ao ônibus em conjunto com as demais variáveis da TCP. A Figura 19 apresenta o modelo de mensuração estimado.

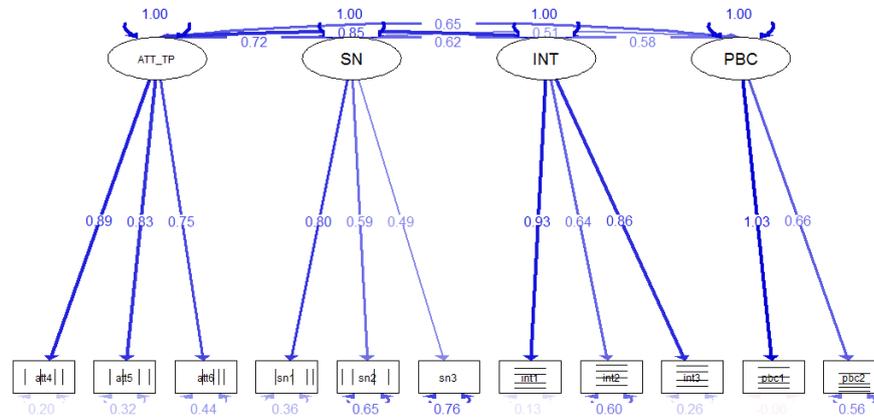


Figura 19 – Modelo de Mensuração 2. Fonte: elaborado pelo autor

As cargas fatoriais apresentadas no gráfico se referem aos resultados padronizados, já a Tabela 11 apresenta os resultados da análise fatorial confirmatória em maior detalhe. Em primeira análise pode-se observar que todas as cargas são positivas, indicando consonância com as hipóteses estipuladas para a SEM e, com exceção da variável sn1, possuem carga fatorial superior a 0,5.

Tabela 11 – Resultados do modelo de mensuração 2

Variável observada	Construto	Est	Erro padrão	Var. erro	valor-p
att4	ATT_TP	0,894	0,020	0,201	0,000
att5		0,825	0,023	0,319	0,000
att6		0,749	0,036	0,440	0,000
sn1	SN	0,802	0,059	0,356	0,000
sn2		0,588	0,048	0,654	0,000
sn3		0,491	0,054	0,759	0,000
pbc1	PBC	1,029	0,047	-0,059	0,000
pbc2		0,661	0,043	0,563	0,000
int1	INT	0,930	0,020	0,134	0,000
int2		0,635	0,038	0,596	0,000
int3		0,860	0,021	0,261	0,000

Por outro lado, a Tabela 11 revela que o modelo convergiu mas atingiu uma solução imprópria. Trata-se da ocorrência de um resultado de variância de erro negativo no item pbc1, fenômeno conhecido como caso Heywood. Esse resultado é indesejado pois implica num erro menor do que 0%, ou, em outras palavras, que mais de 100% da variância do item é explicada

(HAIR; SANT'ANNA; GOUVÊA, 2009). Os resultados de um modelo que apresente casos Heywood são considerados impróprios de forma que é recomendável a investigação de suas possíveis causas ou uma redefinição do modelo.

De acordo com Kolenikov e Bollen (2012), diferentes causas para a ocorrência de casos Heywood foram identificadas pela literatura, sendo os problemas de convergência, identificação e flutuações na amostra apontados como os principais responsáveis. Existem testes que permitem a investigação de cada um desses problemas separadamente, caso nenhuma irregularidade seja observada, o pesquisador deverá então considerar a possibilidade do modelo estrutural ter sido mal especificado.

Outras alternativas para o tratamento de casos Heywood são apresentadas por Dillon, Kumar e Mulani (1987), a primeira delas consiste em fixar a variância de erro do item em zero, apesar de ser uma solução simples há o problema conceitual de se estar considerando que a variável foi perfeitamente explicada pelo fator. As demais soluções envolvem a utilização de especificações alternativas do modelo de equações estruturais capazes de incorporar restrições mais abrangentes. Esse último caso envolve a utilização de modelos estruturais avançados, os quais fogem do escopo deste trabalho.

Como a variável latente Controle Percebido já havia sido modificada para atender aos requisitos de consistência, optou-se por não conduzir novas alterações na especificação desta variável. Dessa forma, apesar de o modelo ter apresentado um ajuste aceitável ($\chi^2/df = 5.966$, CFI = 0.953, TLI = 0.932, SRMR = 0.068 e RMSEA = 0.127), a impossibilidade de tratar o caso Heywood através das técnicas disponíveis tornou o modelo impróprio para o avanço à etapa da análise estrutural, sendo, conseqüentemente, excluído das análises posteriores.

5.1.4 Modelo 3

A Figura 20 apresenta a teoria de mensuração proposta para o terceiro modelo o qual utiliza as variáveis latentes Atitudes com relação ao automóvel, Normas Subjetivas, Controle Percebido e Intenção.

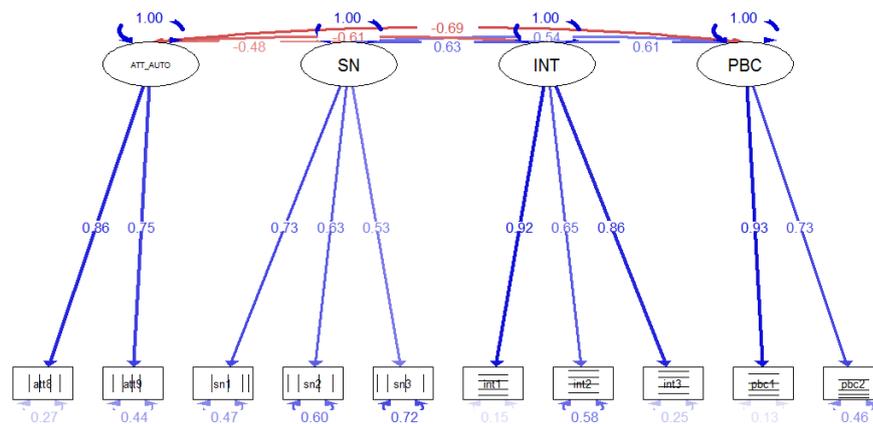


Figura 20 – Modelo de Mensuração 3. Fonte: elaborado pelo autor

A análise dos fatores mostra que todos os indicadores resultaram em cargas fatoriais acima de 0,5, valores considerados moderados a altos. Esse resultado corroboram a análise de consistência realizada anteriormente, indicando que a nova configuração permitiu obter um modelo de mensuração onde as variáveis latentes estejam melhor representadas.

Tabela 12 – Resultados do Modelo de Mensuração 3

Variável observada	Construto	Est	Erro padrão	Var. erro	valor-p
att8	ATT_AUTO	0,856	0,040	0,267	0,000
att9		0,748	0,040	0,440	0,000
sn1	SN	0,725	0,061	0,474	0,000
sn2		0,632	0,049	0,600	0,000
sn3		0,530	0,055	0,719	0,000
pbc1	PBC	0,930	0,035	0,135	0,000
pbc2		0,732	0,037	0,465	0,000
int1	INT	0,921	0,022	0,152	0,000
int2		0,647	0,035	0,582	0,000
int3		0,864	0,023	0,254	0,000

Também merecem atenção as correlações entre as variáveis latentes obtidas no modelo de mensuração. As variáveis normas subjetivas e o controle percebido apresentam correlação moderada e positiva com a intenção, enquanto que a atitude com relação ao automóvel apresentou correlação negativa com todas as demais. Esses resultados estão alinhados com as hipóteses do modelo e fornecem pistas sobre como as relações no modelo estruturam se comportarão.

Foi verificada a validade discriminante do modelo, isto é, se as variáveis latentes estimados por escalas similares são realmente diferentes entre si (HAIR; SANT'ANNA; GOUVÊA, 2009), através das informações contidas na Tabela 13, que apresenta a correlação entre as variáveis latentes do modelo 3, os números na diagonal indicam a raiz da variância média extraída (AVE).

A condição de validade discriminante é verificada caso o valor da raiz quadrada da AVE seja superior à correlação entre os demais pares de variáveis latentes (CHEN; CHAO, 2011).

Tabela 13 – Validade discriminante do modelo 3

	ATT_AUTO	SN	INT	PBC	Média	SD
ATT_AUTO	0.804				3.3	1
SN	-0.432	0.634			3	0.88
INT	-0.613	0.631	0.819		2.9	1.1
PBC	-0.667	0.540	0.608	0.837	3.6	1.1

Quanto ao ajuste, o modelo de mensuração apresentou os seguintes resultados nos indicadores utilizados: $\chi^2/df = 5,193$, CFI = 0,952, TLI = 0,926, SRMR = 0,062 e RMSEA = 0,116. Como todos os índices estão dentro da margem de aceitação proposta conforme a Tabela 12, considerou-se que o modelo apresentou ajuste satisfatório.

Com a validação do modelo de mensuração procedeu-se à especificação do modelo estrutural, o qual estabelece as relações de dependência entre as variáveis latentes. Como requisito para avançar a esta etapa tem-se a validação do modelo de mensuração anteriormente especificado. Dessa forma, apenas o modelo 3 foi considerado satisfatório. A Figura 21 apresenta o modelo estrutural baseado na teoria do comportamento planejado.

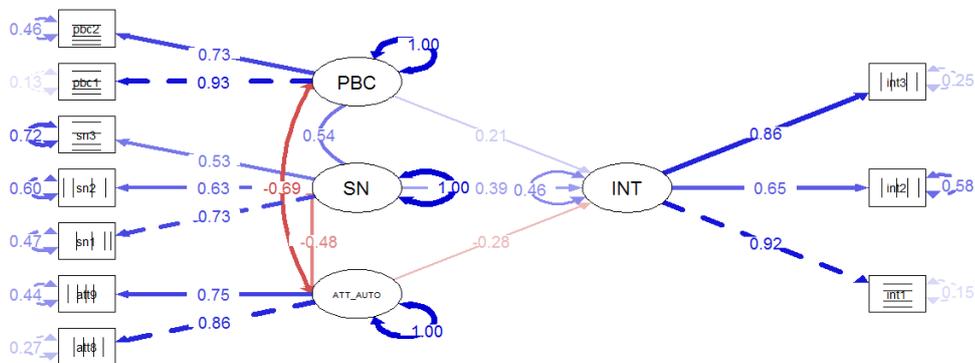


Figura 21 – Modelo Estrutural 3. Fonte: elaborado pelo autor

A partir da imagem pode-se verificar que a atitude com relação ao automóvel apresentou uma influencia negativa sobre a intenção, indicando que indivíduos que apresentam maior aprovação ao uso do automóvel possuem menor tendência a utilizar o transporte público, resultado que confirma a hipótese 3. A intenção comportamental de utilizar o transporte público recebeu uma contribuição positiva da percepção da influência social sobre o uso deste modal, resultado de acordo com a hipótese 4. Também houve uma relação positiva entre a percepção

de controle e a intenção de utilizar o transporte público, resultado que verifica a hipótese 5 ainda que a força da relação não tenha sido muito significativa em termos de valor absoluto. Quanto ao aspecto da atitude, Idris et al. (2015) encontraram resultado semelhante ao estimar simultaneamente a atitude com relação ao transporte público e automóvel em um modelo baseado numa versão estendida da TCP. Neste modelo 3 todas as estimativas apresentaram significância estatística, esses resultados estão apresentados em maior detalhe na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultado do Modelo Estrutural 3

Variável dependente	Variáveis independentes	R ²	Estimativa	Est. Padronizada	Erro	valor-p
Intenção		0,538				
	Atitudes (automóvel)		-0,299	-0,278	0,093	0,001
	Normas Subjetivas		0,491	0,386	0,102	0,000
	Controle Percebido		0,204	0,206	0,085	0,016

As informações da Tabela 14 mostram que as normas subjetivas ($\beta = 0,386$, $p < 0,001$) e as atitudes com relação ao automóvel ($\beta = -0,278$, $p < 0,001$) foram os principais fatores psicológicos influentes sobre a intenção em utilizar o transporte público. Esses resultados indicam que as pessoas levam em consideração a opinião e o comportamento de amigos e familiares ao decidir sobre seus hábitos de deslocamento e que quanto maior o apreço das pessoas com relação ao automóvel, menor será a sua inclinação à utilizar o transporte público. Já o controle percebido foi o construto de menor influência sobre a intenção ($\beta = 0,206$, $p < 0,05$). Ainda assim, o resultado positivo indica que as pessoas que entendem ter o transporte público à sua disposição ou acreditam ser capazes de utilizá-lo podem ser favoráveis à sua adoção como meio de transporte.

5.2 Modelos de escolha

Esta seção apresenta os resultados dos modelos de escolha discreta estimados: (i) modelos de escolha discreta com variáveis observadas e (ii) modelos híbridos sequenciais de escolha discreta, os quais incluem variáveis observadas e latentes especificadas na seção anterior (5.1).

5.2.1 Modelo de escolha discreta

Após a preparação dos dados, foi especificado um modelo logit multinomial considerando apenas os atributos dos indivíduos e das alternativas. Esse modelo serviu de base para a avaliação da contribuição da intenção como variável latente explicativa.

As Equações 5.1 a 5.6 apresentam as funções de utilidade relativas à especificação de modelo que apresentou os melhores resultados. Para simplificar a leitura, foi omitida a especificação das variáveis dummy. Como a alternativa do carro foi escolhida para ser referência,

essa foi especificada apenas com os parâmetros genéricos relativos ao custo e tempo.

$$U_{car} = \beta_{tvei} * car_ttot + \beta_{custo} * car_custo \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} U_{bus} = & ASC_{bus} + \beta_{tvei} * bus_ttot + \beta_{tesp} * bus_tesp + \beta_{custo} * bus_custo \\ & + \beta_{aces} * bus_acesso + \beta_{freq} * bus_freq + \beta_{posse} * bus_posse \\ & + \beta_{renda} * bus_renda + \beta_{idade} * bus_idade + \beta_{chuva} * bus_chuva + \beta_{int} * bus_int \end{aligned} \quad (5.2)$$

$$\begin{aligned} U_{lot} = & ASC_{lot} + \beta_{tvei} * lot_ttot + \beta_{tesp} * lot_tesp + \beta_{custo} * lot_custo \\ & + \beta_{aces} * lot_acesso + \beta_{freq} * lot_freq + \beta_{posse} * lot_posse \\ & + \beta_{renda} * lot_renda + \beta_{idade} * lot_idade + \beta_{chuva} * lot_chuva + \beta_{int} * lot_int \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} U_{tfl} = & ASC_{tfl} + \beta_{tvei} * tfl_ttot + \beta_{tesp} * tfl_tesp + \beta_{custo} * tfl_custo \\ & + \beta_{aces} * tfl_acesso + \beta_{freq} * tfl_freq + \beta_{posse} * tfl_posse \\ & + \beta_{renda} * tfl_renda + \beta_{idade} * tfl_idade + \beta_{chuva} * tfl_chuva + \beta_{int} * tfl_int \end{aligned} \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} U_{tax} = & ASC_{tax} + \beta_{tvei} * tax_ttot + \beta_{custo} * tax_custo \\ & + \beta_{aces} * tax_acesso + \beta_{freq} * tax_freq + \beta_{posse} * tax_posse \\ & + \beta_{renda} * tax_renda + \beta_{idade} * tax_idade + \beta_{chuva} * tax_chuva \end{aligned} \quad (5.5)$$

$$\begin{aligned} U_{app} = & ASC_{app} + \beta_{tvei} * app_ttot + \beta_{custo} * app_custo \\ & + \beta_{aces} * app_acesso + \beta_{freq} * app_freq + \beta_{posse} * app_posse \\ & + \beta_{renda} * app_renda + \beta_{idade} * app_idade + \beta_{chuva} * app_chuva \end{aligned} \quad (5.6)$$

As Tabelas 15 e 16, que serão introduzidas na sequência, representam os modelos que apresentaram os melhores resultados para a amostra analisada e se referem, respectivamente, aos resultados do modelo discreto básico, sem a inclusão da variável latente Intenção e os resultados do modelo híbrido com a inclusão da variável latente Intenção. Para cada variável é apresentada a estimativa obtida juntamente com o resultado do teste-t de significância estatística.

Os resultados em ambos os modelos mostram que nem todas as variáveis apresentaram significância estatística. Dessa forma, a interpretação dos resultados se restringirá aquelas variáveis que apresentaram significância para um intervalo mínimo de 90% de confiança.

As constantes específicas de cada modo (ASC) são positivas para todos os modos em que foram significantes, indicando que todos teriam preferência em relação ao carro caso as demais variáveis fossem mantidas constantes. O custo da viagem é negativo para todos os modos

Tabela 15 – Modelo de escolha sem variável latente

Variáveis	Carro		Táxi		Aplicativo de transp.	
	Coef	valor-t	Coef	valor-t	Coef	Valor-t
ASC	-	-	-0,621	-0,965	2,402	5,707
Custo	-0,099	-8,839	-0,099	-8,839	-0,099	-8,839
Tempo_veiculo	-0,017	-4,715	-0,017	-4,715	-0,017	-4,715
Idade_adultos	-	-	-2,033	-2,556	-1,357	-4,883
Renda_2	0,697	2,048	0,697	2,048	0,697	2,048
Renda_3	0,304	1,124	0,304	1,124	0,304	1,124
Renda_4	0,553	1,898	0,553	1,898	0,553	1,898
Posse	-	-	-0,735	-0,866	-2,006	-5,362
Chuva	-	-	0,262	0,624	0,091	0,822
Variáveis	Ônibus		Lotação		Transporte flexível	
	Coef	valor-t	Coef	valor-t	Coef	Valor-t
ASC	2,886	6,197	0,997	2,058	1,898	4,061
Custo	-0,099	-8,839	-0,099	-8,839	-0,099	-8,839
Tempo	-0,017	-4,715	-0,017	-4,715	-0,017	-4,715
Tempo_espera	-0,065	-6,639	-0,065	-6,639	-0,065	-6,639
Idade_adultos	-1,166	-4,241	-0,785	-2,466	-0,744	-2,926
Renda_2	0,697	2,048	0,697	2,048	0,697	2,048
Renda_3	0,304	1,124	0,304	1,124	0,304	1,124
Renda_4	0,553	1,898	0,553	1,898	0,553	1,898
Posse	-2,233	-6,228	-2,269	-6,396	-1,749	-4,714
Acesso	-0,214	-9,353	-0,214	-9,353	-0,214	-9,353
Chuva	-0,879	-6,503	0,255	0,960	-0,634	-4,962

As variáveis Idade_jovens e Renda_1 foram especificadas como categorias de referência, tendo sua influencia fixada em 0.

de transporte, o que é consistente com as teorias econômicas ao indicar que o aumento no preço diminui a demanda pelo serviço.

O tempo de viagem foi decomposto em tempo no veículo e tempo de espera no ponto de embarque, sendo que este último apenas se aplica para os modos coletivos. Ambas as variáveis foram especificadas de forma genérica para todos os modos e os resultados mostram uma influência negativa sobre a utilidade, demonstrando a desutilidade que o tempo de viagem representa para os indivíduos. Nota-se também que o tempo de espera possui um efeito aproximadamente quatro vezes maior do que o tempo despendido no veículo, esse resultado indica uma diferente valoração do tempo pelos indivíduos, consistente com o observado em estudos de escolha modal. [Forward \(2019\)](#) argumenta que a percepção dos indivíduos com relação ao tempo varia conforme suas experiências, dessa forma, um caminho possível de análise seria investigar fatores que podem influenciar a forma como as pessoas avaliam o tempo de espera, como por exemplo a sua percepção de conforto e segurança com relação às paradas.

A idade foi analisada de modo específico para cada modo e seus resultados mostram estimativas negativas para todos os modos, indicando que, em relação aos jovens, os adultos na faixa entre 34 e 63 anos são menos propensos a escolher essas alternativas em relação ao carro. Na comparação entre os modos, a influencia negativa da idade é mais notável sobre os modos individuais (táxi e o aplicativo de transporte), do que os modos coletivos. Esses resultados estão alinhados com o estudo de [Cassel \(2018\)](#), que revela que o público que utiliza os aplicativos de transporte regularmente em Porto Alegre é majoritariamente composto por jovens até os 30 anos. Já [Bigolin e Larrañaga \(2020\)](#), investigaram os impactos da chegada dos aplicativos de transporte em Porto Alegre e observou que o táxi foi o modo que mais foi substituído pelos novos serviços. Com relação aos modos coletivos, é interessante observar que o transporte flexível foi o modo que apresentou menor desutilidade entre o grupo dos adultos, apresentando um resultado ligeiramente maior do que a lotação, a preferência por serviços que oferecem maior conforto tanto no interior do veículo como na oferta de um deslocamento próximo a uma viagem porta-a-porta (caso do transporte flexível), pode ser apontada como uma possível razão da maior preferência por esses modos em relação ao transporte coletivo tradicional.

Com exceção do táxi, a posse do automóvel foi significativa em todos os modos analisados. O resultado negativo indica que as pessoas que possuem um automóvel próprio tem a tendência de preferir utilizá-lo em seus deslocamentos em relação ao transporte público, esse resultado é consistente com o esperado e reforçado por resultados encontrados na literatura ([COMENDADOR; MONZÓN; López-Lambas, 2014](#)). Com relação a posse do automóvel, merece destaque o fato do transporte flexível ter recebido o menor efeito desta variável, ainda que também seja negativo, este resultado pode sugerir que os indivíduos que possuem automóvel estariam mais inclinados a experimentar o novo modo de transporte do que utilizar os demais modos disponíveis.

A preferência declarada também propôs aos participantes considerar as condições climáticas no problema de escolha. Assim, as situações de escolhas foram apresentadas com tempo chuvoso ou ensolarado. Essa variável só foi significativa para o ônibus e o transporte flexível, ambos resultados negativos que refletem o desconforto de realizar viagens por modos que não são porta-a-porta em condições adversas ([TAO et al., 2018](#)). Em um estudo sobre o efeito das condições climáticas no comportamento de viagens, [Zhou et al. \(2017\)](#) apontam que as condições adversas exercem maior influência sobre as viagens discricionárias do que aquelas realizadas por motivos de trabalho ou estudo, esse resultado sugere que uma investigação do comportamento de escolha que integre os motivos e horários de viagem às condições climáticas poderiam melhorar o potencial preditor dessa variável. Novamente, a desutilidade provocada pela chuva foi maior para o ônibus (-0,879) do que para o transporte flexível (-0,634), resultado que fortalece a hipótese de que a percepção de conforto possa ter um influência relevante na escolha dos modos coletivos.

A variável acesso se refere à distância até o local de embarque e seus resultados são coerentes ao sugerir que as pessoas avaliam negativamente a distância de caminhada no processo

de avaliar a atratividade dos modos coletivos de transporte.

A frequência foi uma variável que não apresentou significância nos modelos. Esta variável foi definida como o intervalo de tempo em minutos entre duas viagens. Uma possível explicação para este resultado é a possibilidade desta variável estar correlacionada com a variável tempo de espera, informação que foi incluída nos cartões do questionário (ver Figura 8). Outro elemento a se observar é que a maior parte das viagens reportadas são de curta distância (até 4 km), de forma que o efeito da frequência de viagem pode não ter sido propriamente capturado para o contexto de viagens longas.

5.2.2 Modelo híbrido de escolha

Ao comparar o modelo discreto (sem variável latente), com o modelo híbrido que consta na Tabela 16, percebeu-se que algumas variáveis perderam significância estatística após a inclusão da intenção como variável latente. Ao analisar a incorporação de uma versão estendida da Teoria do Comportamento Planejado em um modelo de escolha através do método sequencial, (JING; JUAN; ZHA, 2015) chegaram a resultados semelhantes na comparação do modelo discreto com o modelo híbrido: menos variáveis foram significativas no segundo modelo ao passo que os índices de ajuste foram melhores, o que levou os autores a concluir que a inclusão das variáveis latentes aprimorou a qualidade do modelo.

Tabela 16 – Modelo de escolha com variável latente

Variáveis	Carro		Táxi		Aplicativo de transp.	
	Coef	Valor-t	Coef	Valor-t	Coef	Valor-t
ASC	-	-	-0,543	-0,840	2,484	5,861
Custo	-0,099	-9,057	-0,099	-9,057	-0,099	-9,057
Tempo_veículo	-0,019	-4,757	-0,019	-4,757	-0,019	-4,757
Idade_adultos	-	-	-2,084	-2,599	-1,391	-4,958
Renda_2	0,454	1,365	0,454	1,365	0,454	1,365
Renda_3	0,283	1,042	0,283	1,042	0,283	1,042
Renda_4	0,522	1,755	0,522	1,755	0,522	1,755
Posse_auto	-	-	-0,731	-0,856	-2,018	-5,255
Chuva	-	-	0,269	0,638	0,109	0,968
Variáveis	Ônibus		Lotação		Transporte flexível	
	Coef	Valor-t	Coef	Valor-t	Coef	Valor-t
ASC	0,391	0,798	-0,108	-0,206	0,496	0,974
Custo	-0,099	-9,057	-0,099	-9,057	-0,099	-9,057
Tempo_veículo	-0,019	-4,757	-0,019	-4,757	-0,019	-4,757
Tempo_espera	-0,069	-6,973	-0,069	-6,973	-0,069	-6,973
Idade_adultos	-1,122	-4,183	-0,751	-2,373	-0,697	-2,806
Renda_2	0,454	1,365	0,454	1,365	0,454	1,365
Renda_3	0,283	1,042	0,283	1,042	0,283	1,042
Renda_4	0,522	1,755	0,522	1,755	0,522	1,755
Posse_auto	-1,947	-5,726	-2,120	-6,171	-1,587	-4,433
Acesso	-0,233	-9,529	-0,233	-9,529	-0,233	-9,529
Chuva	-1,045	-6,907	0,168	0,638	-0,704	-5,206
Intenção	0,365	10,836	0,184	5,044	0,214	5,885

As variáveis Idade_jovens e Renda_1 foram especificadas como categorias de referência, tendo sua influencia fixada em 0.

As variáveis que perderam significância estatística foram as constantes específicas do ônibus e do transporte flexível, além da segunda faixa de renda para todos os modos. Dentre as variáveis que mantiveram significância não houve mudanças expressivas nos coeficientes, indicando que a sua influência na utilidade permaneceu relativamente estável após a inclusão da variável latente.

Já a variável intenção foi significativa nos três modos coletivos em que foi incluída, o resultado positivo está alinhado com a Hipótese 7 e sugere que a intenção em utilizar o transporte público influencia positivamente a probabilidade dos modos coletivos serem escolhidos. O ônibus é o modal mais influenciado pela intenção seguido pelo transporte flexível. Esse resultado reforça a percepção de que as pessoas estariam interessadas em conhecer o novo modo de transporte.

Quanto a análise do ajuste dos modelos, os resultados mostram um ligeiro aumento nos índices log-likelihood, o qual passou de -3284,78 para -3108,66 e no ρ^2 , o qual aumentou de

0,333 para 0,368, esse resultados sugerem que a inclusão da variável latente contribuiu para um melhor ajuste do modelo de escolha. Para verificar a significância do impacto da inclusão da intenção foi realizado um teste de razão de verossimilhança (LR) (TRAIN, 2009). O teste LR consiste na comparação entre um modelo base (modelo híbrido) e um modelo restringido a partir do primeiro (modelo discreto). O resultado do teste foi de 352,24 (valor-p < 0,001), considerando o valor crítico de χ^2 para 3 graus de liberdade (7,815) pôde-se concluir que a diferença entre os modelos é significativa, e, portanto, que o modelo com variável latente de fato apresentou ajuste melhor do que o modelo discreto.

5.3 Discussão

5.3.1 Fatores psicológicos

Esta etapa metodológica teve como objetivo investigar a influência dos chamados fatores psicológicos sobre a intenção das pessoas em utilizar o transporte público, tendo como referência a Teoria do Comportamento Planejado. Diferentes especificações foram testadas de maneira a experimentar as relações entre os construtos e permitir a obtenção de um modelo considerado satisfatório. Três modelos foram selecionados para serem apresentados e comentados.

O modelo 1 foi especificado conforme a proposta inicialmente apresentada na Figura 15, no entanto, esta estrutura precisou ser modificada devido à eliminação da variável latente Atitude com relação à novas tecnologias, esta variável não permitiu a convergência dos modelos de mensuração em que foi incluída, após a análise de consistência dos construtos constatou-se que a mesma apresentou um índice Alfa de Cronbach muito baixo, de forma que a sua utilização nas análises foi considerada inadequada. O modelo 2 deriva do modelo 1 e inclui apenas a variável Atitude com relação ao transporte público num formato que se ajusta à Teoria do Comportamento Planejado. De forma análoga ao modelo 2, o terceiro modelo utiliza apenas a variável Atitude com relação ao automóvel. Os resultados mostram que apenas o Modelo 3 apresentou resultados satisfatórios em termos de ajuste, validade e significância estatística permitindo concluir que, para esta especificação, todos os construtos estimados podem ser considerados preditores da intenção.

A análise de consistência verificou que a variável Atitudes com relação à novas tecnologias não pôde ser incorporada nos modelos devido à baixa consistência apresentada pela composição de seus indicadores, a incorporação de outras características atitudinais na formulação deste construto pode contribuir para sua melhor especificação. A análise de consistência também revelou que a eliminação dos indicadores pbc3 e sn4 contribuiria para a melhoria das condições de consistência dos construtos Controle Percebido e Normas Subjetivas, respectivamente. As informações da Tabela 4 mostram que houve uma baixa heterogeneidade nas respostas destes indicadores, enquanto que 81% afirmaram discordar da proposição apresentada pelo indicador pbc3, 87% concordaram com a proposição do item sn4, essa situação pode ter contribuído para a

baixa significância dos itens na especificação das variáveis latentes.

Em estudos envolvendo equações estruturais há uma justificada preocupação por parte dos pesquisadores em torno dos requisitos mínimos para a obtenção de modelos satisfatórios. Parte dessa discussão gira em torno do tamanho necessário da amostra e o número mínimo de indicadores por construto (Schermelleh-Engel; MOOSBRUGGER, 2003). Enquanto parece haver um consenso em torno do número mínimo de três indicadores por construto, alguns autores sugerem que há um efeito de compensação entre amostras grandes e uma razão indicadores/construto baixa, e vice versa (MARSH et al., 1998).

Outra consideração importante com relação ao tamanho mínimo de amostra está relacionada à técnica de estimação utilizada. Alguns autores argumentam que os estimadores baseados em mínimos quadrados, como o DWLS utilizado neste trabalho, são mais eficientes no tratamento de variáveis categóricas, mas, em contrapartida, demandam amostras maiores para garantir a validade dos resultados.

Diante do exposto, esse estudo levanta a possibilidade de que o Controle Percebido pode ter comprometido os resultados dos modelos 1 e 2 ao ser especificada com número de indicadores menor do que o recomendado. Paralelamente, na hipótese do tamanho da amostra obtida não ser suficiente em função da complexidade dos modelos especificados ou do uso de um estimador baseado em quadrados mínimos, têm-se outra possível explicação para o baixo desempenho da variável. Dessa forma, a análise desta variável não pôde confirmar os achados de Donald, Cooper e Conchie (2014), que encontraram no controle percebido o principal preditor da intenção de utilizar o carro e o transporte público.

Apesar de não existir consenso acerca da importância relativa de cada um das variáveis latentes pertencentes à TCP, Ajzen (1991) baseia-se nos resultados de diversos estudos envolvendo diferentes comportamentos para sugerir que as atitudes tendem a apresentar maior relevância na previsão das intenções. Ao tecer resultados de uma revisão sistemática sobre o uso de fatores psicológicos no contexto específico da escolha modal, Hoffman et al. (2017), indicam que, de forma geral, as atitudes e o controle percebido exercem a principal influência sobre a intenção e o comportamento de escolha modal resultante, mas destaca-se que a importância preditiva dessas variáveis depende fortemente de sua formulação teórica e do contexto em que são aplicadas.

No presente estudo a principal conclusão da etapa de avaliação dos fatores psicológicos é de que as normas subjetivas e a atitude com relação ao automóvel foram os principais elementos preditores da intenção de utilizar o transporte público. As normas subjetivas representam uma influência moderada enquanto que o controle percebido foi o preditor mais fraco da intenção.

A partir das informações fornecidas pelo modelo estrutural, o planejador interessado em estimular o uso do transporte público poderia orientar o foco de sua estratégia de forma a transformar as percepções dos indivíduos com relação ao uso do automóvel, algumas considerações podem ser feitas sobre a proposição de políticas dessa natureza: (KALTER; PUELLO; GEURS,

2020), realizaram uma análise com dados em painel e observou que de forma geral as mudanças na atitude não resultaram em mudanças no uso do automóvel, no entanto, os autores sugerem que a identificação de subgrupos de indivíduos que possuem percepções semelhantes com relação a fatores como o meio ambiente e a posse do automóvel podem permitir a elaboração de políticas mais assertivas no que se refere à mudanças na escolha modal. Já He e Thøgersen (2017), argumentam que a investigação entre as percepções com relação o uso do carro e a intenção de compra ou posse de um veículo particular podem fornecer informações sobre a tendência de uso do automóvel e embasar a formulação de políticas dedicadas a reduzir a taxa de motorização nas cidades.

Em um experimento com o objetivo de avaliar o efeito de uma política destinada a atuar sobre as atitudes dos indivíduos com relação ao ônibus, Forward (2019) ofereceu um passe gratuito para o transporte público para um grupo de participantes por um período de duas semanas. Após este período um novo questionário foi aplicado demonstrando que as atitudes mudaram de forma que as pessoas se tornaram mais positivas em relação ao tempo de viagem, o conforto e a facilidade de utilizar o transporte público. Esses resultados revelam um interessante caminho para se transformar as crenças dos indivíduos através da experiência.

Com a aprovação do modelo 3, a intenção foi incluída como uma variável preditora no modelo de escolha híbrido que será apresentado na próxima seção.

5.3.2 Modelos de escolha

Essa seção teve como objetivo estruturar um modelo de escolha para investigar as preferências dos habitantes de Porto Alegre com relação a um serviço de transporte flexível. Para isso, foi proposta uma situação hipotética de escolha onde o transporte flexível foi incluído como uma alternativa juntamente com outros 5 modos de transporte (carro, ônibus, lotação, táxi e o transporte por aplicativo ou *ridesource*).

Estiveram disponíveis para análise dois conjunto de atributos referentes às alternativas de transporte coletivo e individual, um conjunto de atributos associados às características sociodemográficas da amostra e a formulação da variável latente Intenção a qual foi estruturada segundo a TCP. A partir desse conjunto de dados diversas especificações foram testadas com o objetivo de experimentar as relações entre as variáveis e obter um modelo com melhor ajuste.

A inclusão da variável latente relativa à intenção aprimorou o potencial de previsão do modelo híbrido em comparação com o modelo discreto, este resultado está alinhado com o estado da arte da literatura sobre a inclusão de variáveis latentes em modelos de escolha e confirma a Hipótese 8 deste trabalho. Ao constatar que a inclusão da intenção aprimorou o poder explicativo do modelo discreto sem alterar significativamente as estimativas das variáveis já presentes no modelo, pode-se sugerir que sua contribuição ao modelo é independente das demais variáveis (ALEMI et al., 2018).

A principal contribuição da incorporação da variável latente no modelo discreto é a mitigação dos riscos relacionados ao problema da endogeneidade, a qual está relacionada à independência das variáveis do modelo com relação a variáveis externas, [Fernández-Antolín et al. \(2016\)](#), destacam que a essa é uma das premissas da porção determinística da função de utilidade (ver Eq. 2.2), de forma que a omissão de atributos relevantes ao comportamento de escolha pode produzir resultados viesados para as demais estimativas. Conforme os autores, a inclusão da constante específica (ASC) é uma abordagem utilizada para capturar os efeitos de variáveis não consideradas no modelo. Dessa forma, pode-se argumentar que as variações observadas nas constantes específicas de cada alternativa entre os modelos podem estar relacionadas à incorporação da nova variável, no entanto, uma investigação de outros fatores omitidos neste experimento se faz necessária.

Os resultados dos modelos mostraram que, para a amostra analisada, as principais variáveis influentes sobre a utilidade das diferentes alternativas foram a posse do automóvel e a idade. Apesar de não ter sido estatisticamente significativa para todos os modos, a consideração das condições climáticas exerceram relevante impacto sobre os modos coletivos. As informações extraídas desse modelo de escolha poderiam servir de embasamento a elaboração ou avaliação de políticas dedicadas à promoção do transporte coletivo.

A partir dessas informações pode-se inferir que o transporte flexível possui uma maior aceitação entre o público jovem (com idade até 34 anos) que não possui um automóvel disponível. Por outro lado, ao comparar o novo modo proposto com as demais alternativas, pode-se observar que, apesar dos resultados negativos indicarem a preferência pelo automóvel, a influência da idade para o grupo dos adultos e da posse do automóvel é significativamente menor para o transporte flexível do que os demais modos. Esses resultados sugerem um potencial interesse ou aceitação por parte dos entrevistados ao serviço de transporte público coletivo.

Em um estudo envolvendo dados longitudinais com o objetivo de analisar os efeitos da implementação de um novo sistema de transportes sobre as percepções da pessoas [Sottile, Piras e Meloni \(2019\)](#), observaram que o construto utilizado para representar o afeto em relação ao automóvel particular permaneceu estável ao longo dos diferentes momentos em que o estudo foi aplicado, a partir desse resultado os autores observam que a simples inclusão de um novo serviço de transportes pode não ser suficiente para mudar a percepção das pessoas com relação ao uso do automóvel particular e destacam a importância de políticas específicas para esse fim.

Por fim, deseja-se destacar que o procedimento de coleta de dados adotado, o qual caracterizou-se pela aplicação de um formulário online, atingiu majoritariamente um público com alto nível de escolaridade e renda. Enquanto pode-se argumentar que essas características socioeconômicas estejam correlacionadas, é necessário ressaltar que a distribuição observada pode ser responsável por introduzir viés nas observações, de forma que não se pode afirmar que os resultados representam o comportamento da cidade de Porto Alegre como um todo, constituindo, assim, uma limitação deste trabalho.

6 Considerações Finais

Esse trabalho se propôs a investigar o comportamento de escolha modal relativo à implementação de um serviço de transporte coletivo sob demanda, também chamado de transporte flexível. Como forma de complementar a análise do comportamento de escolha buscou-se incluir o aspecto psicológico dos indivíduos através da orientação da Teoria do Comportamento Planejado. A coleta de dados ocorreu através de uma pesquisa de preferência declarada entre os moradores da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Como forma de cumprir o estabelecido nesse objetivo geral estruturou-se um procedimento metodológico de maneira a percorrer três objetivos específicos.

Primeiramente buscou-se identificar os fatores subjetivos (ou psicológicos) que influenciam a intenção de utilizar o transporte público. Dessa forma, foram concebidas cinco variáveis latentes para serem estimadas como preditoras da intenção: As Atitudes com relação ao transporte público, o automóvel e as novas tecnologias, o Controle Percebido e as Normas Subjetivas. A partir da conceituação das variáveis latentes foram estipuladas as Hipóteses 1 a 5 acerca das relações entre essas variáveis e a intenção em utilizar o transporte público.

Em seguida, foram empregadas técnicas de modelagem para investigar a relação entre os fatores subjetivos e a intenção, a estimação ocorreu em duas etapas. Inicialmente uma análise fatorial confirmatória constatou-se que houve falhas na estruturação do construto Atitude com relação à novas tecnologias que ocasionaram na sua eliminação do estudo, os construtos Normas Subjetivas e Controle Percebido tiveram a sua consistência verificada após a modificação de sua especificação e os demais foram considerados satisfatórios. Em seguida o modelo estrutural foi especificado para estimar a Intenção, três modelos foram produzidos e revelaram que as atitudes foram as principais variáveis latentes explicativas.

O último objetivo específico consistiu na análise dos fatores objetivos e subjetivos que influem sobre a escolha pelo modo de transporte, seu cumprimento se deu através da estruturação de um modelo de escolha discreta utilizando os dados sociodemográficos e as respostas obtidas na pesquisa de preferência declarada. Foi utilizado um modelo logit multinomial onde buscou-se comparar o comportamento de escolha de cinco alternativas de modo de transporte disponíveis em Porto Alegre (o ônibus, a lotação, o automóvel, o táxi e o transporte por aplicativo), com um modo hipotético chamado de transporte flexível, o qual é definido como um serviço de transporte coletivo sob demanda.

Os resultados mostraram que a posse do automóvel e a idade foram os fatores mais influentes sobre a percepção de utilidade de cada uma das alternativas de transporte. Apesar de não ter apresentado significância estatística para todos os modos, o modelo sugere que a condição climática também um fator bastante ponderado pelos entrevistados.

A última etapa do trabalho tratou da estimação de um modelo híbrido de escolha e foi viabilizada partir dos produtos obtidos com a conclusão das duas etapas anteriores. Dessa forma, a variável latente Intenção estimada através da SEM foi introduzida no modelo discreto como uma variável adicional num procedimento que caracteriza a abordagem sequencial.

A análise dos modelos revelou que o modelo híbrido obtido após a inclusão da variável latente ajustou-se melhor do que o modelo discreto utilizando somente os dados sociodemográficos sem alterar significativamente a maior parte de suas estimações. Esse resultado está alinhado com outros estudos encontrados na literatura e permite concluir que a consideração do aspecto cognitivo e comportamental dos indivíduos no processo de tomada de decisão representa uma valiosa contribuição aos modelos utilizados em estudos sobre o comportamento de viagens.

A principal contribuição teórica deste trabalho se deu através da investigação da influência dos chamados fatores psicológicos das pessoas sobre o seu comportamento num contexto de escolha sobre o modo de transporte utilizado para realizar uma viagem urbana. A utilização de tais fatores é importante para a minimização de problemas relacionados à endogeneidade nos modelos. A conceituação dos construtos utilizados nas análises demonstrou que estudos deste tipo podem se beneficiar da utilização de uma teoria de suporte. Ainda que os modelos inicialmente propostos não se comportaram conforme o previsto, o procedimento empregado na sua estimação possibilitou uma investigação mais aprofundada sobre os problemas encontrados e que fazem parte da rotina de análises desse tipo.

A principal contribuição prática foi a identificação dos elementos que influenciariam a utilização de um novo sistema público de transporte, explorando sua potencial utilização no contexto da cidade de Porto Alegre. O conhecimento gerado sobre o comportamento de escolha modal abre caminhos para o aprofundamento desta discussão através da análise de novas especificações de modelos e cenários de escolha.

Por fim, deseja-se ressaltar a importância dos modelos de demanda para o planejamento das cidades frente aos desafios apresentados pelas novas diretrizes da mobilidade urbana e o surgimento de novos serviços e tecnologias aplicadas ao setor de transportes. O conhecimento gerado pelos estudos da demanda são valiosos insumos para a elaboração de políticas públicas que promovam o uso do transporte público coletivo e o acesso à cidade.

Com base no aprendizado adquirido durante o desenvolvimento deste trabalho, algumas sugestões para trabalhos futuros são propostas:

- A prática de estender a TCP com através da incorporação de outras variáveis latentes e teorias tem demonstrado sucesso em produzir modelos mais precisos. O hábito tem se mostrado uma variável comportamental muito influente sobre o comportamento em estudos sobre escolha modal (SETIAWAN; SANTOSA; SJAFRUDDIN, 2015; KAEWKLUENGLOM et al., 2017). Além do hábito, outros fatores psicológicos podem ser concebidos a depender do contexto em estudo. Dessa forma, a utilização da TCP com outros fatores psicológicos

teoricamente embasados é recomendada.

- Esse trabalho utilizou a abordagem sequencial na estimação do modelo híbrido, essa técnica é recomendada pela sua maior simplicidade em termos práticos e de processamento. No entanto, a literatura reporta que o método simultâneo é capaz de produzir modelos mais robustos pelo fato de processar toda a informação em uma única etapa sem absorver erros externos (RAVEAU et al., 2010; KAMARGIANNI; Ben-Akiva; POLYDOROPOULOU, 2014). Dessa forma, recomenda-se a experimentação da abordagem simultânea em um trabalho posterior.
- Esse estudo não estratificou a amostra de forma a capturar a influência das variáveis consideradas sobre diferentes grupos populacionais, possivelmente devido à limitações na amostra, este estudo não pôde capturar a variação das preferências entre os gêneros e a faixa de renda, por exemplo. Dessa forma, sugere-se para estudos futuros uma análise aprofundada da heterogeneidade da amostra com relação a fatores como as características socioeconômicas e o modo de transporte utilizado.

Referências

- AJZEN, I. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 50, n. 2, p. 179–211, dez. 1991. ISSN 07495978. Citado 5 vezes nas páginas 13, 30, 32, 35 e 79.
- AJZEN, I. Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior¹. *Journal of Applied Social Psychology*, v. 32, n. 4, p. 665–683, abr. 2002. ISSN 00219029. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 33.
- AJZEN, I. *Attitudes, Personality and Behavior*. 2. ed., reprint. ed. Maidenhead: Open Univ. Press, 2011. (Mapping Social Psychology). ISBN 978-0-335-21703-8. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 32.
- AJZEN, I. The Theory of Planned Behavior. In: _____. *Handbook of Theories of Social Psychology: Volume 1*. 1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1SP United Kingdom: SAGE Publications Ltd, 2012. p. 438–459. ISBN 978-0-85702-960-7 978-1-4462-4921-5. Citado na página 61.
- AJZEN, I. The theory of planned behavior: Frequently asked questions. *Human Behavior and Emerging Technologies*, v. 2, n. 4, p. 314–324, out. 2020. ISSN 2578-1863, 2578-1863. Citado na página 34.
- AJZEN, I.; FISHBEIN, M. Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, v. 84, n. 5, p. 888–918, 1977. ISSN 0033-2909. Citado na página 34.
- ALEGRE, P. *Pesquisa de Origem e Destino de Porto Alegre: EDOM e Linha de Contorno 2003*. Porto Alegre, 2004. Citado na página 49.
- ALEGRE, P. *Diagnóstico Da Mobilidade No Município de de Porto Alegre e Sua Interface Metropolitana*. Porto Alegre, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 49.
- ALEMI, F. et al. What influences travelers to use Uber? Exploring the factors affecting the adoption of on-demand ride services in California. *Travel Behaviour and Society*, v. 13, p. 88–104, out. 2018. ISSN 2214367X. Citado na página 80.
- Alonso-González, M. J. et al. The Potential of Demand-Responsive Transport as a Complement to Public Transport: An Assessment Framework and an Empirical Evaluation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2672, n. 8, p. 879–889, dez. 2018. ISSN 0361-1981, 2169-4052. Citado na página 17.
- ATASOY, B. et al. The concept and impact analysis of a flexible mobility on demand system. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 56, p. 373–392, jul. 2015. ISSN 0968090X. Citado na página 22.
- Bahamonde-Birke, F.; de Dios Ortúzar, J. Is Sequential Estimation a Suitable Second Best for Estimation of Hybrid Choice Models? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2429, n. 1, p. 51–58, jan. 2014. ISSN 0361-1981, 2169-4052. Citado na página 62.

- BANDALOS, D. L. Relative Performance of Categorical Diagonally Weighted Least Squares and Robust Maximum Likelihood Estimation. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, v. 21, n. 1, p. 102–116, jan. 2014. ISSN 1070-5511, 1532-8007. Citado na página 40.
- BEAUJEAN, A. A. *Latent Variable Modeling Using R: A Step-by-Step Guide*. First. [S.l.]: Routledge, 2014. ISBN 978-1-315-86978-0. Citado na página 63.
- Ben-Akiva, M. et al. Extended Framework for Modeling Choice Behavior. *Marketing Letters*, v. 10, n. 3, p. 187–203, 1999. ISSN 09230645. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 30.
- Ben-Akiva, M. et al. Hybrid Choice Models: Progress and Challenges. *Marketing Letters*, v. 13, n. 3, p. 163–175, ago. 2002. ISSN 0923-0645, 1573-059X. Citado 3 vezes nas páginas 13, 23 e 28.
- Ben-Akiva, M. et al. Integration of Choice and Latent Variable Models. In: *In Perpetual Motion*. [S.l.]: Elsevier, 2002. p. 431–470. ISBN 978-0-08-044044-6. Citado na página 63.
- BIGOLIN, V. H. T.; LARRAÑAGA, A. M. L. Caracterização do uso de ridehailing e análise da integração metroferroviária: Estudo na cidade de Porto Alegre e região metropolitana. In: *Anais Do 34º Congresso ANPET 2019*. Online: ANPET, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 75.
- BÖCKER, L. et al. Bike sharing use in conjunction to public transport: Exploring spatiotemporal, age and gender dimensions in Oslo, Norway. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 138, p. 389–401, ago. 2020. ISSN 09658564. Citado na página 12.
- BÖRJESSON, M. Joint RP–SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 44, n. 6, p. 1025–1038, nov. 2008. ISSN 13665545. Citado na página 25.
- BRAKE, J.; NELSON, J. D.; WRIGHT, S. Demand responsive transport: Towards the emergence of a new market segment. *Journal of Transport Geography*, v. 12, n. 4, p. 323–337, dez. 2004. ISSN 09666923. Citado 3 vezes nas páginas 12, 18 e 20.
- BRASIL. *Política Nacional de Mobilidade Urbana*. 2012. Citado na página 15.
- BROOME, J. “Utility”. *Economics and Philosophy*, v. 7, n. 1, p. 1–12, abr. 1991. ISSN 0266-2671, 1474-0028. Citado na página 25.
- CASSEL, D. L. *Caracterização dos serviços de ridersourcing e a relação com o transporte público coletivo: Estudo de caso em Porto Alegre*. Tese (Dissertação de mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Citado na página 75.
- CHEN, C.-F.; CHAO, W.-H. Habitual or reasoned? Using the theory of planned behavior, technology acceptance model, and habit to examine switching intentions toward public transit. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 14, n. 2, p. 128–137, mar. 2011. ISSN 13698478. Citado 3 vezes nas páginas 35, 36 e 71.
- CHEN, W. et al. Expanding the theory of planned behaviour to reveal urban residents’ pro-environment travel behaviour. *Atmosphere*, v. 10, n. 8, 2019. ISSN 20734433. Citado na página 35.
- CIALDINI, R. B.; RENO, R. R.; KALLGREN, C. A. A focus theory of normative conduct: Recycling the concept of norms to reduce littering in public places. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 58, n. 6, p. 1015–1026, 1990. ISSN 0022-3514. Citado na página 33.

- COHEN, A.; SHASHEEN, S. *Planning for Shared Mobility*. Chicago, US, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 14.
- COMENDADOR, J.; MONZÓN, A.; López-Lambas, M. E. A General Framework to Testing the Effect of Transport Policy Measures to Achieve a Modal Shift: A Sequential Hybrid Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 162, p. 243–252, 2014. ISSN 1877-0428. Citado 2 vezes nas páginas 63 e 75.
- CONNER, M.; ARMITAGE, C. J. Extending the Theory of Planned Behavior: A Review and Avenues for Further Research. *Journal of Applied Social Psychology*, v. 28, n. 15, p. 1429–1464, ago. 1998. ISSN 0021-9029, 1559-1816. Citado na página 35.
- CORDEAU, J.-F.; LAPORTE, G. The dial-a-ride problem: Models and algorithms. *Annals of Operations Research*, v. 153, n. 1, p. 29–46, jun. 2007. ISSN 0254-5330, 1572-9338. Citado na página 20.
- CURRIE, G.; FOURNIER, N. Why most DRT/Micro-Transits fail – What the survivors tell us about progress. *Research in Transportation Economics*, v. 83, p. 100895, nov. 2020. ISSN 07398859. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- DAVIS, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, v. 13, n. 3, p. 319, set. 1989. ISSN 02767783. Citado na página 36.
- de Moraes Ramos, G. et al. Route choice behaviour and travel information in a congested network: Static and dynamic recursive models. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 114, p. 681–693, maio 2020. ISSN 0968090X. Citado na página 25.
- DETR. *Social Exclusion and the Provision of Public Transport - Main Report*. Londres, Reino Unido, 2001. Citado na página 21.
- DETRAN-RS. *Frota Em Circulação No RS*. Porto Alegre, 2021. Citado na página 49.
- DILLON, W. R.; KUMAR, A.; MULANI, N. Offending estimates in covariance structure analysis: Comments on the causes of and solutions to Heywood cases. *Psychological Bulletin*, v. 101, n. 1, p. 126–135, 1987. ISSN 1939-1455, 0033-2909. Citado na página 69.
- DONALD, I.; COOPER, S.; CONCHIE, S. An extended theory of planned behaviour model of the psychological factors affecting commuters' transport mode use. *Journal of Environmental Psychology*, v. 40, p. 39–48, 2014. ISSN 02724944. Citado 3 vezes nas páginas 25, 35 e 79.
- ENOCH, M. et al. Why do demand responsive transport systems fail? In: *TRB 85th Annual Meeting Compendium of Papers*. Washington, DC: [s.n.], 2006. Citado na página 21.
- ESTEVEZ, L. A. Uber: O mercado de transporte individual de passageiros — regulação, externalidades e equilíbrio urbano. *Revista de Direito Administrativo*, v. 270, p. 325, jan. 2016. ISSN 2238-5177, 0034-8007. Citado na página 12.
- EUA. *Americans with Disabilities Act of 1990*. 1990. 327 p. Citado na página 20.
- Fernández-Antolín, A. et al. Correcting for endogeneity due to omitted attitudes: Empirical assessment of a modified MIS method using RP mode choice data. *Journal of Choice Modelling*, v. 20, p. 1–15, set. 2016. ISSN 17555345. Citado na página 81.

FISHBEIN, M.; AJZEN, I. *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co, 1975. (Addison-Wesley Series in Social Psychology). ISBN 978-0-201-02089-2. Citado 3 vezes nas páginas 31, 32 e 34.

FORD. *Ford Smart Mobility*. [S.l.], 2015. Citado na página 13.

FORWARD, S. Views on public transport and how personal experiences can contribute to a more positive attitude and behavioural change. *Social Sciences*, v. 8, n. 2, 2019. ISSN 20760760. Citado 2 vezes nas páginas 74 e 80.

FRENKEN, K.; SCHOR, J. Putting the sharing economy into perspective. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 23, p. 3–10, jun. 2017. ISSN 22104224. Citado na página 18.

FUKUSHI, M.; GUEVARA, C. A.; MALDONADO, S. A discrete choice modeling approach to measure susceptibility and subjective valuation of the decoy effect, with an application to route choice. *Journal of Choice Modelling*, v. 38, p. 100256, mar. 2021. ISSN 17555345. Citado na página 25.

GOLOB, T. F. Structural equation modeling for travel behavior research. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 37, n. 1, p. 1–25, jan. 2003. ISSN 01912615. Citado 3 vezes nas páginas 36, 37 e 39.

GUIMARÃES, M. A. et al. AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE QUALIDADE DO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO RESPONSIVO À DEMANDA CITYBUS 2.0 EM GOIÂNIA. In: *Anais Do 33º Congresso ANPET 2019*. Balneário Camboriú: ANPET, 2019. Citado na página 22.

HAGLUND, N. et al. Where did Kutsuplus drive us? Ex post evaluation of on-demand micro-transit pilot in the Helsinki capital region. *Research in Transportation Business & Management*, v. 32, p. 100390, set. 2019. ISSN 22105395. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 22.

HAIR, J. F.; SANT'ANNA, A. S.; GOUVÊA, M. A. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 2009. ISBN 978-85-7780-402-3. Citado 6 vezes nas páginas 38, 39, 41, 58, 69 e 70.

HALL, J. D.; PALSSON, C.; PRICE, J. Is Uber a substitute or complement for public transit? *Journal of Urban Economics*, v. 108, p. 36–50, nov. 2018. ISSN 00941190. Citado na página 12.

HAUSMAN, J.; MCFADDEN, D. Specification Tests for the Multinomial Logit Model. *Econometrica*, v. 52, n. 5, p. 1219, set. 1984. ISSN 00129682. Citado na página 27.

HE, S. Y.; THØGERSEN, J. The impact of attitudes and perceptions on travel mode choice and car ownership in a Chinese megacity: The case of Guangzhou. *Research in Transportation Economics*, v. 62, p. 57–67, jun. 2017. ISSN 07398859. Citado na página 80.

HENSHER, D. A. Stated preference analysis of travel choices: The state of practice. *Transportation*, v. 21, n. 2, p. 107–133, maio 1994. ISSN 0049-4488, 1572-9435. Citado 3 vezes nas páginas 45, 46 e 47.

HENSHER, D. A.; BARNARD, P. O.; TRUONG, T. P. The Role of Stated Preference Methods in Studies of Travel Choice. *Journal of Transport Economics and Policy*, v. 22, n. 1, p. 45–58, 1988. Citado 3 vezes nas páginas 45, 46 e 47.

HESS, S.; DALY, A. *Handbook of Choice Modelling*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 2014. ISBN 978-1-78100-315-2. Citado na página 27.

HESS, S.; PALMA, D. Apollo: A flexible, powerful and customisable freeware package for choice model estimation and application. *Journal of Choice Modelling*, v. 32, p. 100170, set. 2019. ISSN 17555345. Citado na página 63.

HOFFMAN, C. et al. What cognitive mechanisms predict travel mode choice? A systematic review with meta-analysis. *Transport Reviews*, v. 37, n. 5, p. 631–652, 2017. Citado na página 79.

HOOPER, D.; COUGHLAN, J.; MULLEN, M. R. Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*, v. 6, n. 1, p. 53–60, 2008. ISSN 1477-7029. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.

HU, L.-t.; BENTLER, P. M. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, v. 6, n. 1, p. 1–55, jan. 1999. ISSN 1070-5511, 1532-8007. Citado na página 43.

IBGE. *Estimativas Da População Residente Com Data de Referência 1o de Julho de 2020*. [S.l.]: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020. Citado na página 48.

IDRIS, A. O. et al. Investigating the effects of psychological factors on commuting mode choice behaviour. *Transportation Planning and Technology*, v. 38, n. 3, p. 265–276, 2015. ISSN 03081060. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 72.

JING, P.; JUAN, Z.-C.; ZHA, Q.-F. Effects of Incorporating the Extended Theory of Planned Behavior in a Mode Choice Model. In: *CICTP 2015 - Efficient, Safe, and Green Multimodal Transportation - Proceedings of the 15th COTA International Conference of Transportation Professionals*. [S.l.]: American Society of Civil Engineers (ASCE), 2015. p. 3682–3693. ISBN 978-0-7844-7929-2. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 76.

JOKINEN, J.-P.; SIHVOLA, T.; MLADENOVIC, M. N. Policy lessons from the flexible transport service pilot Kutsuplus in the Helsinki Capital Region. *Transport Policy*, v. 76, p. 123–133, abr. 2019. ISSN 0967070X. Citado na página 22.

KAEWKLUENGKLOM, R. et al. Influence of psychological factors on mode choice behaviour: Case study of BRT in Khon Kaen City, Thailand. *Transportation Research Procedia*, v. 25, p. 5072–5082, 2017. ISSN 23521465. Citado na página 83.

KALTER, M.-J. O.; PUELLO, L. L. P.; GEURS, K. T. Do changes in travellers' attitudes towards car use and ownership over time affect travel mode choice? A latent transition approach in the Netherlands. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 132, p. 1–17, fev. 2020. ISSN 09658564. Citado na página 80.

KAMARGIANNI, M.; Ben-Akiva, M.; POLYDOROPOULOU, A. Incorporating social interaction into hybrid choice models. *Transportation*, v. 41, n. 6, p. 1263–1285, 2014. ISSN 00494488. Citado na página 84.

KIM, J.-H.; CHUNG, J.-H.; KIM, T. The effect of psychological traits on mode choice behaviour: An application to a new water transit system in Seoul, Korea. *Transportation Planning and Technology*, v. 36, n. 6, p. 547–566, 2013. ISSN 03081060. Citado na página 13.

- KOLENIKOV, S.; BOLLEN, K. A. Testing Negative Error Variances: Is a Heywood Case a Symptom of Misspecification? *Sociological Methods & Research*, v. 41, n. 1, p. 124–167, fev. 2012. ISSN 0049-1241, 1552-8294. Citado na página 69.
- KOPPELMAN, F. S.; BHAT, C. *A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models*. [S.l.]: United States Department of Transportation, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 23, 25 e 27.
- KROES, E. P.; SHELDON, R. J. Stated Preference Methods: An Introduction. *Journal of Transport Economics and Policy*, v. 22, n. 1, p. 11–25, 1988. Citado 3 vezes nas páginas 44, 46 e 47.
- LITMAN, T. The new transportation planning paradigm. *ITE Journal*, v. 83, n. 6, p. 20–24, 26, 28, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 14.
- MACIEL, M. S. D. *Externalidades negativas do transporte motorizado individual em zonas urbanas do Brasil: Uma análise do potencial de economia de recursos para 2020*. Tese (Doutorado) — UFRJ, Rio de Janeiro, 2012. Citado na página 12.
- MARSH, H. W. et al. Is More Ever Too Much? The Number of Indicators per Factor in Confirmatory Factor Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, v. 33, n. 2, p. 181–220, abr. 1998. ISSN 0027-3171, 1532-7906. Citado na página 79.
- MCDONALD, R. P.; HO, M.-H. R. Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychological Methods*, v. 7, n. 1, p. 64–82, 2002. ISSN 1939-1463, 1082-989X. Citado na página 64.
- MCFADDEN, D. Economic Choices. *American Economic Review*, v. 91, n. 3, p. 351–378, jun. 2001. ISSN 0002-8282. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 23.
- MÎNDRILĂ, D. Maximum Likelihood (ML) and Diagonally Weighted Least Squares (DWLS) Estimation Procedures: A Comparison of Estimation Bias with Ordinal and Multivariate Non-Normal Data. *International Journal for Digital Society*, v. 1, n. 1, p. 60–66, mar. 2010. ISSN 20402570. Citado na página 40.
- MOKHTARIAN, P. L. Presenting the Independence of Irrelevant Alternatives property in a first course on logit modeling. *Journal of Choice Modelling*, v. 21, p. 25–29, dez. 2016. ISSN 17555345. Citado na página 27.
- MORAIS, M. d. P. et al. (Ed.). *Infraestrutura Social e Urbana No Brasil: Subsídios Para Uma Agenda de Pesquisa e Formulação de Políticas Públicas*. Brasília: IPEA, 2010. (Série Eixos Estratégicos Do Desenvolvimento Brasileiro, livro 6, v. 2). ISBN 978-85-7811-064-2. Citado na página 12.
- MULLEY, C. Mobility as a Services (MaaS) – does it have critical mass? *Transport Reviews*, v. 37, n. 3, p. 247–251, maio 2017. ISSN 0144-1647, 1464-5327. Citado na página 13.
- MULLEY, C.; NELSON, J. D. Flexible transport services: A new market opportunity for public transport. *Research in Transportation Economics*, v. 25, n. 1, p. 39–45, jan. 2009. ISSN 07398859. Citado 4 vezes nas páginas 13, 17, 20 e 21.
- NACHTIGALL, C. et al. (Why) Should We Use SEM? Pros and Cons of Structural Equation Modeling. *Methods of Psychological Research Online*, v. 8, n. 2, p. 1–22, 2003. ISSN 14328534. Citado na página 37.

NELSON, J. D. et al. Recent developments in Flexible Transport Services. *Research in Transportation Economics*, v. 29, n. 1, p. 243–248, jan. 2010. ISSN 07398859. Citado 3 vezes nas páginas 13, 17 e 21.

NTU. Transporte sob demanda: Nova tendência? *Revista NTUrbano*, n. 41, p. 28–31, 2019. ISSN 2317-1960. Citado na página 22.

NTU. *Anuário NTU 2019-2020*. Brasília, 2020. 48 p. Citado na página 12.

NTU. TopBus+: Serviço sob demanda inova o transporte público de Fortaleza. *Revista NTUrbano*, n. 43, p. 22–25, 2020. ISSN 2317-1960. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 23.

Observatório das Metrôpoles. *Mapa Da Motorização Individual No Brasil 2019*. Rio de Janeiro, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 49.

ORTÚZAR, J. d. D.; ROMÁN, C. El problema de modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: El caso del transporte. *EURE (Santiago)*, v. 29, n. 88, dez. 2003. ISSN 0250-7161. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 26.

ORTÚZAR, J. d. D.; WILLUMSEN, L. G. *Modelling Transport: Ortúzar/Modelling Transport*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. ISBN 978-1-119-99330-8 978-0-470-76039-0. Citado 5 vezes nas páginas 23, 44, 46, 47 e 50.

PEÑALOSA, E. The Role of Transport in Urban Development Policy. In: *Sustainable Transport: A Sourcebook for Developing Cities*. Eschborn, Alemanha: Sustainable Transport: a Sourcebook for Developing Cities (GTZ), 2002. Citado na página 14.

Livro, PERFIL Dos Municípios Brasileiros 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Citado na página 15.

PUSCHMANN, T.; ALT, R. Sharing Economy. *Business & Information Systems Engineering*, v. 58, n. 1, p. 93–99, fev. 2016. ISSN 2363-7005, 1867-0202. Citado na página 18.

QIN, H. et al. Effects of perception on public bike-and-ride: A survey under complex, multifactor mode-choice scenarios. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 54, p. 264–275, 2018. ISSN 13698478. Citado na página 12.

R Development Core Team. *A Language and Environment for Statistical Computing: Reference Index*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. ISBN 978-3-900051-07-5. Citado na página 63.

RAVEAU, S. et al. Sequential and Simultaneous Estimation of Hybrid Discrete Choice Models: Some New Findings. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2156, n. 1, p. 131–139, jan. 2010. ISSN 0361-1981, 2169-4052. Citado 2 vezes nas páginas 63 e 84.

RHEMTULLA, M.; Brosseau-Liard, P. É.; SAVALEI, V. When can categorical variables be treated as continuous? A comparison of robust continuous and categorical SEM estimation methods under suboptimal conditions. *Psychological Methods*, v. 17, n. 3, p. 354–373, set. 2012. ISSN 1939-1463, 1082-989X. Citado na página 40.

RISSANEN, K. *Kutsuplus - Final Report*. Helsinki, 2016. Citado na página 22.

RODRIGUES, M. D. R.; RIBEIRO, J. L. D.; URIARTE, A. M. L. ESTUDO DOS FATORES QUE AFETAM A ADOÇÃO DE SISTEMAS SOB DEMANDA DE TRANSPORTE. In: *Anais Do 33º Congresso ANPET 2019*. Balneário Camboriú: ANPET, 2019. Citado na página 13.

ROSSEEL, Y. **Lavaan** : An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, v. 48, n. 2, 2012. ISSN 1548-7660. Citado na página 63.

SANKO, N. *Guidelines for Stated Preference Experiment Design*. Tese (Dissertação) — Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2001. Citado na página 46.

Schermelleh-Engel, K.; MOOSBRUGGER, H. Evaluating the fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. *Methods of Psychological Research Online*, v. 8, n. 2, p. 23–74, 2003. ISSN 14328534. Citado 4 vezes nas páginas 41, 42, 43 e 79.

SCHOENAU, M.; MUELLER, M. What affects our urban travel behavior? A GPS-based evaluation of internal and external determinants of sustainable mobility in Stuttgart (Germany). *TRANSPORTATION RESEARCH PART F-TRAFFIC PSYCHOLOGY AND BEHAVIOUR*, v. 48, p. 61–73, jul. 2017. ISSN 1369-8478. Citado na página 13.

SCHREIBER, J. B. et al. Reporting Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results: A Review. *The Journal of Educational Research*, v. 99, n. 6, p. 323–338, jul. 2006. ISSN 0022-0671, 1940-0675. Citado na página 64.

SEBRAE. *Perfil Das Cidades Gaúchas: Porto Alegre*. Porto Alegre, 2019. Citado na página 54.

SETIAWAN, R.; SANTOSA, W.; SJAFRUDDIN, A. Effect of Habit and Car Access on Student Behavior Using Cars for Traveling to Campus. *Procedia Engineering*, v. 125, p. 571–578, 2015. ISSN 18777058. Citado na página 83.

SHASHEEN, S.; CHAN, N. Mobility and the Sharing Economy: Potential to Facilitate the First- and Last-Mile Public Transit Connections. *Built Environment*, v. 42, n. 4, p. 573–588, dez. 2016. ISSN 0263-7960. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 20.

SHEN, J. A Review of Stated Choice Method. *Discussion Papers In Economics And Business*, Osaka, Japão, 2005. Citado na página 46.

SOTTILE, E.; PIRAS, F.; MELONI, I. Could a New Mode Alternative Modify Psycho-Attitudinal Factors and Travel Behavior? *Transportation Research Record*, 2019. ISSN 03611981. Citado na página 81.

SPEARS, S.; HOUSTON, D.; BOARNET, M. G. Illuminating the unseen in transit use: A framework for examining the effect of attitudes and perceptions on travel behavior. *TRANSPORTATION RESEARCH PART A-POLICY AND PRACTICE*, v. 58, p. 40–53, dez. 2013. ISSN 0965-8564. Citado na página 13.

TAO, S. et al. To travel or not to travel: ‘Weather’ is the question. Modelling the effect of local weather conditions on bus ridership. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 86, p. 147–167, jan. 2018. ISSN 0968090X. Citado na página 75.

TEMME, D.; PAULSSEN, M.; DANNEWALD, T. Incorporating Latent Variables into Discrete Choice Models — A Simultaneous Estimation Approach Using SEM Software. *Business Research*, v. 1, n. 2, p. 220–237, dez. 2008. ISSN 2198-3402, 2198-2627. Citado na página 63.

THILL, J.-C. Choice Modeling. In: *International Encyclopedia of Human Geography*. [S.l.]: Elsevier, 2009. p. 181–186. ISBN 978-0-08-102296-2. Citado na página 23.

THORHAUGE, M.; HAUSTEIN, S.; CHERCHI, E. Accounting for the Theory of Planned Behaviour in departure time choice. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 38, p. 94–105, abr. 2016. ISSN 13698478. Citado 3 vezes nas páginas 13, 25 e 63.

TRAIN, K. E. *Discrete Choice Methods with Simulation*. Second. [S.l.]: Cambridge University Press, 2009. ISBN 978-0-521-76655-5 978-0-521-74738-7 978-0-511-80527-1. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 78.

XIA, Y.; YANG, Y. RMSEA, CFI, and TLI in structural equation modeling with ordered categorical data: The story they tell depends on the estimation methods. *Behavior Research Methods*, v. 51, n. 1, p. 409–428, fev. 2019. ISSN 1554-3528. Citado na página 43.

ZHOU, M. et al. Impacts of weather on public transport ridership: Results from mining data from different sources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 75, p. 17–29, fev. 2017. ISSN 0968090X. Citado na página 75.

ANEXO A – Questionário

Mobilidade Urbana

Pesquisa sobre Mobilidade Urbana



Essa pesquisa tem por finalidade avaliar o comportamento e escolhas dos usuários em diferentes modos de transporte, bem como identificar elementos que influenciam a sua escolha frente a diferentes cenários.

A sua participação é muito importante. Desde já, agradecemos sua contribuição!

O preenchimento da pesquisa leva cerca de 15 minutos.
Todos os dados serão tratados de maneira anônima e com uso de técnicas estatísticas.



Caracterização

Idade

*

Até 18 anos incompletos

De 18 a 23

De 24 a 33

De 34 a 43

De 44 a 53

De 54 a 63

Acima de 64 anos

Gênero

*

<input checked="" type="radio"/> Masculino	<input type="radio"/> Feminino
--	--------------------------------

Profissão

*

Empregado do setor público

Empregado do setor privado

Proprietário/Sócio de empresa

Autônomo

Aposentado

Do lar

Estudante

Desempregado

Escolaridade

*

Não alfabetizado

Pré-Escola

Fundamental (1º grau) (completo ou incompleto)

Médio (2º grau) (completo ou incompleto)

Superior (completo ou incompleto)

Pós graduação (completa ou incompleta)

Outro

Possui carteira de habilitação?

*

Sim Não

Quantos Automóveis possui na sua residência?

*

Nenhum

1

2

3 ou mais

Quantas Motocicletas possui na sua residência?

*

Nenhum

1

2

3 ou mais

Quantas pessoas moram na sua residência?

*

1

2

3

4

5 ou mais

Das pessoas que moram na sua residência, quantas são crianças ?

*

até 12 anos

Nenhuma

1

2

3

Mais de 3

Das pessoas que moram na sua residência, quantas são adolescentes?

*

de 12 a 18 anos incompletos

Nenhuma

1

2

3

Mais de 3

Qual sua renda familiar mensal ?

*

Considere a Renda Bruta

Até R\$1.800

De R\$1.801 a R\$5.300

De R\$5.301 a R\$10.500

De R\$10.501 a R\$17.300

Acima de R\$17.301

Deslocamento

Pense no deslocamento que você realizou com mais frequência no último mês.

Considere que o deslocamento é o ato de ir de um lugar a outro, por algum motivo.

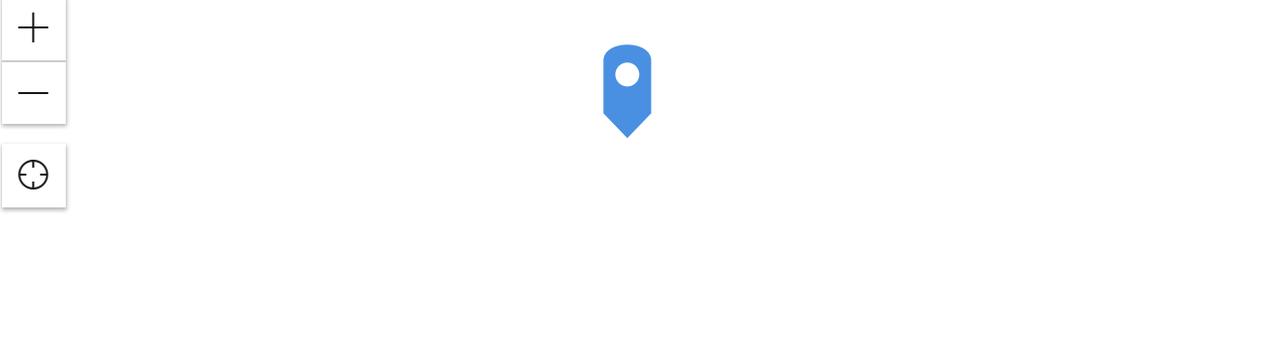
Responda sobre a última vez que você fez esse deslocamento:

Considere o deslocamento de ida

Qual o endereço da onde você estava? *

Origem - Rua/nº/Bairro/Cidade ou ponto de referência





Powered by [Esri](#)

Lat: -30.037 Long: -51.21504

Horário da saída? *

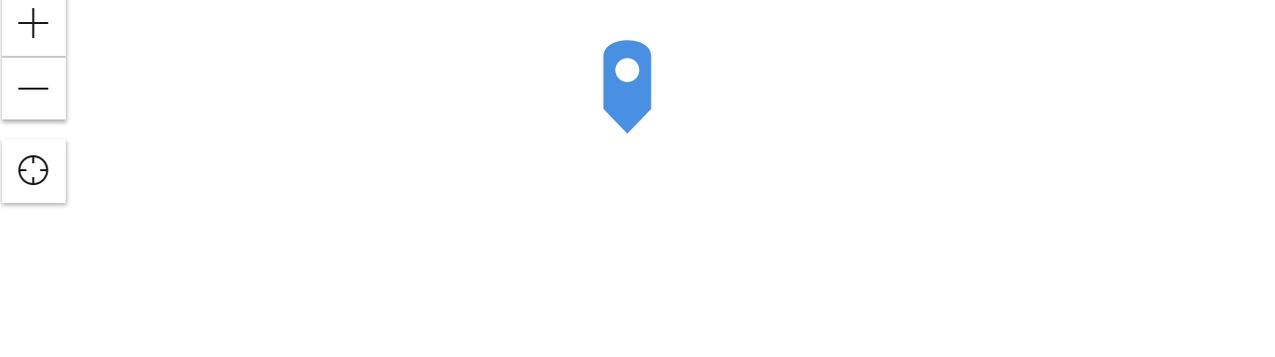
na origem

 00:00

Qual o endereço para onde você foi? *

Destino - Rua/nº/Bairro/Cidade ou ponto de referência





Powered by [Esri](#)

Lat: -30.03861 Long: -51.20105

Horário da chegada?

*

no destino

 00:00

Distância (m)

 1358

Qual o motivo do seu deslocamento?

*

Trabalho

Escola / Educação

Compras / Alimentação

Médico / Dentista / Saúde

Levar / pegar outra pessoa

Lazer / Recreação / Visita

Assuntos pessoais

Voltar para casa

Qual modo de transporte você usou?

*

Ônibus

Lotação

Táxi

Aplicativo de celular (Uber, Cabify ou outro)

Automóvel

Motocicleta

Trem

Bicicleta própria

Bicicleta compartilhada

A pé

Sobre o modo de transporte utilizado: ▼

Quanto você pagou pelo estacionamento? *

Nada

Até R\$5,00

De R\$5,00 a R\$9,99

De R\$10,00 a R\$14,99

De R\$15,00 a R\$19,99

De R\$20,00 a R\$24,99

De R\$25,00 a R\$29,99

Acima de R\$30,00

Preferência Declarada

Os 9 cenários apresentados a seguir foram elaborados baseados na viagem típica que você descreveu previamente.

Os cenários foram preparados para determinar como suas escolhas de modos de transporte poderiam mudar se as características dos diferentes modos fossem alteradas.

Solicitamos que leia as informações e as perguntas cuidadosamente antes de selecionar sua opção preferida.

Considere que os modos apresentados são os únicos disponíveis.

Ônibus



Se realizar transferências considere o tempo de espera só no início do primeiro trecho e o tempo de viagem corresponde à viagem total.

Lotação



Se realizar transferências considere o tempo de espera só no início do primeiro trecho e o tempo de viagem corresponde à viagem total.

Transporte Flexível



É um novo serviço de **MICRO-ÔNIBUS** acionado por **aplicativo** de celular. As rotas são **flexíveis/dinâmicas** e o ponto de embarque e desembarque são próximos a você (do ponto solicitado). Pense um serviço com micro-ônibus inteligente (**possui 15 lugares**), com **ar condicionado, wi-fi, poltronas confortáveis e todos os passageiros sentados**.

Sempre que solicitar uma viagem, o aplicativo vai informar o tempo que o veículo vai levar para chegar até você e indicar o local próximo a você para o embarque. O tempo de espera é a diferença entre o horário que o serviço foi prometido e o horário que realmente embarcou.

Táxi



Disponível por aplicativo, no ponto ou na rua.

Automóvel Próprio



Considere **só se** tiver carro **disponível**.

Automóvel por Aplicativo



Exemplo: uber, cabify, 99, etc.

As diferenças entre os modos serão:

- Custo da viagem (R\$)
- Tempo de viagem no veículo (min)
- Caminhada (quadras)
- Frequência (intervalo entre veículos)
- Embarque no tempo previsto
- Clima: Chovendo ou ensolarado

Preferência Declarada

1º cenário

Clima	Está ensolarado			Está ensolarado		
	A	B	C	D	E	F
	Ônibus	Lotação	Transporte Flexível	Táxi	Automóvel por aplicativo	Automóvel próprio
Custo	R\$ 4,00	R\$ 5,00	R\$ 5,00	R\$ 15,00	R\$ 13,00	R\$ 2,50 + estacionamento
Caminhada	2 quadras	5 quadras	1 quadra			
Embarcou conforme informado?	sim	6 min depois	6 min depois	sim	sim	
Tempo no veículo	11 min	14 min	12 min	10 min	10 min	10 min
Tempo Total	13 min	25 min	19 min	10 min	10 min	10 min
Frequência	a cada 30 min	a cada 10 min	a cada 20 min			

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

Ônibus

Lotação

Transporte Flexível

Táxi

Automovel por Aplicativo

Automóvel próprio

Preferência Declarada

2º cenário

Clima	Está ensolarado			Está ensolarado			B2
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio	
Custo	 R\$ 4,70	 R\$ 10,00	 R\$ 12,00	 R\$ 15,00	 R\$ 10,00	 R\$ 1,80 + estacionamento	
Caminhada	5 quadras	5 quadras	3 quadras				
Embarcou conforme informado?	12 min depois	3 min depois	sim	4 min depois	6 min depois		
Tempo no veículo	11 min	14 min	17 min	8 min	8 min	8 min	
Tempo Total	28 min	22 min	20 min	12 min	14 min	8 min	
Frequência	a cada 30 min	a cada 20 min	a cada 15 min				

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

<input checked="" type="radio"/> Ônibus
<input type="radio"/> Lotação
<input type="radio"/> Transporte Flexível
<input type="radio"/> Táxi
<input type="radio"/> Automovel por Aplicativo
<input type="radio"/> Automóvel próprio

Preferência Declarada

3º cenário

Clima	Está chovendo		Está chovendo		B3	
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio
Custo	 R\$ 7,00	 R\$ 5,00	 R\$ 5,00	 R\$ 22,00	 R\$ 10,00	 R\$ 2,50 + estacionamento
Caminhada	5 quadras	2 quadras	1 quadra			
Embarcou conforme informado?	6 min depois	sim	6 min depois	2 min depois	3 min depois	
Tempo no veículo	11 min	10 min	15 min	10 min	10 min	10 min
Tempo Total	22 min	12 min	22 min	12 min	13 min	10 min
Frequência	a cada 20 min	a cada 10 min	a cada 20 min			

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

Ônibus

Lotação

Transporte Flexível

Táxi

Automovel por Aplicativo

Automóvel próprio

Preferência Declarada

4º cenário

Clima	Está chovendo		Está chovendo		B4	
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio
Custo	 R\$ 4,00	 R\$ 10,00	 R\$ 5,00	 R\$ 22,00	 R\$ 8,00	 R\$ 3,50 + estacionamento
Caminhada	8 quadras	2 quadras	1 quadra			
Embarcou conforme informado?	sim	sim	6 min depois	sim	sim	
Tempo no veículo	14 min	14 min	17 min	8 min	8 min	8 min
Tempo Total	22 min	16 min	24 min	8 min	8 min	8 min
Frequência	a cada 10 min	a cada 15 min	a cada 25 min			

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

<input checked="" type="radio"/> Ônibus
<input type="radio"/> Lotação
<input type="radio"/> Transporte Flexível
<input type="radio"/> Táxi
<input type="radio"/> Automovel por Aplicativo
<input type="radio"/> Automóvel próprio

Preferência Declarada

5° cenário

Clima	Está ensolarado		Está ensolarado		B5	
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio
Custo	 R\$ 7,00	 R\$ 10,00	 R\$ 5,00	 R\$ 18,00	 R\$ 10,00	 R\$ 2,50 + estacionamento
Caminhada	2 quadras	2 quadras	1 quadra			
Embarcou conforme informado?	12 min depois	6 min depois	sim	2 min depois	3 min depois	
Tempo no veículo	9 min	10 min	15 min	12 min	12 min	12 min
Tempo Total	23 min	18 min	16 min	14 min	15 min	12 min
Frequência	a cada 10 min	a cada 20 min	a cada 25 min			

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

Ônibus

Lotação

Transporte Flexível

Táxi

Automovel por Aplicativo

Automóvel próprio

Preferência Declarada

6º cenário

Clima	Está ensolarado			Está ensolarado			B6
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio	
Custo	 R\$ 4,00	 R\$ 7,00	 R\$ 12,00	 R\$ 18,00	 R\$ 13,00	 R\$ 1,80 + estacionamento	
Caminhada	2 quadras	8 quadras	1 quadra				
Embarcou conforme informado?	12 min depois	3 min depois	sim	4 min depois	3 min depois		
Tempo no veículo	14 min	12 min	15 min	8 min	8 min	8 min	
Tempo Total	28 min	23 min	16 min	12 min	11 min	8 min	
Frequência	a cada 10 min	a cada 15 min	a cada 20 min				

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

<input checked="" type="radio"/> Ônibus
<input type="radio"/> Lotação
<input type="radio"/> Transporte Flexível
<input type="radio"/> Táxi
<input type="radio"/> Automovel por Aplicativo
<input type="radio"/> Automóvel próprio

Preferência Declarada

7º cenário

Clima	Está chovendo		Está chovendo		B7	
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio
Custo	 R\$ 7,00	 R\$ 5,00	 R\$ 5,00	 R\$ 15,00	 R\$ 8,00	 R\$ 3,50 + estacionamento
Caminhada	8 quadras	5 quadras	5 quadras			
Embarcou conforme informado?	6 min depois	sim	3 min depois	sim	6 min depois	
Tempo no veículo	9 min	10 min	12 min	12 min	12 min	12 min
Tempo Total	23 min	15 min	20 min	12 min	18 min	12 min
Frequência	a cada 20 min	a cada 10 min	a cada 25 min			

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

Ônibus

Lotação

Transporte Flexível

Táxi

Automovel por Aplicativo

Automóvel próprio

Preferência Declarada

8º cenário

Clima	Está chovendo		Está chovendo		B8	
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio
Custo	R\$ 4,70	R\$ 7,00	R\$ 4,70	R\$ 22,00	R\$ 13,00	R\$ 3,50 + estacionamento
Caminhada	5 quadras	8 quadras	5 quadras			
Embarcou conforme informado?	sim	6 min depois	3 min depois	2 min depois	6 min depois	
Tempo no veículo	9 min	12 min	17 min	10 min	10 min	10 min
Tempo Total	14 min	26 min	25 min	12 min	16 min	10 min
Frequência	a cada 30 min	a cada 15 min	a cada 15 min			

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

<input checked="" type="radio"/> Ônibus
<input type="radio"/> Lotação
<input type="radio"/> Transporte Flexível
<input type="radio"/> Táxi
<input type="radio"/> Automovel por Aplicativo
<input type="radio"/> Automóvel próprio

Preferência Declarada

9º cenário

Clima	Está chovendo		Está chovendo		B9	
	A Ônibus	B Lotação	C Transporte Flexível	D Táxi	E Automóvel por aplicativo	F Automóvel próprio
Custo	 R\$ 4,70	 R\$ 7,00	 R\$ 12,00	 R\$ 18,00	 R\$ 8,00	 R\$ 1,80 + estacionamento
Caminhada	8 quadras	8 quadras	3 quadras			
Embarcou conforme informado?	6 min depois	3 min depois	3 min depois	4 min depois	sim	
Tempo no veículo	9 min	12 min	12 min	12 min	12 min	12 min
Tempo Total	23 min	23 min	18 min	16 min	12 min	12 min
Frequência	a cada 20 min	a cada 20 min	a cada 15 min			

Para aumentar o tamanho da figura:

Na web: Aumente o zoom do seu navegador ou clique com o botão direito e abra a figura em outra aba

No celular: Vire o seu celular na horizontal

Qual modo de transporte você escolhe?

*

Ônibus

Lotação

Transporte Flexível

Táxi

Automovel por Aplicativo

Automóvel próprio

Frequência

Com que frequência você se deslocou no último mês?

De ônibus

*

Nenhuma vez

De 1 a 3 vezes neste mês

1 vez por semana

2 ou mais vezes por semana

De trem

*

Nenhuma vez

De 1 a 3 vezes neste mês

1 vez por semana

2 ou mais vezes por semana

De automóvel

*

Nenhuma vez

De 1 a 3 vezes neste mês

1 vez por semana

2 ou mais vezes por semana

Por aplicativo de celular (Uber, Cabify ou outro)

*

Nenhuma vez

De 1 a 3 vezes neste mês

1 vez por semana

2 ou mais vezes por semana

De táxi

*

Nenhuma vez

De 1 a 3 vezes neste mês

1 vez por semana

2 ou mais vezes por semana

De bicicleta

*

Nenhuma vez

De 1 a 3 vezes neste mês

1 vez por semana

2 ou mais vezes por semana

A pé

*

Considere viagens a pé de ida ou volta com destino específico, por exemplo: trabalho, estudo, compras, alimentação, lazer ou voltar pra casa.

Nenhuma vez

De 1 a 3 vezes neste mês

1 vez por semana

2 ou mais vezes por semana

Sobre o modo de transporte utilizado na viagem principal:

No deslocamento que você realizou com mais frequência no último mês, relatado anteriormente:

Qual a sua percepção sobre Segurança:

Em relação à acidentes de trânsito?

*

Utilize uma escala de 1 a 5, em que 5 é muito seguro

1

2

3

4

5

Em relação à roubos no veículo?

*

Utilize uma escala de 1 a 5, em que 5 é muito seguro

1

2

3

4

5

Em relação a roubos durante o acesso ou espera?

*

Utilize uma escala de 1 a 5, em que 5 é muito seguro

1

2

3

4

5

Atitudes

Na sua opinião...

Utilize uma escala de 1 a 5, em que 5 é concordo totalmente

Ter conectividade Wi-Fi e / ou 3G / 4G é essencial para mim

*



1 - discordo
totalmente



2



3



4



5 - concordo
totalmente

Se locomover ficou muito mais fácil com o uso do meu smartphone

*



Aprender a usar novas tecnologias é muitas vezes complicado.

*



Sempre que possível, prefiro usar transporte público do que outros modos de transporte.

*



Eu gosto de usar transporte público.

*



Preciso do transporte público para realizar minhas atividades diárias.

*



Me sinto seguro quando me desloco em um automóvel.

*



Preciso de automóvel para realizar minhas atividades diárias

*



Eu definitivamente quero ter um automóvel

ou continuar com o meu

*



Percepções

Na sua percepção...

Utilize uma escala de 1 a 5, em que 5 é concordo totalmente

Pessoas importantes na minha vida pensam que devo usar transporte público

*



Meus colegas aprovam o uso de transporte público

*



Familiares, amigos e colegas usam transporte público

*



Familiares, amigos e colegas usam aplicativos de transporte

*



É fácil para mim usar transporte público

*



É possível para mim usar transporte público se quisesse

*



É difícil para mim usar aplicativos de transporte

*



Pretendo usar transporte público no futuro próximo

*



Pretendo evitar modos de transporte individual no futuro próximo

*



Estou planejando usar mais o transporte público no futuro próximo

*



Muito obrigado por responder a pesquisa!



Fornecido pelo Survey123 for ArcGIS