

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

HUMBERTO SEBASTIÁN GARCÍA PIZARRO

ANÁLISE COMPARATIVA DE DOIS MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO
COLETIVO PARA A CIDADE DE JOINVILLE

Joinville

2018

HUMBERTO SEBASTIÁN GARCÍA PIZARRO

ANÁLISE COMPARATIVA DE DOIS MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO
COLETIVO PARA A CIDADE DE JOINVILLE

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística, curso de Engenharia de Transportes e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Simone Becker Lopes.

Joinville 2018

HUMBERTO SEBASTIÁN GARCÍA PIZARRO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DOIS MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO
COLETIVO PARA A CIDADE DE JOINVILLE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville, 30 de novembro de 2018.

Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dra. Simone Becker Lopes
Orientadora

Eng. Daiane Bertoldi
Membro
SEPUD-Joinville

Dra. Elisete Santos da Silva
Zagheni
Membro
Universidade Federal de Santa
Catarina

Me. Samuel Sembalista
Haurelhuk
Membro
Universidade Federal de Santa
Catarina

AGRADECIMENTOS

A la Gordita porque siempre me ha querido y creído en mí, la quiero mucho.

À minha família que desde criança nos cuidamos.

À Lori para que saiba que nunca me esquecerei da minha mãe brasileira.

Descanse em paz.

Ao meu caro amigo Douglas que sei que quando precisar, ele estará aí.

À minha querida, gaúcha, orientadora Simone que me teve que suportar nos últimos anos, me aconselha constantemente e me incentivou a terminar este trabalho.

Aos professores que me passaram um pouco da sua experiência de vida e souberam me entender e aconselhar quando precisei como aqueles conselhos da Elisete e dicas do Cassiano, assim como meus professores de Lages.

Aos integrantes da banca de TCC por terem aceitado me oferecer seu tempo para que eu possa concluir esta etapa.

Aos especialistas que participaram deste trabalho, sempre me surpreende a disposição e amabilidade das pessoas, especialmente no Brasil.

Às Secretarias acadêmicas, todo o pessoal técnico administrativo, e funcionários da UFSC e UDESC por resolverem meus inconvenientes quando precisei.

Aos meus colegas da UFSC e do CAV que foram ótimos comigo, com muito deles fiz lindas amizades, em especial minha querida Andreia, guerreira.

Aos meus amigos de todo canto do Brasil, aos meus sulistas, paulistas, meus queridos gaúchos, *tché*.

Ao Brasil que me deu outra oportunidade para ser diferente e mais feliz, em breve serei brasileiro também, embora meu coração já o seja.

A todos que alguma vez me corrigiram em português, foi por eles que eu aprendi.

Si tu viens, par exemple, à quatre heures de l'après-midi, dès trois heures je commencerai d'être heureux. Plus l'heure avancera, plus je me sentirai heureux. A quatre heures, déjà, je m'agiterai et m'inquiéterai; je découvrirai le prix du bonheur! Mais si tu viens n'importe quand, je ne saurai jamais à quelle heure m'habiller le cœur... Il faut des rites.

Le Petit Prince

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

O transporte público destinado a melhorar a mobilidade e descongestionar as ruas nas cidades sofre com a perda de passageiros, principalmente, pelas altas tarifas e uso exclusivo do ônibus. Os legisladores devem estudar assiduamente a implantação de novos empreendimentos em transportes para que sejam atraentes para a população. Este trabalho buscou analisar o modo Aeromovel©, do ponto de vista econômico, como alternativa ao transporte público coletivo por ônibus em um determinado sistema urbano, mediante uma análise multicritério. Dados técnicos das alternativas Aeromovel© e ônibus com faixa dedicada foram coletados para definir seus custos. Foi aplicada a metodologia AHP – *Analytic Hierarchy Process* para estabelecer uma hierarquia de critérios que são considerados para a tomada decisão comparativa. Foi realizada avaliação multicritério par a par da importância relativa dos critérios. Além disso, foi selecionado um corredor hipotético sentido Sul-Norte-Zona Industrial da cidade de Joinville para aplicar o estudo. 13 questionários foram aplicados a técnicos e planejadores da área de transportes públicos para chegar ao resultado final, isto é, em ordem de ranqueamento: custo geral do sistema, rapidez, impacto ambiental, espaço para implantação, conforto. Com base nos critérios selecionados, foi atribuído um peso para aplicá-lo aos custos e poder calcular uma nota para comparar ambas as opções. O sistema Aeromovel© resultou apresentar benefícios superiores ao ônibus com corredor ou faixa exclusiva.

Palavras-chave: Planejamento urbano. Transporte público. *Analytic Hierarchy Process*. Aeromovel. Alternativa ao ônibus convencional.

ABSTRACT

Public transport is aim to improve mobility and avoid traffic jams on urban streets, but today suffers from loss of passengers, mainly due to the high fares and exclusive use of buses, as a main transport. Legislators should diligently study new transport projects to make public transport more attractive to their citizens. This study analyses the Aeromovel© system, from an economic point of view, as an alternative to mass public transportation by bus in a given urban system. It was used a multicriteria decision making approach. Technical data of the Aeromovel © and dedicated lane buses systems was collected to determine their costs. Analytic Hierarchy Process methodology was applied to establish a criteria hierarchy, criteria that are considered for comparative decision making. A paired comparison was performed by multicriteria decision making approach. In addition, a hypothetical South-North-Zona Industrial corridor of the city of Joinville was selected to apply the study. 13 questionnaires were applied to technicians and public transport administrator. The result for the criteria ranking was: general system cost, speed, environmental impact, space for deployment, comfort. Based on the selected criteria, it was assigned a weight to each cost to calculate a grade for comparing both options. Aeromovel© system resulted in superior benefits to bus running on exclusive lane.

Keywords: Urban planning, public transport. *Analytic Hierarchy Process*. Aeromovel. Alternative to traditional public bus.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Faixa dedicada para ônibus, Goiânia | 19 |
| Figura 2 – Sistema de transporte BRT | 20 |
| Figura 3 – Ilustração do sistema Aeromovel. | 21 |
| Figura 4: Funcionamento de Propulsão do Sistema do Aeromovel..... | 22 |
| Figura 5: Espaço físico utilizado por diferentes modos de transporte. | 24 |
| Figura 6 – Faixa dedicada para ônibus | 31 |
| Figura 7 – Consumo energético por lotação do veículo. | 35 |
| Figura 8 – Emissões produzidas: comparação entre cenários..... | 36 |
| Figura 9 – Modelo da estrutura hierárquica do método AHP. | 39 |
| Figura 10 – Organograma das etapas metodológicas..... | 44 |
| Figura 11 – Rota troncal proposta..... | 49 |
| Figura 12 – Rota Universitária-Whirpool-Perini. | 51 |
| Figura 13 – Critérios na literatura. | 52 |
| Figura 14 – Hierarquia dos critérios para a análise..... | 54 |
| Figura 15 – Aba 4. Critérios principais. | 59 |
| Figura 16 – Subcritérios da estrutura hierárquica..... | 60 |
| Figura 17 – Aba 7. Cenário visual. | 60 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Norma da American Society of Civil Engineers - ASCE | 26 |
| Quadro 2 – valores da aceleração ms-2 (r.m.s.) em relação ao conforto..... | 27 |
| Quadro 3 – Valores da aceleração RMS para cada velocidade..... | 27 |
| Quadro 4 – Custo operacional em reais por lugar-quilômetro | 34 |
| Quadro 5 – Índice randômico | 43 |
| Quadro 6 – Subcritérios do Custo geral do sistema de transporte..... | 53 |
| Quadro 7 – Subcritérios do critério Impacto ambiental e visual..... | 53 |
| Quadro 8 – Critérios para a análise comparativa..... | 54 |
| Quadro 9 – Espaço físico - largura linear..... | 55 |
| Quadro 10 – Resumo dos indicadores e seus custos para cada alternativa e suas unidades..... | 58 |
| Quadro 11 – Ranqueamento dos pesos médios em porcentagem e decimal..... | 66 |
| Quadro 12 – Resumo dos custos e pesos aplicados ao sistema Aeromovel..... | 69 |
| Quadro 13 – Resumo dos custos e pesos aplicados ao Ônibus com corredor..... | 70 |
| Quadro 14 – Nota final para cada alternativa..... | 71 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Escala de Saaty..... | 40 |
| Tabela 2 – Exemplificação de matriz A com critérios C_n | 41 |
| Tabela 3 – Frota de Joinville em setembro de 2018..... | 47 |
| Tabela 4 – Velocidades máxima e média dos sistemas..... | 55 |
| Tabela 5 – Resume das medições de conforto | 56 |
| Tabela 6 – Atribuição de nota pela poluição ambiental dos sistemas. | 57 |
| Tabela 7 – Resumo das respostas dos pesquisado. Pesos em porcentagem. | 63 |
| Tabela 8 – Desvio Padrão e variância da média dos pesos W_i | 64 |
| Tabela 9 – Apresentação dos subcritérios de Custo do sistema de transporte por ordem de importância atribuída..... | 67 |
| Tabela 10 – Apresentação dos subcritérios do Impacto ambiental e visual por ordem de importância atribuída..... | 68 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Dispersão dos pesos para o Conforto..... | 64 |
| Gráfico 2 – Dispersão dos pesos para o Custo do sistema de transporte..... | 65 |
| Gráfico 3 – Tendência da atribuição dos pesos de Rapidez. | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP – Analytic Hierarchy Process (Processo de hierarquização analítica)

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos

ASCE – American Society of Civil Engineers

BRT – Bus Rapid Transit (Transporte Rápido por Ônibus)

dB(A) – Decibel Ajustado

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPK – Índice de Passageiros por Quilômetro

IPPUJ – Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o
Desenvolvimento Sustentável de Joinville

NBR – Norma Brasileira

NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

PIB – Produto Interno Bruto

PlanMOB – Plano de Mobilidade e Acessibilidade de Joinville

RMS/r.m.s – Root Mean Square

SEPUD – Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável

TRENSURB – Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A

VCI – Vibração de Corpo Inteiro

VLT – Veículo Leve sobre Trilhos

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral..... | 17 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 17 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 18 |
| 2.1 | SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS NO BRASIL..... | 18 |
| 2.1.1 | Faixas dedicadas para ônibus | 18 |
| 2.1.2 | Sistema ônibus BRT | 20 |
| 2.1.3 | Sistema Aeromovel..... | 21 |
| 2.2 | DESAPROPRIAÇÃO NO BRASIL | 22 |
| 2.3 | ESPAÇO DE IMPLANTAÇÃO | 23 |
| 2.4 | RAPIDEZ | 24 |
| 2.5 | CONFORTO | 25 |
| 2.5.1 | Ruídos internos e externos..... | 25 |
| 2.5.2 | Aceleração e frenagem..... | 26 |
| 2.5.3 | Temperatura ambiental (ar condicionado)..... | 28 |
| 2.6 | CUSTO DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO..... | 28 |
| 2.6.1 | Custos de implantação do Aeromovel | 28 |
| 2.6.2 | Custos de implantação de ônibus com faixa dedicada..... | 30 |
| 2.6.3 | Custo de implantação..... | 32 |
| 2.6.4 | Prazos para a implantação | 33 |
| 2.6.5 | Custo de manutenção e operação..... | 33 |
| 2.6.6 | Impacto ambiental | 35 |
| 2.7 | AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TRANSPORTES E TÉCNICAS | 36 |
| 3 | METODOLOGIA | 38 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | METODOLOGIA DE HIERARQUIA ANALÍTICA PARA A GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS | 38 |
| 3.2 | ETAPAS METODOLÓGICAS | 43 |
| 3.3 | ESCOLHA DA ROTA DE ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE MOBILIDADE | 45 |
| 3.3.1 | Estudo de caso da cidade de Joinville..... | 45 |
| 3.3.2 | Definição da rota em Joinville..... | 47 |
| 3.4 | SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS..... | 52 |
| 3.5 | ATRIBUIÇÃO DE NOTA MEDIANTE COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE..... | 55 |
| 3.5.1 | Espaço..... | 55 |
| 3.5.2 | Rapidez | 55 |
| 3.5.3 | Conforto..... | 56 |
| 3.5.4 | Custo prazo implantação..... | 56 |
| 3.5.5 | Custo de manutenção..... | 56 |
| 3.5.6 | Impacto ambiental | 56 |
| 3.6 | SOLUÇÃO DO MODELO | 58 |
| 4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 61 |
| 4.1 | PERFIL DOS REALIZADORES DA PESQUISA..... | 61 |
| 4.2 | RESULTADOS..... | 63 |
| 4.3 | CALCULO FINAL DE NOTA COM APLICAÇÃO DE PESOS..... | 69 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 72 |
| | REFERÊNCIAS..... | 75 |
| | APÊNDICE – Instrumento avaliativo | 80 |

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, cresceu o número de veículos nas vias, o que tem aumentado o congestionamento nas cidades, sobretudo nas horas de pico, razão pela qual os países investem em transporte público como forma de reduzir o impacto. Porém, a administração pública brasileira não considera o transporte público como prioridade de investimento, especialmente após a atual crise econômica (SANTOS et al., 2015).

Por esta razão, os legisladores devem estudar assiduamente a implantação de novos empreendimentos em transportes para que sejam atraentes para os usuários, e ao mesmo tempo economicamente viável aos órgãos públicos, assim como interessante para investidores privados.

Dalbem *et al.* (2010) indicam, que do ponto de vista da iniciativa privada, a viabilidade de um projeto é determinada por uma análise monetária que comprove que as receitas esperadas serão maiores do que os custos de investimento e de operação. No entanto, a avaliação de projetos de transportes é um assunto multidisciplinar, pois envolve aspectos administrativos, financeiros e econômicos e fatores não monetários (KAWAMOTO, 2002). Além disso, para a mobilidade sustentável, há de citar-se o aspecto social e ambiental, como se alude na Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012).

Para limitar o escopo de estudo na vasta área da viabilidade econômica, esta monografia realizará uma análise comparativa multicritérios de custos entre dois modos de transporte público para a cidade de Joinville, Santa Catarina: o ônibus tradicional em faixa exclusiva e o Aeromovel©.

O Aeromovel© é um meio de transporte urbano automatizado sobre trilhos e em via elevada, que utiliza um sistema de propulsão pneumática, criado por tecnologia brasileira. Seus desenvolvedores indicam que é um veículo que apresenta baixo custo de implantação, operação e manutenção, assim como baixo consumo energético (AEROMOVEL, 2017).

É utilizada uma análise de sistemas de transportes mediante a aplicação do método AHP (KAWAMOTO, 2002). Segundo Marins, Souza e Barros (2009), o Processo Analítico Hierárquico (AHP) é o método multicritério mais utilizado e conhecido na tomada de decisões. Os resultados obtidos a partir dos procedimentos descritos na metodologia sugerida poderão servir como ferramenta de apoio à tomada de decisão, a saber, instituições governamentais e privadas. A seguir, planeja-se elaborar um estudo hipotético da criação de rotas sentido sul-centro-zona norte industrial, para avaliar a adequação da metodologia, bem como o formato dos resultados.

A rota escolhida corresponde ao sentido geográfico Sul-Centro-Zona Norte Industrial, pois apenas a região industrial representa 2,24% do produto interno bruto (PIB) de Santa Catarina e 24,18% do PIB de Joinville, sendo de relevância econômica na mobilidade urbana (PERINI BUSINESS PARK, 2015).

Além disso, inclui-se o fato de que o Aeromovel apresenta benefícios por meio de baixa emissão de carbono, como resultado da mudança de combustível fóssil por energia elétrica. Essa diferença pode facilitar a obtenção de recursos para o financiamento do projeto em Joinville, uma vez que existem fundos internacionais dispostos a investir em projetos de engenharia com baixas emissões de carbono, conforme indicado, a título de exemplo, no projeto em implantação do Aeromovel em outra cidade brasileira, Canoas (PREFEITURA DE CANOAS, 2016).

Em suma, o intuito é procurar novas alternativas para o futuro na mobilidade urbana e dar um passo antes que as tecnologias obsoletas atrapalhem o desenvolvimento econômico da cidade. Este estudo busca obter resultados para persuadir a sociedade sobre os benefícios da mudança ou integração de novas tecnologias com o sistema de transporte atual.

Segundo Viana (2007 apud PEREIRA et al., 2013, p.04) “Os países que têm boa infraestrutura de transportes não a têm por serem desenvolvidos. Antes, são desenvolvidos porque cuidaram, no devido tempo, das suas estradas e das vias de transporte de todo tipo”.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o modo Aeromovel®, do ponto de vista econômico, como alternativa ao transporte público coletivo por ônibus com faixa dedicada em um determinado sistema urbano, mediante uma análise multicritério.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir indicadores com base em critérios econômicos para a análise;
- Levantar as variáveis a serem consideradas na medição dos indicadores;
- Verificar os custos generalizados para a sociedade decorrente do sistema
- Determinar os pesos dos indicadores para serem mensurados;
- Estudar a rota potencial para a aplicação do estudo de caso;
- Configurar os dois cenários de implantação e operação dos modos em estudo;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No desenvolvimento deste capítulo são abordados os temas principais que se relacionam na avaliação de projetos de transportes, dando foco em políticas econômicas e apresentando os métodos de análises de implantação de projetos de transportes que serão empregados na presente pesquisa.

2.1 SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS NO BRASIL

O transporte público no Brasil é conformado por trens, ônibus e metrô, dependendo do desenvolvimento e população de cada município, porém, o sistema tradicional por ônibus é o mais utilizado, em parte, pela sua flexibilidade e baixo custo de implantação inicial. Atualmente, uma grande parte de investimentos nesta área está focada no sistema do BRT ou na criação de corredores exclusivos, embora haja projetos que procuram alternativas ao modo rodoviário para buscar alternativas ao descongestionamento das vias urbanas e facilitar os deslocamentos diários nas cidades como sistemas de metrô.

2.1.1 Faixas dedicadas para ônibus

O uso de faixas dedicadas em larga escala data dos anos 80, quando o congestionamento em muitas cidades forçou as administrações a delimitar espaço viário para o transporte coletivo (NTU, 2013). No início os benefícios foram significativos devido a que a frequência e demandas do sistema de ônibus eram relativamente baixas.

O modelo começou a ser imitado em diversas cidades em desenvolvimento de vários países devido aos resultados positivos nos primórdios da política de transporte. Porém, segundo afirma o relatório da NTU (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009) nessas cidades, as demandas, o número de

ônibus e principalmente a quantidade de linhas superpostas segregadas na mesma faixa dedicada tornaram a operação ineficiente e complexa.

A experiência com corredores mais carregados na América Latina e China demonstra que esse tipo de corredores de ônibus oferece um espaço não congestionado, mas não resolvem os problemas nas paradas de ônibus, resultando em perda de fluidez. A razão que se dá é que os problemas operacionais dos sistemas 'abertos' não podem ser resolvidos sem integração e sem a reestruturação das linhas superpostas na mesma faixa dedicada (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009).

O maior prejuízo que causa a superposição excessiva de linhas de ônibus no corredor exclusivo é a baixa velocidade média do veículo pela formação de comboios nos pontos de parada. Frequentemente essa velocidade não ultrapassa 15 a 17 km/h, embora haja casos de sucesso em algumas cidades brasileiras como Goiânia na Figura 1 (NTU, 2013).

Figura 1 – Faixa dedicada para ônibus, Goiânia.



Fonte: NTU (2013)

2.1.2 Sistema ônibus BRT

Significa, em inglês, Transporte Rápido por Ônibus (Bus Rapid Transit), representa um transporte articulado que trafega em corredor exclusivo e, por isso, é uma alternativa mais rápida de viagem para os passageiros. Este modelo de mobilidade existe em 140 países. Por exemplo, só na cidade de Rio de Janeiro, nos corredores, cerca de 450 mil pessoas são transportadas por dia. Os números do BRT Rio impressionam, principalmente, por se tratar de um investimento relativamente novo: nele já são feitas 8 mil viagens diárias com uma frota de 440 ônibus (BRT RIO, 2018).

Figura 2 – Sistema de transporte BRT



Fonte: Mercedes-Benz (2018)

O sistema BRT foi concebido em Curitiba pelo arquiteto Jaime Lerner que, na ocasião prefeito da cidade, em 1974. As mudanças transformaram a capital em uma cidade de sucesso urbano, renomada em todo mundo (NTU, 2018).

Junto ao BRT vieram projetos sociais inovadores, zonas de pedestres e espaços verdes, além disso, muitas outras cidades brasileiras seguiram o exemplo com sistemas básicos, como São Paulo, Porto Alegre, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, como se ilustra na Figura 2.

2.1.3 Sistema Aeromovel

O metrô Aeromovel é um tipo de transporte urbano que apresenta vantagens em economia, segurança e conforto aos usuários. É um sistema totalmente automatizado e funciona em trilhos elevados com propulsão pneumática (ver Figura 3). Ao integrá-lo com outros meios de transporte, este sistema de metrô complementar os sistemas existentes, com baixo impacto na infraestrutura rodoviária e baixa poluição (COESTER, 2012).

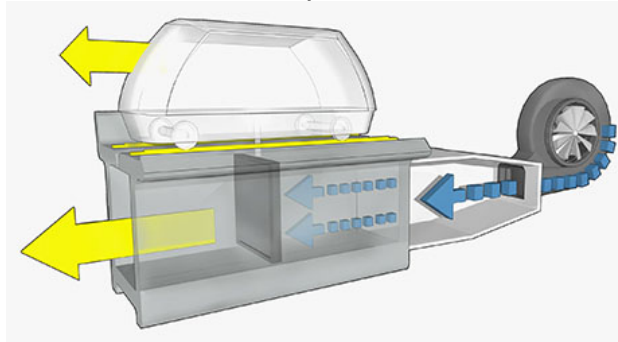
Figura 3 – Ilustração do sistema Aeromovel.



Fonte: Aeromovel (2017)

O sistema Aeromovel faz parte da categoria de sistemas automatizados de transportes, referindo-se aos sistemas de transporte de passageiros guiados de maneira totalmente automática. Sua tecnologia é baseada na propulsão pneumática, ou seja, o ar é pressurizado por ventiladores estacionários de alta eficiência energética, através de um conduto localizado dentro da via elevada. O ar empurra ou puxa uma placa de propulsão fixada ao veículo, que a move na plataforma sobre rodas de aço nos trilhos (Aeromovel, 2016). Na Figura 4 o sistema está representado de forma gráfica.

Figura 4: Funcionamento de Propulsão do Sistema do Aeromovel.



Fonte: Aeromovel (2017)

2.2 DESAPROPRIAÇÃO NO BRASIL

Kauche (2013) define desapropriação, que se origina através de um decreto do Poder Executivo ou através da edição de uma Lei, como o que atesta a utilidade pública sobre determinado bem, que se resume à perda de um bem pelo particular-proprietário em favor do Estado, em razão do princípio da supremacia do interesse público sobre o privado, recompensando-o pela justa indenização.

Desta maneira, a desapropriação é um processo de intervenção do Poder Público na propriedade privada, em prol de uma finalidade pública. E embora a Constituição Federal garanta uma justa e prévia indenização aos proprietários, na prática, a situação é mais complicada (SNEL, 2016). Muitas vezes é complexo determinar os valores ou custos para o imóvel do expropriado. Para realizar um levantamento de valores, é necessário que haja a avaliação por quem tem experiência e conhecimento.

Assim, Snel continua, teoricamente se tem como pressuposto o gasto necessário para reproduzir aquele bem, sem considerar uma possível depreciação.

Já o custo de reedição, é o custo de reprodução, descontada a depreciação do bem, considerando a idade e o estado em que ele se encontra.

Essas definições devem ser feitas de forma administrativa pelo órgão expropriante quando há uma negociação e pelo juiz quando há um processo judicial. É necessário que o perito descreva de forma clara e detalhada o que representa cada valor ou custo em seu laudo para uma posterior tomada de decisão.

No entanto, há casos em que não é possível realizar o cálculo do valor de mercado e em outros o custo. O valor ofertado pelo Poder Público quase sempre é

rejeitado e isso gera a discussão judicial, como aconteceu em Joinville com a duplicação da Av. Santos Dummont (FARIAS, 2017). Os expropriados contestam a avaliação oficial e apresentam assistentes e advogados competentes para a apuração do justo valor.

Por último, SNEL finaliza arguindo que ao realizar a avaliação, o engenheiro designado sempre deve indicar um valor de mercado, o custo de reprodução e o custo de reedição, conforme determina a NBR-14-653-2 da ABNT. Isso é necessário, pois não cabe ao profissional definir o que é justo ou não. O valor de mercado deve ser entendido como a quantia mais provável pela qual se negociaria conscientemente o bem, a qual flutua seguindo as tendências do mercado imobiliário.

2.3 ESPAÇO DE IMPLANTAÇÃO

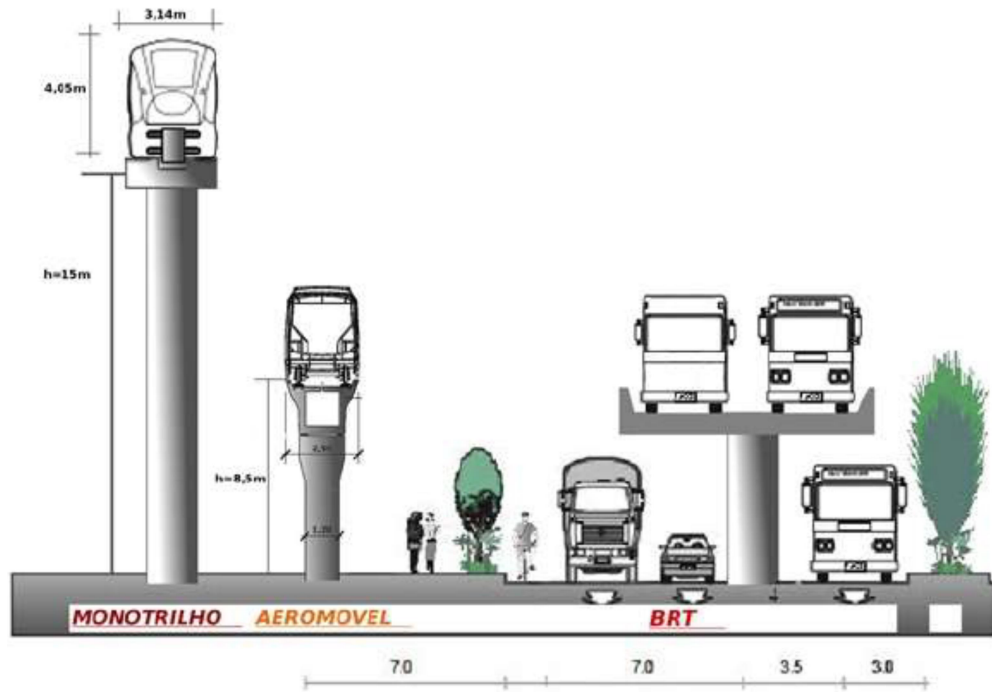
Economicamente o espaço físico é considerado um fator importante para o transporte público. Num mundo urbano, o espaço disponível se torna cada vez mais caro e disputado nas cidades devido ao aumento constante do valor do solo para fins imobiliários ou comerciais. Por esta razão, na hora de realizar um projeto de implantação de um sistema de transporte, os órgãos públicos e privados incluem nos objetivos minimizar o número de desapropriações. Somam-se a esta ideia, as tendências atuais de reduzir a agressão do meio natural, portanto, valorizando a menor intrusão nestes espaços por infraestruturas “cinzas” e impactando em menor grau no meio ambiente.

Além disso, o custo operacional também está relacionado com o espaço destinado aos transportes urbanos públicos porque este aumenta em cidades onde não possuem via exclusiva, por terem o tempo de viagem aumentado, ao estarem sob as mesmas condições de congestionamento das vias que os automóveis e motos (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009).

O sistema de Aeromovel, por estar em via elevada, possui uma interferência urbana menor nas estradas em que se deve considerar apenas a largura das vias que corresponde a 0,90 m, via simples, 1,20 m, via dupla, em contraste, o ônibus tradicional, que precisa de uma largura entre 3,30 m a 3,50 m para sua operação. Na Figura 5 está representado o espaço necessário que seria utilizado para

transportar o mesmo número de passageiros para diferentes modos de transporte coletivo.

Figura 5: Espaço físico utilizado por diferentes modos de transporte.



Fonte: Aeromovel (2017)

2.4 RAPIDEZ

A rapidez no transporte pode ser vista do ponto de vista da velocidade do veículo ou da viagem como um todo, isto é, deslocamento até a estação ou ponto de ônibus, a fluidez do transporte público nas vias, entre outros aspectos inerentes a cada passageiro. Devido à dificuldade de calcular a movimentação ou comportamento dos usuários do transporte coletivo, o presente estudo considera apenas as velocidades máxima e média operacional do veículo.

No caso do Aeromovel devido ao fato que não interage de forma direta com o fluxo nas vias urbanas, este sistema só depende das paradas em estações e número de veículos circulando nos trilhos. Atualmente calcula-se que pode alcançar velocidades máximas de até 70 km/h, mas para a experiência de Porto Alegre a velocidade média operacional corresponde a 32,5 km/h (AEROMOVEL, 2017).

O transporte público por ônibus tradicional historicamente apresenta velocidades baixas na operação, em média 13 km/h (TATTO, 2015), já que deve

lutar por espaço no trânsito. No entanto, com a implantação de faixas exclusivas ou, no melhor dos casos, de sistemas de BRT, a média operacional pode melhorar para 20 km/h (TATTO, 2015) e 27,5 km/h (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009), respectivamente.

2.5 CONFORTO

As condições de conforto num deslocamento por transporte público são de difícil determinação, pois englobam muitos aspectos qualitativos, de avaliação subjetiva e variam muito dependendo do tipo de usuário.

Em geral, como definido no critério da matriz AHP, o nível de conforto da viagem pode incluir o desenho do próprio veículo com o tipo e disposição dos assentos, o nível de ruído interno, a temperatura dentro do veículo e nas estações, assim como a quantidade de passageiros no interior dos veículos, quando em operação. Além disso, uma característica importante durante movimentação é a frenagem e aceleração do veículo e como este afeta aos passageiros.

Para efeitos de medição foram escolhidos três fatores encontrados na literatura: temperatura, ruído, frenagem e aceleração (vibrações).

2.5.1 Ruídos internos e externos

No caso do Aeromovel, os desenvolvedores do Grupo Coester (2012) indicam na maioria das suas publicações que seus veículos são silenciosos, sem ruído de motores e com design moderno, porém são poucos os dados que entregam em, por exemplo, decibéis (escala logarítmica mundial mais utilizada para medir a intensidade sonora). Entretanto, justificam que devido ao modo dispensar motor de propulsão embarcado, garante o menor impacto sonoro, além da construção dos veículos com isolamento acústico (AEROMOVEL, 2017).

No entanto, a revista digital Infraestrutura Urbana (CICHINELLI, 2013) afirma que o ruído gerado pelo Aeromovel realmente está abaixo dos níveis estabelecidos para sistemas de transporte urbano em países desenvolvidos. Assim continuam com as informações conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Norma da American Society of Civil Engineers - ASCE

| Veículo | Nível de ruído máximo em dB (A) |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Estacionário com portas fechadas | 74 dBA |
| Em movimento abaixo de 48 km/h | 76 dBA |
| Em movimento acima de 48 km/h | 79 dBA |

Fonte: Infraestrutura Urbana (2013)

Logo, conclui-se que o sistema Aeromovel não ultrapassa esta referência de valores permitidos de ruído.

Em relação ao ônibus tradicional, a literatura apresenta mais estudos sobre ruídos aos que passageiros são expostos. Em 2015 nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, a associação para a defesa dos direitos do consumidor Proteste realizou um estudo que identificou uma média de ruído de 76,7 decibéis, para a cidade paulista enquanto no Rio foi de 80,4 decibéis. (PROTESTE, 2015).

Em outro estudo realizado com ônibus na cidade de Itajubá onde 15 linhas foram avaliadas, totalizando mais de 23 h de avaliação, o nível sonoro variou de 78 a 84 dB(A), alcançando uma média aritmética dos valores obtidos de $81 \pm 0,9$ dB(A). (SILVA e CORREIA, 2012).

Finalmente, em outro estudo realizado em Porto Alegre por Giuliani (2011) em que foi estudado o nível acústico próximo aos motoristas de ônibus urbano e levantou dados que obtiveram um média de até 85 dB(A), concluindo-se que os ônibus avaliados não oferecem conforto adequado no que concerne aos parâmetros acústicos.

2.5.2 Aceleração e frenagem

A qualidade do veículo em termos de aceleração e frenagem também é superior para o Aeromovel segundo estudos sobre vibrações realizados mediante simulação por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LEONHARDT, VELLADO, *et al.*, 2003) e contrastados com testes sobre a vibração de corpo-inteiro (VCI) em transportes coletivos por pesquisadores de Universidade

Federal de Itajubá (FIGUEIREDO, SILVA e BARNABÉ, 2016), os que explicam sobre a resposta humana ao VCI e a sua relação no conforto:

A resposta humana à VCI é muito complexa e tem sido usado um conjunto de normas para abordá-la. Para Griffin (1998), a norma ISO 2631-1 (1997) apresenta uma alternativa de métodos para quantificação da exposição à vibração no corpo humano em relação à saúde e conforto. Estes métodos podem avaliar a vibração em veículos e máquinas que podem interferir no conforto, na saúde e no desempenho das atividades laborais. Os códigos de severidade encontrados na referida norma dividem os limites em: a) conforto - aplicável a passageiros de veículos; b) perda de eficiência causada por fadiga - relacionado à preservação da eficiência no trabalho, aplicado aos motoristas e cobradores e c) exposição sob condições específicas que oferecem perigo à saúde.

Figueiredo, Silva e Barnabé, 2016, p. 35

O Quadro 2 ilustra os valores de aceleração em ms^{-2} (r.m.s) indicando a percepção do corpo humano em relação ao conforto.

Quadro 2 – valores da aceleração ms^{-2} (r.m.s.) em relação ao conforto.

| Aceleração r.m.s (ms^{-2}). | Classificação |
|--|-----------------------------|
| <0,315 | Confortável |
| 0,315 a 0,63 | Um pouco desconfortável |
| 0,80 a 1,60 | Desconfortável |
| 1,25 a 2,50 | Muito desconfortável |
| >2,00 | Extremamente desconfortável |

Fonte: Figueiredo, Silva e Barnabé (2016)

A partir dos resultados das pesquisas conclui-se que o Aeromovel apresenta mais conforto que, conforme o Quadro 3, cai na classificação “confortável” para velocidades até 40 km/h e para “um pouco desconfortável” para velocidades de até 60 km/h.

Quadro 3 – Valores da aceleração RMS para cada velocidade.

| Velocidade | 20 km/h | 40 km/h | 60 km/h | 80 km/h |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| A_{RMS} (m/s^2) | 0.28 | 0.32 | 0.623 | 1.18 |

Fonte: Leonhardt, Vellado, et al. (2003)

Em contrapartida, para o ônibus, ponto de vista de conforto do passageiro, verificou-se que, de acordo com o método básico estabelecido na ISO 2631/1, o assento frontal foi considerado "um pouco desconfortável". Entretanto no assento central, a classificação foi enquadrada como "desconfortável". Para os demais

lugares do ônibus como "um pouco desconfortável", para velocidades de até 60 km/h (FIGUEIREDO, SILVA e BARNABÉ, 2016).

2.5.3 Temperatura ambiental (ar condicionado).

No caso da temperatura de conforto estudos indicam que não deve ser superior a 24 °C (ASBRAV, 2016), porém como ambos os sistemas podem instalar sistemas complementares de condicionamento do ar, para o presente método será considerado um nível de conforto igual.

2.6 CUSTO DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO

Na hora de procurar recursos para investimentos em transportes é fundamental saber a estimativa do custo monetário, pois só do ponto de vista da iniciativa privada, a viabilidade de um projeto é determinada por uma análise que comprove que as receitas esperadas serão maiores do que os custos de implantação e de operação. Para isso consideram-se os valores presente e futuro, a inflação, os tempos e prazos para execução, entre outras despesas legais (KAWAMOTO, 2002).

Em geral, por representar um alto investimento inicial, as entidades públicas assumem a etapa de implantação da infraestrutura, e a operação é aberta para licitação para investidores privados, porque muitas vezes os órgãos públicos possuem baixa capacidade para administrar um sistema de transporte complexo.

Para o presente estudo são utilizados os valores operacionais de sistemas existentes e, no caso do Aeromovel, trabalha-se, também, com estimativas. É considerado o tempo para o retorno do investimento, no possível são empregadas cifras fixas, e o custo foi subdividido em três: implantação, prazo, manutenção e operação.

2.6.1 Custos de implantação do Aeromovel

Os custos iniciais de implantação de qualquer obra são geralmente altos. No caso da construção do metrô Aeromovel, os investimentos básicos estão na faixa de

um bilhão de reais para uma extensão de 10 km e 23 estações, na cidade de Canoas. No caso de Porto Alegre, foram investidos 38 milhões de reais para um quilômetro de trilho (AEROMOVEL, 2017). Isto corresponde às despesas de três gastos principais: o conjunto tecnológico de sistemas, infraestrutura das vias elevadas e estações, outras interferências (PREFEITURA DE CANOAS, 2016).

Para exemplificar o gasto de recursos financeiros, os dados públicos e privados são utilizados nos casos em que esse tipo de sistema já foi construído, ou seja, Jacarta, na Indonésia, Porto Alegre e Canoas, no Brasil (AEROMOVEL, 2017).

O sistema Aeromovel na capital indonésia de Jacarta foi inaugurado em abril de 1989 com uma extensão de 3,135 km. A implementação durou oito meses, incluindo a fase do projeto. O sistema tem seis estações e é composto por três veículos, dois dos quais operam simultaneamente e podem atingir uma velocidade máxima de 70 km / h. O consumo de energia é de 2,93 kWh / local-km, com um custo anual de energia de apenas 4.000 USD. De 1989 a 2009, já foram transportados 5.443.563 passageiros, que pagam um valor equivalente a US \$ 1,00. Mesmo assim, o sistema não é subsidiado pelo governo local, porque a taxa cobre despesas operacionais e de manutenção, que incluem seus funcionários, materiais e suprimentos.

No caso brasileiro, embora a tecnologia seja nacional, somente em 2013 o primeiro Metro Aeromovel abre com a função de transportar passageiros do aeroporto Salgado Filho para ser integrado no sistema público de transporte intermunicipal na região de Porto Alegre, que se estende por um quilômetro de distância. Para isso houve um investimento de cerca de 11 milhões de dólares, sendo 60% destinados ao conjunto tecnológico de sistemas, 23% à infraestrutura da via elevada, 7% ao material rodante e 10% à construção de estações (AEROMOVEL, 2017).

Possui duas estações: a Estação Trensurb Aeroporto e a Estação do Terminal 1 do Aeroporto Salgado Filho. O sistema é composto por dois veículos: o modelo A100 com capacidade para 150 passageiros e o modelo A200 para 300 passageiros. O tempo total de viagem dura 2 min 35 s, considerando que a velocidade máxima que o veículo pode atingir é de 65 km/h, embora, em operação, não exceda 40 km/h. A tarifa é de R\$ 3,00 (com integração gratuita ao metrô interurbano). A demanda estimada para o sistema é estimada em 7,7 mil passageiros por dia. A operação comercial começou em 7 de maio de 2014 e foi

promovida como um trabalho para a Copa do Mundo daquele ano (TRENSURB, 2017).

2.6.2 Custos de implantação de ônibus com faixa dedicada

Em geral, o processo de implantação passa pelo planejamento e curso do projeto, as tecnologias empregadas e juntamente com o desenho que reflete nos custos de desapropriação, por exemplo. Assim, para realizar estimativas do custo de implantação de corredores exclusivos ou de um BRT compara-se outros sistemas já existentes, utilizando a média de seus custos de implantação e operação e manutenção (BENEDETTI, 2013).

De acordo com declarações do engenheiro Wágner Colombini, da Logit Consultoria e autor de diversos projetos internacionais de BRT, na revista Infraestrutura Urbana (CICHINELLI, 2011), quando desconsiderada a necessidade de construção de obras de arte, análises técnicas muito específicas e desapropriações, o valor de implantação chega a US\$ 10 milhões por quilômetro, cifra que também é confirmada por Giavina (2011 *apud* BENEDETTI, 2013, p.31).

Na cidade de Curitiba, por exemplo, com o projeto de implantação da Linha Verde Sul, foi implantado um sistema de corredor BRT, cuja primeira fase das obras, iniciadas em 2007, foi entregue em 2008 e corresponde a 9,4 km. Foram investidos R\$ 250 milhões no primeiro trecho, com recursos do BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento). Ao final das obras, espera-se unir 20 bairros – que antes ficavam separados por uma rodovia, agora transformada em avenida e corredor de transporte com dez faixas de tráfego, incluindo canaletas de uso exclusivo para os ônibus biarticulados (CICHINELLI, 2011).

Por outra parte, as faixas exclusivas de ônibus, que são um tipo de infraestrutura mais simples, representam um custo mais baixo que de implantação, de 100 mil a 500 mil reais por quilômetro (NTU, 2013);

Em relação aos custos de manutenção depende do tipo de pavimento que é utilizado, o que pode ser de asfalto ou concreto. Especialistas apontam que o tempo mínimo para manutenção corretiva em um pavimento de concreto é em torno de 20 anos, enquanto a vida útil do pavimento flexível é de seis anos (VOTORANTIM CIMENTOS, 2016).

Além disso, há de se considerar as despesas de utilização de ônibus convencionais e outros serviços como o uso de câmaras de fiscalização. A seguir são reveladas as principais características para a implantação deste tipo de infraestrutura que também estão representadas na Figura 6, conforme o ex Secretário Nacional do Transporte e da Mobilidade Urbana (LOPES, 2015):

1. Faixa dedicada para os ônibus com sinalização adequada: Faixa contínua de sinalização horizontal (utilização de tachões); Faixa não contínua de sinalização horizontal (onde é permitida conversão veículos do tráfego misto);
2. Placas de sinalização vertical, especialmente nas interseções para orientações dos condutores.
3. Fiscalização eletrônica: Controle do acesso dos veículos particulares.
4. Qualificação do pavimento (recapeamento)
5. Abrigos com informações aos clientes
6. Baia para embarque e desembarque (reforço do pavimento na baia)
7. Qualificação das calçadas



Fonte: Lopes (2015)

No caso de Joinville, poderia ser aplicado o modelo da Figura 6 como é explicado na seção da metodologia de este trabalho, porém este valor poder se tornar muito mais caro devido aos custos de desapropriação, embora seja menor que no caso de corredores para BRT. Além do custo da infraestrutura, deve-se considerar o preço médio de um ônibus no Brasil gira em torno de 500 mil reais (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009).

2.6.3 Custo de implantação

Atualmente o custo para instalar o sistema de Aeromovel é 38 milhões de reais para um quilômetro de trilho (AEROMOVEL, 2017). Por precisar de muito pouco espaço para as vigas, as desapropriações são baixas ou nulas, o que reduz consideravelmente o custo. O preço inclui a infraestrutura e os veículos.

No caso do ônibus com corredor de faixa dedicada, o custo é baixo, de 100 mil a 500 mil reais por quilômetro (LOPES, 2015), porém não inclui o valor do veículo. Além disto, dado o tracejado das ruas joinvillenses e, em particular, a rota proposta, seria preciso desapropriação parcial das áreas adjacentes ao trajeto proposto, considerando que, pelo menos, 2 metros de largura a mais para a rua são necessários para construir o corredor e os pontos de paradas para melhorar o conforto do sistema coletivo.

Para efeito da estimativa do valor de desapropriação nesta etapa do projeto, foi elaborada uma consulta nas ofertas de propriedades urbanas na região de Joinville próximo à rota de implementação do corredor, englobando os bairros Bucarein, Centro, América, Santo Antônio e Bom retiro, buscando informações nos sites das imobiliárias especializadas no setor (AGENTE IMÓVEL, 2018), resultando num valor médio de R\$ 4470,00/m² para propriedades urbanas na região. Logo, na necessidade de desapropriar um quilômetro o custo seria de quase 9 milhões de reais. Só para exemplificar com a rota proposta, para chegar até o parque industrial Perini Business seria preciso desapropriar pelo menos dois quilômetros da Rua Dona Francisca, tendo em lista que o projeto geométrico entre o ponto do Terminal Norte da cidade (ver Figura 11) é estreito como para construir um corredor de sentido duplo, isto é, mínimo 7,5m de largura, e ter uma pista para os carros particulares. Conforme imagens georreferenciadas, atualmente a largura da Rua Dona Francisca possui, em média, apenas entre 10 m a 12 m de largura.

Do ponto de vista da exclusividade na via e ainda que o corredor tivesse preferência semafórica, trata-se de via semi-exclusiva (diferente do BRT, cujo custo é maior) ou de tráfego misto, não garantindo total separação física do trânsito de veículos particulares e ônibus e, por conseguinte, incorrendo em tempos de viagens variáveis, possibilidade de atropelamentos e acidentes, além de outras desvantagens que se traduzem em um nível de serviço muito inferior àquele do Sistema Aeromovel, que opera automático em via totalmente segregada. Além

disso, os veículos custam em média 500 mil reais (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009), que não está incluso na cifra mencionada em relação a este tema.

2.6.4 Prazos para a implantação

Tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso da infraestrutura, considera possíveis atrasos na entrega das obras. Este prazo pode representar um custo difícil de estimar, como é a análise ou cálculo de imprevistos, por exemplo, no caso de atrasos e tempo dos prazos. Além disso, as etapas dos processos podem ser burocráticas e difíceis de levar à prática, como é no caso das desapropriações e recursos legais. As obras podem até dobrar seu valor. Este custo não depende em sua totalidade do modo de transporte a ser implantado e varia com a inflação, e o tempo que se perde por não ter o local e o sistema em funcionamento.

2.6.5 Custo de manutenção e operação

Custo necessário para manter o sistema funcionando dentro dos padrões estabelecidos, bem como para possíveis ajustes às novas demandas e manutenção adequada. Os gastos devem ser ponderados de acordo com a vida útil esperada para a infraestrutura.

Segundo as informações da empresa, o uso do Aeromovel como meio de transporte público foi pensado e estruturado para ser custeado apenas com o valor da tarifa urbana vigente (AEROMOVEL, 2017), sem subsídios, considerando períodos de concessão a partir de 30 anos. Ao longo deste período e a partir de um patamar mínimo de passageiros, o seu custo total – incluindo implantação, operação e manutenção – é inferior ao do ônibus comum e muito inferior a outras soluções como BRT, VLT ou metrô convencional autopropelido.

Dentre as três opções alternativas, a única que apresenta custos de capital equivalentes ao do Sistema Aeromovel, é a do Veículo Leve sobre Trilhos, segundo informações da empresa do grupo COESTER, o por consequência também superaria ao BRT conforme as conclusões de Benedetti (2013).

Todavia, a necessidade de condutor a bordo e demais características técnicas do ônibus e BRT resultam em um maior custo operacional, que se reflete

nos custos totais do empreendimento ao longo do período de vigência da Parceria Público-Privada. Como consequência, há necessidade de um aporte significativo de recursos públicos para tornar os empreendimentos economicamente sustentáveis. O Quadro 4 apresenta o resumo dos custos operacionais para o sistema convencional de ônibus indicando uma clara vantagem para o Aeromovel.

Quadro 4 – Custo operacional em reais por lugar-quilômetro

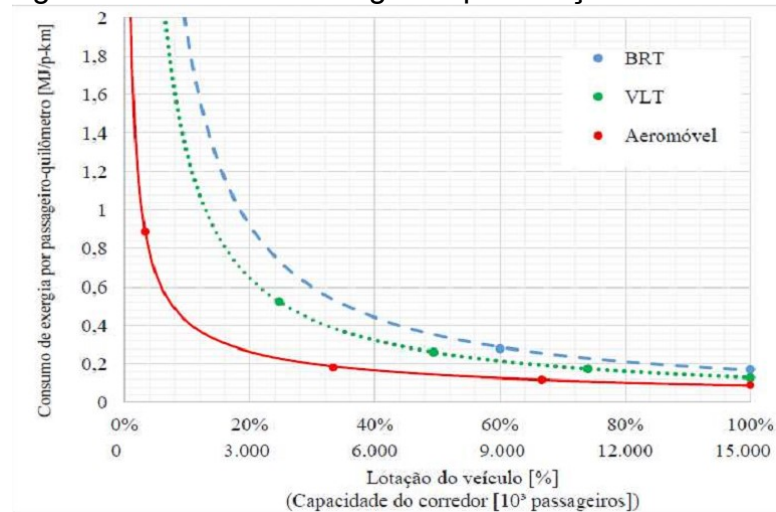
| Modal de Transporte | R\$/lugar-km |
|-----------------------------|---------------------|
| Ônibus urbano | 0,0724 |
| Ônibus metropolitano | 0,0838 |
| Metrô Aeromovel | 0,0149 |

Fonte: Matricial Energia (2016 apud Aeromovel, 2017).

Para contrastar com outras fontes os benefícios econômicos do Aeromovel, no sistema atual de ônibus público de Joinville, segundo informações das empresas que se encontram atualmente em contrato direto com a Prefeitura de Joinville, em 2016 havia 312 ônibus em circulação com idade média de 5,35 anos. De acordo com os dados do município, o custo operacional por km de percurso da frota corresponde a R\$ 5,954, e com um índice de passageiros por quilômetro (IPK) de 1,5 pas/km. Atualmente, a tarifa é de R\$ 4,30, uma das mais caras do transporte público no Brasil (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2016).

Uma das principais razões para o baixo custo operacional do sistema da empresa COESTER é a eficiência energética frente ao ônibus, o primeiro e principalmente elétrico o segundo opera com combustão a diesel. Em um estudo publicado por Silva (2017) apud AEROMOVEL (2017) foi possível modelar computacionalmente o consumo energético por passageiro conforme a lotação do veículo, representado na Figura 7.

Figura 7 – Consumo energético por lotação do veículo.



Fonte: AEROMOVEL (2017)

Nessa escala logarítmica é possível apreciar que mesmo com lotação mínima o Aeromovel é mais eficiente e, quanto mais aumenta o número de passageiros, o consumo baixa até atingir o equilíbrio de menor consumo por pessoa.

2.6.6 Impacto ambiental

De acordo com o impacto ambiental estudo de comparação de Pietrobelli (2017) com a construção do Aeromovel na cidade de Canoas, o autor deste trabalho confirma a declaração da empresa Aeromovel que seu veículo é menos poluente (AEROMOVEL, 2017). Para isso, Pietrobelli (2017) criou dois cenários possíveis: base e futuro.

- a. Cenário Base: cenário em que o sistema coletivo de transporte público da cidade permanece inalterado, ou seja, não há implantação do sistema Aeromovel, mantendo os veículos operacionais do ano de 2015.
- b. Cenário Futuro: cenário em que se considera a implantação do Aeromovel e sua integração com os demais modos de transporte coletivo público da cidade. Também inclui uma redução estimada de 35% da frota mais antiga em operação, equivalente a uma redução de 32% em quilômetros do total de viagens anuais e com 72 veículos reduzidos.

Dadas as estimativas feitas por Pietrobelli, observa-se que a implantação do sistema Aeromovel, aliada à redução de 35% da frota de ônibus mais antiga em operação, reduziria em 30% as emissões de gases de efeito estufa produzidos pelo sistema de ônibus públicos municipais de Canoas (em ton CO₂eq). Além disso, com o decréscimo de 4.434.700 km/ano percorridos (cerca de 32% menos), no caso das emissões de poluentes locais, estas diminuem em 39%, 38%, 49% e 46% para as emissões de CO, NO_x, MP e NMHC, respectivamente como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Emissões produzidas: comparação entre cenários.

| Poluentes | Emissões Produzidas | | |
|---------------------------------|---------------------|----------------|---------|
| | Cenário Base | Cenário Futuro | Redução |
| CO (ton/ano) | 19,73 | 12,12 | 39% |
| NO _x (ton/ano) | 120,12 | 74,13 | 38% |
| MP (ton/ano) | 2,61 | 1,33 | 49% |
| NMHC (ton/ano) | 5,26 | 2,86 | 46% |
| CO ₂ (ton/ano) | 13.657,30 | 9.558,78 | 30% |
| CH ₄ (ton/ano) | 0,82 | 0,55 | 32% |
| N ₂ O (ton/ano) | 0,41 | 0,28 | 32% |
| CO ₂ eq (ton/ano) | 13.788,76 | 9.647,54 | 30% |

Fonte: Pietrobelli (2017, p. 62)

2.7 AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TRANSPORTES E TÉCNICAS

Furtado e Kawamoto (2002) apontam que para a engenharia de transportes, o propósito da avaliação de projetos sempre esteve relacionado com a alocação de recursos, mas que tal alocação pode ser traduzida de diferentes maneiras conforme a ótica cada agente no projeto. Por exemplo, o empreendedor privado procura a maximização dos lucros, já o Estado, deseja o melhoramento do padrão de vida, determinando a minimização das disparidades regionais e aumentando a competitividade de produtos e mão-de-obra.

Assim os autores continuam auferindo à avaliação de projetos de transportes a finalidade do aumento do bem-estar da sociedade, para o que a alocação de recursos é essencial. Essa alocação deve propiciar otimização destes recursos em função das necessidades observadas (FURTADO e KAWAMOTO, 2002). Para isto, leva-se em conta também outros fatores também essenciais (culturais, políticos e ambientais) que compartilham a mesma demanda dos recursos disponíveis.

A literatura estudada aborda dois grupos principais de técnicas e procedimentos de avaliação: o monetário e não-monetário. As técnicas monetárias procuram analisar os atributos envolvidos em termos monetários, a saber, análise custo-benefício ou custo-efetividades, enquanto as não-monetárias multiobjetivo procuram tratar os atributos acomodando conceitos e definições subjetivas, em geral, tratando ações boas ou melhores de acordo com vários pontos de vistas, por exemplo, a análise hierárquica de Saaty, método em que se aprofunda este estudo.

3 METODOLOGIA

Nesta seção os métodos e materiais sugeridos para a obtenção dos resultados desejados no intuito de alcançar os objetivos, geral e específicos, propostos, são apresentados. Chama-se a atenção que este estudo tem objetivo de realizar uma análise comparativa estratégica e abrangente para verificar os impactos dos sistemas de transporte público coletivo em análise no meio urbano e para a sociedade. Não tem o fim de avaliar detalhes operacionais dos sistemas, o que seria para uma etapa de projeto posterior, necessitando de dados e outros estudos aprofundados.

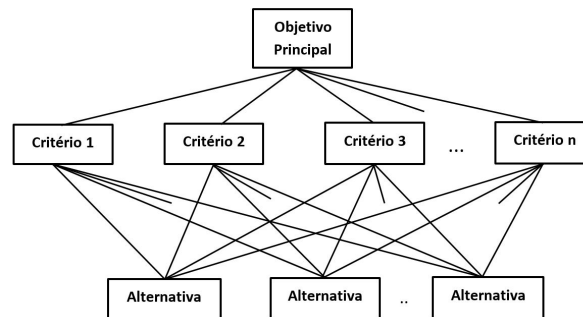
3.1 METODOLOGIA DE HIERARQUIA ANALÍTICA PARA A GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Também conhecida como método AHP (Analytic Hierarchy Process), esta técnica é desenvolvida em uma estrutura hierárquica onde as atividades recebem um nível de intensidade de acordo com a sua contribuição para a solução do problema. As alternativas são propostas em função desta contribuição e procuram, em geral, envolver atividades que tenham um maior comprometimento com a solução final (FURTADO e KAWAMOTO, 2002).

Saaty (1977), criador do método, define de forma prática um sistema, objeto essencial de um levantamento de alternativas. Uma hierarquia constitui uma abstração da estrutura de um sistema. Estudam-se seus aspectos funcionais e identificam-se seus componentes principais, impactos e agentes destes impactos.

Segundo RABANNI e RABANNI (1996 *Apud* FURTADO e KAWAMOTO, 2002), uma hierarquia consiste de objetos ou eventos e das relações entre eles. A estrutura mais simples de hierarquia corresponde ao conjunto formado por objetivo principal, critérios e alternativas, como se ilustra na Figura 9. Cada elemento desse conjunto ocupa um nível de hierarquia.

Figura 9 – Modelo da estrutura hierárquica do método AHP.



Fonte: CAMPOS (2013)

O coração desta técnica está no uso de uma escala de valores para medir as prioridades. Quanto maior o valor, maior é a prioridade. A escala é o resultado do produto de uma matriz por um vetor, conforme as seguintes condições:

- a. Compara-se a importância relativa de cada dois critérios, de modo que todos sejam comparados entre si. Para tal comparação utiliza-se a Escala de Saaty (ver Tabela 1). Desta forma determina-se uma matriz A , cujos elementos manifestam a relação entre os critérios.
- b. Define-se a ordem de prioridade dos critérios, de modo que a soma de todos os pesos seja igual a 1. Assim tem-se que $W_c = (W_{c1}, W_{c2}, \dots, W_{cn})$, em que W representa o peso do critério C_n .
- c. Determina-se a prioridade total. Ela é definida de acordo com o produto da matriz A pelo vetor W_c . Isto é um cálculo dos valores finais.

Tabela 1 – Escala de Saaty.

| Intensidade de importância | Definição | Explicações |
|-----------------------------------|--|---|
| 1 | Igual importância para ambos os elementos | Dois critérios contribuem em igual valor para um objetivo |
| 3 | Importância moderada de um elemento sobre o outro | Experiência e julgamento favorecem um elemento sobre o outro |
| 5 | Importância forte de um elemento sobre o outro | Um elemento é fortemente favorecido sobre o outro |
| 7 | Importância muito forte de um elemento sobre o outro | Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro |
| 9 | Importância extrema de um elemento sobre o outro | Um critério é visivelmente mais importante que outro. Esta importância é comprovada com certeza |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermediários | Usado para opiniões intermediárias entre dois julgamentos |

Fonte: Soriano e Meira (2018)

Os pesos são obtidos a partir de uma análise dos critérios por um especialista, ou pessoas diretamente relacionadas com o problema em estudo.

Para a utilização do método AHP, Soares (2006, apud CAMPOS, 2013) propõe o seguinte procedimento:

1. Identificar as alternativas de ação.
2. Estabelecer a hierarquia de decisão.
3. Fazer comparações paritárias dos atributos e alternativas com atribuição de pesos.
4. Checar a sua consistência.
5. Usar os pesos para obter uma pontuação para as diferentes opções.
6. Fazer uma análise de sensibilidade.
7. Com base nos resultados obtidos, tomar uma decisão.

A comparação dos critérios resulta na matriz A de decisão $n \times n$, onde n é o número de critérios utilizados. Como já descrito, os valores desta matriz A representam a importância e a preferência de um critério em relação ao outro do ponto de vista do tomador de decisão Lopes (2015).

$$A_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \frac{W_1}{W_2} & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ \frac{W_2}{W_1} & \frac{W_2}{W_2} & \dots & \frac{W_2}{W_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{W_n}{W_1} & \frac{W_n}{W_2} & \dots & \frac{W_n}{W_n} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Como a matriz A é recíproca apenas é necessário avaliar a metade triangular superior da matriz já que a outra deriva desta e a diagonal principal assume valor unitário, isto é:

$$A_{ij} = \frac{1}{A_{ji}}, \text{ para } i \neq j \quad A_{ij} = 1, \quad \text{para } i = j \quad (3)$$

Tabela 2 – Exemplificação de matriz A com critérios C_n .

| Critérios | Critério A | Critério B | Critério C | Critério D |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|
| Critério A | 1 | 5 | 7 | 8 |
| Critério B | 1/5 | 1 | 4 | 1/3 |
| Critério C | 1/7 | 1/4 | 1 | 4 |
| Critério D | 1/8 | 3 | 1/4 | 1 |

Fonte: Própria (2018)

Após a montagem das matrizes, como no exemplo da Tabela 2, é necessário encontrar o vetor de pesos pretendidos que satisfaça a seguinte equação (CAMPOS, 2013).

$$A_{ij}W = \lambda_{máx}W \quad (4)$$

Onde: A_{ij} é a matriz de comparação par a par

$\lambda_{máx}$ é o autovalor de A_{ij}

W é o vetor peso pretendido.

Após a avaliação de todos os critérios e a obtenção da matriz de comparação, para obter o cálculo de pesos é necessário realizar a normalização dessa matriz, pois, segundo Campos (2013), os valores atribuídos aos critérios são muito diferentes, o que inviabiliza a sua agregação imediata para análise. Tal procedimento é efetuado conforme a equação abaixo em que cada elemento da matriz é dividido pela soma dos elementos da coluna em que ele pertence.

$$w_i(a_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

Onde n é o número de critérios a ser comparados

Posteriormente, calcula-se o vetor prioridade w que fornece a ordem de prioridade dos critérios, utilizando a equação 6, e com ele é possível calcular o autovalor $\lambda_{m\acute{a}x}$ mediante a equação 7:

$$w_i(a_i) = \sum_{j=1}^n \frac{w_i(a_j)}{n} \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad (7)$$

Onde A é a matriz de comparação par a par, vetor w o vetor de pesos encontrado na etapa anterior e n o número de critérios.

Além disso, segundo Saaty (1991, apud CAMPOS, 2013) sempre haverá um grau de inconsistência nas respostas devido à natureza humana e, em consequência, isso será acarretado para a matriz.

Quando o número de critérios n é maior que 2 é preciso verificar a proximidade entre al autovalor $\lambda_{m\acute{a}x}$ e n (CAMPOS, 2013), através da equação:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (8)$$

Onde:

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (9)$$

IC: índice de consistência

IR: índice randômico

RC: razão de consistência

n: número de critérios ou ordem da matriz

O IR é o índice randômico que pode ser obtido através do Quadro 5 que relaciona o índice de aleatoriedade com o número de critérios da matriz de comparação par a par.

Quadro 5 – Índice randômico

| Número de critérios | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IR | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Fonte: CAMPOS (2013)

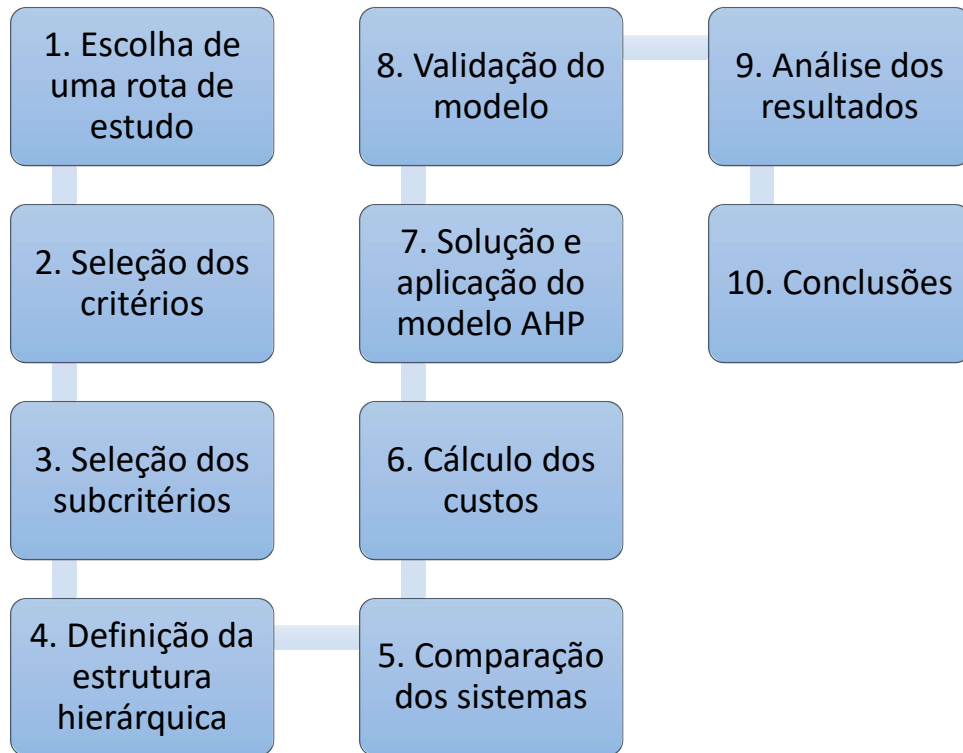
Segundo Lopes (2015), caso o resultado do RC seja inferior a 0,1, o nível de inconsistência das comparações é superior ao sugerido pela literatura, para tanto as comparações devem ser realizadas novamente, até que a consistência seja alcançada.

Em suma, a técnica de geração de alternativas busca orientar a definição sobre qual critério é mais importante em relação a outro dentro de uma hierarquia estabelecida de alternativas. O método AHP trabalha com esses conceitos e com a aplicação dele se podem realizar decisões de problemas que envolvem diversas variáveis, qualitativas e quantitativas algo que faz com que problemas complexos sejam inviáveis de serem avaliados através de modelos de otimização comuns. Por isso, deve-se saber definir os critérios que retratem com clareza cada situação investigada.

3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

Para trabalhar de maneira organizada a metodologia é dividida em etapas que serão desenvolvidas para atingir os objetivos da pesquisa como esquematizado no organograma da Figura 10.

Figura 10 – Organograma das etapas metodológicas.



Fonte: Própria (2018)

Na primeira etapa é estabelecida a rota de trabalho a ser estudada e descrevem-se os fundamentos teóricos para a sua escolha. A seguir selecionam-se os critérios conforme o método AHP exige. Esta etapa está intrinsecamente ligada a seguinte, na qual surgem subcritérios, para que, na sequência, na etapa quatro seja construída a estrutura hierárquica para o presente estudo.

Com o desenvolvimento das etapas anteriores é possível se aprofundar na quinta fase em que se inicia a análise comparativa dos sistemas que, em paralelo com a etapa seis do cálculo dos custos, vai se entrelaçando com as características dos critérios decididos para o método AHP.

Na etapa da solução e aplicação do modelo, diferentes técnicas de resolução são empregadas com o objetivo de encontrar os resultados esperados, no caso, a aplicação do questionário tendo como base o processo AHP.

Na continuação, validação do modelo, os resultados são comparados com a realidade, nesta etapa é verificada a qualidade de solução, ou seja, se ela representa a realidade ou não, para poder continuar com a análise e discussão dos resultados. Finalmente, na décima etapa são apresentadas as conclusões.

3.3 ESCOLHA DA ROTA DE ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE MOBILIDADE

Prévio ao desenvolvimento deste capítulo cabe salientar que a definição da rota tem fins exemplificativos e didáticos, baseado na situação atual da cidade quanto à mobilidade urbana. Assim, como já mencionado, para estabelecer um sistema de transporte coletivo, deve ser considerada a demanda de passageiro mediante estudos de pesquisas OD (origem-destino) presente e futuras, o que iria além do escopo do presente estudo metodológico. Logo, parte-se do princípio que os dois sistemas estão adequados para a demanda de Joinville, e demais detalhes operacionais de dimensionamento do sistema seriam para uma etapa de projeto posterior a esta.

3.3.1 Estudo de caso da cidade de Joinville

Joinville é o maior município de Santa Catarina com uma população de 583 mil habitantes (IBGE, 2018). Ele está localizado na região norte do estado, tendo limites com os municípios de Jaraguá do Sul (oeste), São Francisco do Sul (leste), Campo Alegre e Garuva (norte) e Araquari, Guaramirim e Schroeder (sul).

Conforme o Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (IPPUJ), o crescimento demográfico da cidade de Joinville e histórico de sua malha viária remonta o tempo de colônia. As ruas foram inicialmente construídas para dar acesso aos lotes comercializados e seguiam conforme suas características físicas e naturais (elevações, restingas e manguezais), sendo a região central ocupada e dela partindo novas vias de acesso predominantemente na direção Norte-Sul devida o interesse na ligação entre os municípios de Curitiba (PR) e Florianópolis (SC).

Posteriormente, novas vias foram realizadas na direção Oeste-Leste com o objetivo da interligação entre a Serra e os portos de Joinville e São Francisco do Sul (SC), em suma, a grande maioria das ruas funciona como vias de penetração de bairro e tem como referencial o eixo Norte-Sul da cidade.

O sistema viário do município passou a ser estudado e melhor planejado a partir da elaboração do Plano Viário (Plano Diretor de 1973) instituído pela Lei Municipal 1262/73 (JOINVILLE, 1973), onde foram definidos zoneamentos e os eixos viários estruturadores (classificados como principais e secundários).

O zoneamento feito em 1973 delimitou áreas residenciais, áreas de preservação, industrial e comercial. A área prioritariamente industrial ocupou grande parte da zona norte, devido a sua baixa densidade demográfica e as áreas caracterizadas apenas como residenciais se concentraram, em sua maioria, na zona sul da cidade criando um alto fluxo de viagens da zona sul à zona norte somados ao movimento da área central, como ainda é relatado hoje na pesquisa origem destino efetuada em 2010 pelo Instituto de Pesquisa Catarinense – IPC, através da Fundação IPPUJ.

Entre os resultados da pesquisa foi apresentada a divisão modal das viagens realizadas pelos moradores (FUNDAÇÃO IPPUJ, 2016), mostrando que os cidadãos empregam diversos modos de transporte, isoladamente ou de forma conjunta. A pesquisa mostrou que 24% da população locomovem-se por algum tipo de transporte coletivo oferecido pela cidade - transporte por ônibus urbano, especial de empresas e fretamento. O índice constado é superior à média de diversas cidades brasileira de médio porte, porém, inferior ao estabelecido pelo PlanMOB, ou seja, 40% para 2030 (FUNDAÇÃO IPPUJ, 2016).

Quanto ao transporte público, o principal, ou único, modo oferecido à população é ônibus tradicional e é composto por subsistema urbano, formado por linhas de atendimento aos bairros em sua ligação com o centro.

Tabela 3 – Frota de Joinville em setembro de 2018.

| Veículos | Quantidade |
|------------------------|-------------------|
| Automóvel | 260314 |
| Caminhão | 8374 |
| Caminhão trator | 3190 |
| Caminhonete | 22078 |
| Camioneta | 16228 |
| Ciclomotor | 112 |
| Micro-ônibus | 784 |
| Motocicleta | 59324 |
| Motoneta | 14252 |
| Ônibus | 857 |
| Reboque | 9780 |
| Semirreboque | 4773 |
| Sidecar | 57 |
| Outros | 121 |
| Trator rodas | 380 |
| Triciclo | 31 |
| Utilitário | 4748 |
| Total | 405406 |

Fonte: Denatran (2018)

Porém, é possível deduzir o descontento na população com o transporte em massa observando a Tabela 3 da composição da frota para 2018. Nota-se a predominância dos automóveis na composição da frota do município, seguido de motocicletas e caminhonetes. Ainda, verifica-se que Joinville tem, em média, praticamente um carro para cada 2 habitantes – superando o índice nacional de um carro para cada 4,4 habitantes (IBGE, 2018). O elevado número de veículos privados gera congestionamentos e as opções restritas de transporte público, junto as característica do trânsito em Joinville, acaba incentivando o uso dos automóveis particulares.

3.3.2 Definição da rota em Joinville

Propõe-se um estudo de caso para a cidade de Joinville e a escolha de uma rota relacionada com a realidade vivenciada, neste momento, pelo autor deste trabalho. Analisam-se as características da cidade de Joinville que, mediante o estudo das pesquisas de deslocamento atual, sabe-se que as viagens acontecem no sentido Sul-Norte nas horas de maior movimentação do tráfego (FUNDAÇÃO IPPUJ,

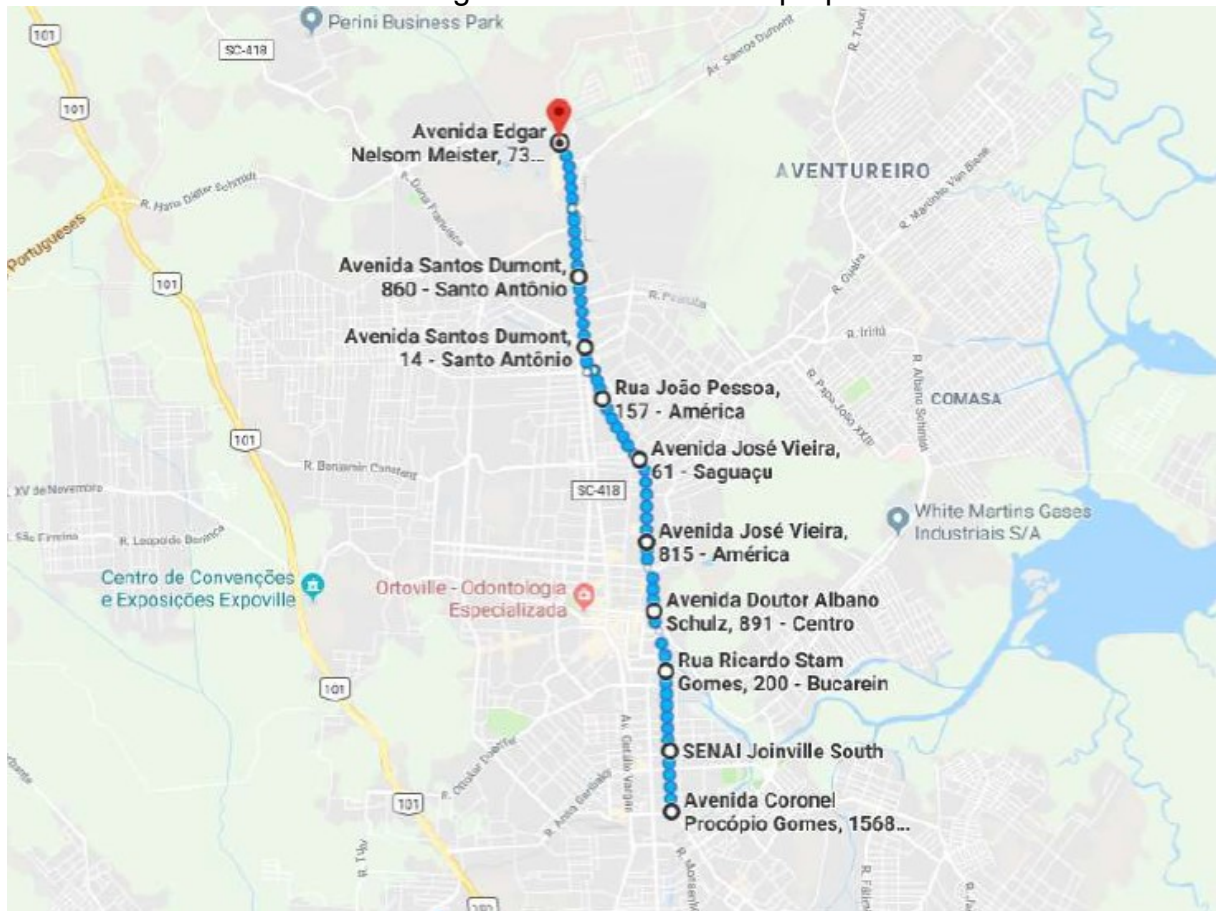
2016), é assim que, por representar uma zona de convergência do fluxo que vem da zona sul, pois hoje os terminais de maior movimento corresponde ao Itaum e Vera cruz, que se encontram nos bairros imediatamente anteriores ao bairro Bucarein, foi escolhido um trecho vertebral com início do Bucarein e finalizando no bairro do Bom Retiro na zona sul e norte da cidade, respectivamente.

Procurando-se atender as regiões com maior fluxo de pessoas que se deslocam diariamente por motivos de trabalho, e em busca de serviços ou lazer, o que geograficamente foi definido nos bairros Bucarein, Centro, América, Saguauçu, e Bom Retiro. Estas localidades apresentam alto número de facilidades como shoppings, bancos, supermercados, panificadoras, restaurantes, escolas e faculdades, teatro, hospital, clínicas médicas e clube, o que resulta ser um grande atrativo econômico para a oferta do serviço de transporte que respaldam a viabilidade de novos projetos.

A partir disso, foi procurado um percurso em avenidas e ruas que apresentam as características apropriadas para a infraestrutura do Aeromovel e que causem o menor impacto urbanístico possível, mediante sistemas de georreferenciamento conhecidos (GOOGLEMAPS, 2018). Teve-se em consideração o espaço em largura, o com menor número de prédios altos adjacentes que possam ser afetados pela intrusão das vigas, sempre tentando passar por espaço público para eliminar qualquer tipo de desapropriação. Além disso, buscou-se encontrar a área suficiente nos pontos em que as estações de embarque e desembarque possam ser construídas.

Dessa maneira, foi proposto para o presente estudo que a maioria do trecho, correspondente a 8 km lineares, deve passar pelas avenidas contíguas ao Rio Cachoeira que atravessa o perímetro urbano. A primeira estação teria início na interseção da Rua Piauí com a Avenida Procópio Gomes e a linha do sistema deste transporte se estenderia por essa avenida que no seu transcurso muda a sua denominação para Av. Dr. Paulo Medeiro, Albano Schulz, José Vieira e Av. Marcus Welmuth. A partir da interseção com a Rua João Pessoa dirige-se a linha até a Av. Santos Dummont para estabelecer uma estação perto do Terminal Norte de ônibus para integração, finalmente o projeto continuaria pela mesma avenida até seu ponto final na região universitária de Joinville.

Figura 11 – Rota troncal proposta.



Fonte: GoogleMaps (2018)

As 10 estações postuladas que mostra a Figura 11 são:

- a. Rua Piauí/Av. Procópio Gomes “Praça da Liberdade”. Atualmente existe uma praça pública ideal para a instalação de uma estação terminal.
- b. Av. Procópio Gomes “Bucarein”. 900 metros após a estação inicial, seria exclusivamente uma parada e embarque e desembarque por causa das limitações em área pública para a construção. O maior desafio seria a realocação das linhas de transmissão elétrica que atualmente atravessam a avenida.
- c. Av. Dr. Paulo Medeiros/Rua Ricardo Gomes “Mercado Municipal”. 1,6 km. A partir deste ponto a infraestrutura começa a seguir o trajeto do rio Cachoeira o que minimiza o impacto ambiental e viário na cidade, qualquer estação pode ser construída sobre o leito do rio em elevação sem precisar de áreas em nível do solo.
- d. Av. Albano Schulz/Rua Princesa Izabel “Centro-Prefeitura”. 2,3 km.

- e. Av. Albano Schulz/ Ponte Charlotte “Cau-Hansen”. 3,2 km.
- f. Av. José Vieira/Rua P. Antônio Vieira “América”. 4,1 km.
- g. Av. Marcus Welmuth/Rua João Pessoa “Saguaçu”. 5,0 km.
- h. Av. Santos Dummont/Rua Dona Francisca “Santo Antônio”. 5,7 km.
- i. Av. Santos Dummont/Rua Germano Wetzel “Bom Retiro”. 6,5 km.
- j. Rua Rolf Wiest, 3087 “Universitária”. 8,0 km.

A partir da linha principal foram propostos quatro cenários possíveis para a continuação da intrusão para as rotas de transporte público com direção à Zona Norte Industrial.

Alternativa 1A Perini via Whirpool Edgar N. Meister. Seriam duas estações distanciadas numa região de baixa densidade demográfica, o que poderia não ser economicamente viável o investimento em infraestrutura devido à ampla extensão, assim, nasce a rota Universitária-Whirpool-Perini.

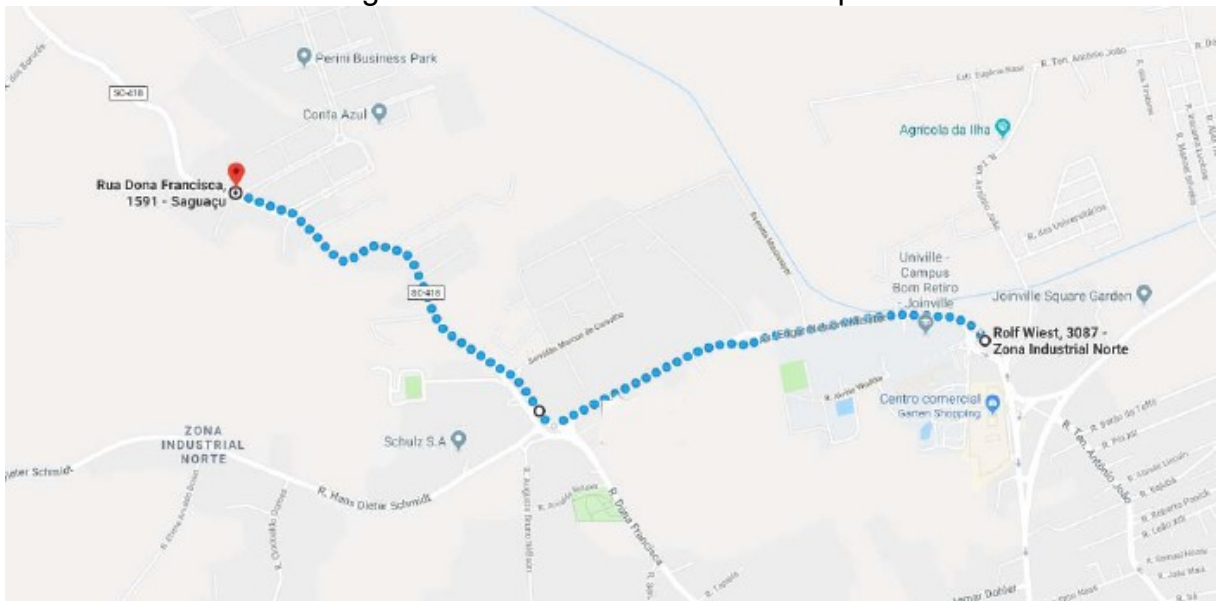
Alternativa 1B Perini via Doehler. O grande desafio seria estender-se pela rua Dona Francisca devido ao trecho entre a Av. Santos Dummont e a Rua Dohler apresentar um grande número de comércio e prédios numa rua de pouca largura para a destinação das vigas do aeromovel, criando-se um conflito urbanístico.

Alternativa 2 Embraco via Doehler. Descarta-se o destino Norte-Perini devido a pouca demanda de movimentação de pessoas. O desafio físico corresponde ao da alternativa 1B.

Alternativa 3 Costa e Silva via Cachoeira. Esta alternativa diminui o impacto urbanístico pelo fato do seu percurso pela Rua Dona Francisca ser o mínimo para adentrar-se no bairro Costa e Silva via a Rua Vice-Prefeito Luís Carlos Garcia até a R. Pfuetzenreuter. A Rua Vice-Prefeito possui espaço público e largura adequada para a instalação de vigas e uma estação final do Aeromovel.

Finalmente, neste trabalho será utilizada apenas a opção 1A por motivos simplificadoros como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Rota Universitária-Whirpool-Perini.



Fonte: GoogleMaps, 2018.

Deste modo serão comparados dois cenários de estudo para a implantação do serviço Aeromovel na Cidade de Joinville tendo como referência, melhorias mínimas que devem ser implantadas no sistema de transporte público atual, por ônibus:

- a. Cenário Futuro A (Cenário de Referência): cenário em que o sistema coletivo de transporte público por ônibus da cidade é aprimorado apenas com serviços de faixas ou corredores exclusivos, incluindo desapropriações se necessário, ou seja, não há implantação do metrô Aeromovel, mantendo os melhores veículos operacionais do ano de 2015 e com renovação da frota.
- b. Cenário Futuro B (Aeromóvel): cenário em que se considera a implantação do sistema Aeromovel e sua integração com os demais modos de transporte coletivo público da cidade.

3.4 SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS

Utilizando-se a metodologia AHP, inicialmente foram selecionadas da literatura sete principais diretrizes para obtenção do peso W_i para cada critério e assim poder definir uma fórmula de otimização para a avaliação comparativa de dois modos de transportes. Sobretudo, foram escolhidos os critérios empregados no estudo na cidade de Recife apresentado por Soriano e Meira (2018), o qual analisa a instalação de novos meios de transporte para descongestionar um corredor da cidade nordestina. Os autores empregam uma metodologia multicritério aplicada a especialistas na gestão de trânsito dos operadores de transporte público de Pernambuco para definir prioridades na implantação de novos projetos de transporte coletivo. Soriano e Meira (2018) realizam uma revisão bibliográfica para encontrar os critérios da Figura 13, além disso, por ser um estudo brasileiro, representa as características próprias das cidades no País diferentemente de estudos internacionais. Entretanto, é importante salientar que estes critérios também são recorrentes em publicações da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, como por exemplo, o estudo comparativo de modos de transportes públicos, entre eles, BRT, VLT e metrô (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009).

Figura 13 – Critérios na literatura.

| Critérios | Definição |
|---|--|
| C1: Espaço para implantação Boareto (2003), (Oliveira e Rosa, 2013), Hadlich <i>et al.</i> (2012) | <ul style="list-style-type: none"> - Espaço necessário para implantação de toda a infraestrutura do transporte público - Deve-se levar em consideração as futuras intervenções no espaço já construído, de forma a evitar grandes desapropriações. |
| C2: Custo e prazo de implantação Souza (2015), Hotta (2007), Silva e Cavalcanti Netto (2010), Arias (2001) | <ul style="list-style-type: none"> - Custo necessário à implantação e funcionamento inicial de toda a infraestrutura do transporte público (via, estações, terminais de integração, veículos, sistema de bilhetagem, sinalização etc.). - Tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso da infraestrutura. |
| C3: Custo de operação e manutenção Souza (2015), Hotta (2007), Arias (2001) | <ul style="list-style-type: none"> - Custo necessário para manter o sistema funcionando dentro dos padrões estabelecidos, bem como para possíveis ajustes às novas demandas e manutenção adequada. - Os gastos devem ser ponderados de acordo com a vida útil esperada para infraestrutura. |
| C4: Intrusão visual e poluição Souza (2015), Hotta (2007), Quadros e Nassi (2014), Silva e Cavalcanti Netto (2010), Duarte e Souza (2005), Arias (2001) | <ul style="list-style-type: none"> - Impacto visual gerado pela presença do sistema na paisagem urbana. - Poluição atmosférica produzida ao longo do corredor e do seu entorno. - Níveis de ruído gerados ao longo do corredor e do seu entorno. |
| C5: Capacidade Souza (2015), Borges Jr e Fonseca (2002) | <ul style="list-style-type: none"> - Capacidade de passageiros do veículo. |
| C6: Rapidez Ferraz e Torres (2004), Hensher <i>et al.</i> (2003), Redman <i>et al.</i> (2013), Hotta (2007), Oliveira e Rosa (2013), Borges Jr. e Fonseca (2002), Rodrigues (2008) | <ul style="list-style-type: none"> - Tempo de viagem entre pontos específicos. - Depende do grau de separação da via de transporte público do tráfego geral, da distância entre os locais de parada, das condições da superfície de rolamento, das condições do trânsito e do tipo de tecnologia dos veículos. |
| C7: Conforto Ferraz e Torres (2004), Redman <i>et al.</i> (2013), Hotta (2007), Oliveira e Rosa (2013), Abreu <i>et al.</i> (2015), Duarte e Souza (2005), Borges Jr. e Fonseca (2002), Rodrigues (2008) | <ul style="list-style-type: none"> - Nível de conforto da viagem, incluindo a quantidade de passageiros no interior dos veículos, os assentos, nível de ruído interno, temperatura dentro do veículo e nas estações. |

Fonte: Soriano e Meira (2018)

No entanto, após a realização de planilhas e testes práticos sobre o método, os critérios foram reduzidos para criar outros subcritérios e poder analisar melhor a hierarquização por parte dos especialistas. À medida que aumenta o número de critérios, mais se dificulta a concentração e consistência das respostas (CAMPOS, 2013), fato que foi comprovado durante a análise do método.

Os critérios C2 e C3 foram unidos para criar uma definição mais genérica de custo em transporte “Custo geral do sistema de transporte” e, partir dele, desarticulam-se os custos por tipos em subcritérios, isto é, implantação, custo de operação e manutenção, e prazo para a implantação como aparece detalhadamente no Quadro 6.

Quadro 6 – Subcritérios do Custo geral do sistema de transporte.

| | Custo geral do sistema de transporte: | |
|---|--|--|
| 1 | Custo de implantação | Custo necessário à implantação e funcionamento inicial de toda a infraestrutura do transporte público (vias, estações, terminais de integração, veículos, sistema de bilhetagem, sinalização, etc.). |
| 2 | Custo de prazo para a implantação | Tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso da infraestrutura, considerar possíveis atrasos na entrega das obras. |
| 3 | Custo de operação e manutenção | custo necessário para manter o sistema funcionando dentro dos padrões estabelecidos, bem como para possíveis ajustes às novas demandas e manutenção adequada. Os gastos devem ser ponderados de acordo com a vida útil esperada para a infraestrutura. |

Fonte: Própria (2018)

A denominação do critério C4 foi modificada para “impacto ambiental e visual” e também foi escolhido para ser dividido nos subcritérios de poluição do ar, sonora, e impacto visual como é possível observar no Quadro 7.

Quadro 7 – Subcritérios do critério Impacto ambiental e visual.

| | Impacto ambiental e visual | |
|---|-----------------------------------|---|
| 1 | Poluição do ar | Poluição atmosférica produzida ao longo do corredor e do seu entorno. |
| 2 | Poluição sonora | Níveis de ruídos gerados ao longo do corredor e seu entorno. |
| 3 | Impacto visual | Impacto visual gerado pela presença do sistema na paisagem urbana. |

Fonte: Própria (2018)

Finalmente para simplificar a análise comparativa, o critério sobre capacidade foi desconsiderado por estar mais relacionado com estudos de demanda e operação de um sistema em funcionamento, dessa maneira, é determinado um número de cinco critérios principais para o estudo resultando no Quadro 8.

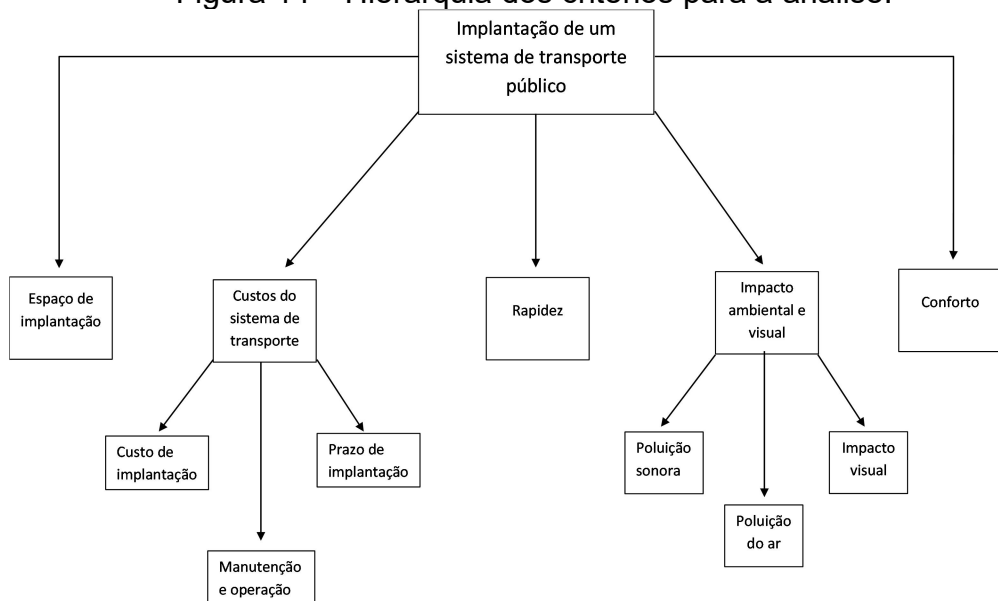
Quadro 8 – Critérios para a análise comparativa.

| N | CRITÉRIOS | Descrição |
|---|---|--|
| 1 | Espaço de Implantação | Espaço para implantação: Espaço necessário para a implantação de toda a infraestrutura do transporte público. Devem-se levar em consideração as futuras intervenções no espaço construído, de forma a evitar grandes desapropriações. |
| 2 | Custo geral do sistema de transporte | Custo necessários para a vida do sistema de transporte público o que considera a implantação e funcionamento inicial de toda a infraestrutura do transporte público, o tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso da infraestrutura, assim como os gastos de operação e manutenção do sistema durante a vida útil dele. |
| 3 | Impacto ambiental e visual | Poluição atmosférica produzida ao longo do corredor e do seu entorno. Níveis de ruídos gerados ao longo do corredor e seu entorno. Impacto visual gerado pela presença do sistema na paisagem urbana. |
| 4 | Rapidez | Tempo de viagem entre pontos específicos. Depende do grau de separação da via de transporte público do tráfego em geral, da distância entre os locais de parada, das condições da superfície de rolamento, das condições do trânsito e do tipo de tecnologia dos veículos. |
| 5 | Conforto | Nível de conforto da viagem, incluindo a quantidade de passageiros no interior dos veículos, os assentos, nível de ruído interno, temperatura dentro do veículo e nas estações. |

Fonte: Soriano e Meira (2018), adaptado.

Com os critérios e subcritérios definidos é importante a construção da estrutura hierárquica do modelo que serve para auxiliar na sua visualização, assim, auxiliando aqueles que não participaram da construção dele a compreendê-lo melhor. A Figura 14 mostra como ficou definida a estrutura hierárquica para o modelo criado.

Figura 14 – Hierarquia dos critérios para a análise.



Fonte: Própria (2018)

3.5 ATRIBUIÇÃO DE NOTA MEDIANTE COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

No desenvolvimento desta seção as características selecionadas para os indicadores e critérios são comparadas para atribuir uma qualificação ou nota para ser aplicado no método da pesquisa.

3.5.1 Espaço

Para o método comparativo será considerada como espaço físico a largura linear em metros na via com os valores de 0,9 m, um sentido, ou 1,2 m, via dupla, para o sistema Aeromovel e de 3,50 m para a faixa exclusiva de ônibus, ou 7,0 m, via dupla, como no Quadro 9.

Quadro 9 – Espaço físico - largura linear.

| | Unidade | Aeromovel | Ônibus Conv./BRT |
|----------------------|---------|-----------|------------------|
| Espaço físico na via | m | 0,9/1,2 | 3,5/7,0 |

Fonte: Aeromovel (2017)

3.5.2 Rapidez

Embora, os valores na prática podem variar dependendo das políticas do projeto de transportes, para o estudo serão usados os valores da Tabela 4:

Tabela 4 – Velocidades máxima e média dos sistemas.

| km/h | Aeromovel | Ônibus com faixa dedicada |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|
| Velocidade média/operacional | 32,5 25-40 | 20 17-21 |
| Velocidade máx | 70 km/h | 60 km/h |

Fonte: Aeromovel (2016) e Tatto (2015)

3.5.3 Conforto

Do conjunto de critérios apresentados previamente no capítulo 2.5, somente a qualidade do veículo ‘Aeromovel’ tende a ser superior ao veículo ‘ônibus’ – os outros dependem inteiramente de projetos complementares.

Devido ao diferente tipo de escalas e medidas para atribuir uma nota, será utilizada uma escala binária, 1 para o sistema que tem mais conforto, 0 para o caso contrário. Dessa maneira, calcula-se a média conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Resume das medições de conforto

| Medida de conforto | Unidade | Aeromovel | Ônibus Conv./BRT | Nota binária |
|------------------------|------------|-------------|-------------------|--------------|
| Ruído | dBA | 76 | 81 | 1 / 0 |
| Aceleração e frenagem. | ISO 2631/1 | Confortável | Pouco confortável | 1 / 0 |
| Temperatura | °C | 23 | 23 | 1 / 1 |
| | | | Média | 1 / 0,34 |

Fonte: Própria (2018)

3.5.4 Custo prazo implantação

O peso ou nota ao custo de prazos para a implementação é considerado igual para ambos os sistemas do estudo, pela dificuldade de estimar atrasos.

3.5.5 Custo de manutenção

Para simplificar os cálculos são empregados os valores do Quadro 4 da seção 2.6.5.

3.5.6 Impacto ambiental

Para o presente estudo será utilizado como referência os resultados de Pietrobelli (2017) para atribuir uma nota comparativa no critério sobre o impacto ambiental em que será considerado a diferença percentual de emissões de carbono equivalente (CO_{2eq}) a favor da implantação do Aeromovel. A justificativa para empregar o percentual e não o número de CO_{2eq} , deve-se a que as cifras da

realidade de Joinville são diferentes, porém, proporcionalmente é similar a Canoas. Assim, mediante uma escala binária atribui-se o valor de 1, caso haja diminuição nas emissões anuais de poluentes, ou 0 para o caso contrário. Na Tabela 6 é avaliado o sistema com a implantação do Aeromovel ou sem, mantendo apenas a utilização de ônibus convencional.

Tabela 6 – Atribuição de nota pela poluição ambiental dos sistemas.

| Sistema | com Aeromóvel | sem Aeromovel |
|---|---------------|---------------|
| Diminuição emissões de CO ₂ eq | -30% | 30% |
| Nota binária | 1 | 0 |

Fonte: Própria (2018)

Em relação à poluição sonora são empregados os mesmo valores da seção 2.5.1 para considerar no estudo do subcritério de ruído.

Finalmente para a análise da poluição visual, por representar um indicador mais subjetivo, foi realizada uma pesquisa, com 13 participantes, cujos perfis podem ser encontrados na parte de Análise dos resultados, em que o pesquisado devia comparar dois sistemas de transporte: A e B. Sendo o A o cenário em que estava implantado ou em operação um sistema de faixa exclusiva ou BRT, e o B correspondia ao Aeromovel funcionando no espaço urbano.

Pergunta-se a seguinte questão (ver Figura 17):

Conforme a sua opinião, a intrusão ou impacto visual no ambiente urbano causado pelo sistema de transporte A em relação ao sistema de transporte B é:

- Maior grau de poluição visual
- Igual grau de poluição visual
- Menor grau de poluição visual

O objetivo desta escala é poder criar uma nota binária para poder mensurar este critério.

A seguir apresenta-se o Quadro 10 resumindo os custos para cada alternativa focada nos critérios da hierarquia. O 1* refere-se a que a desapropriação é desconsiderada, pois como mencionado nos custos de implantação, este aumenta potencialmente por causa desse entrave legal.

Quadro 10 – Resumo dos indicadores e seus custos para cada alternativa e suas unidades.

| Critérios e subcritérios | | Unidade | Custo do sistema | |
|---|--|--------------|------------------|------------|
| | | | Aeromovel | ônibus c/c |
| | Espaço de Implantação | m | 0,9 -1,2 | 3,5-7,0 |
| Custo geral do sistema de transporte | Custo de implantação | Mio-R\$/km | 38 | 1* |
| | Custo de prazo para a implantação | M-R\$ | Variável | Variável |
| | Custo de operação e manutenção | R\$/lugar-km | 0,0149 | 0,0724 |
| Impacto ambiental e visual | Poluição do ar | CO2eq | -30% | 30% |
| | Poluição sonora | dBA | 76 | 81 |
| | Impacto visual | unitário | 8 | 4 |
| | Rapidez | km/h | 25-40 | 17-21 |
| | Conforto | bin | 1 | 0 |

Fonte: Própria (2018)

3.6 SOLUÇÃO DO MODELO

Com a estrutura hierárquica definida (ver Figura 14), é necessário obter a solução para o modelo desenvolvido. Como indica a metodologia AHP foi resolvido um instrumento avaliativo que devia ser solucionada por especialista na área do conhecimento pertinente à mobilidade urbana, para mais detalhes ver a seção de análise dos resultados. Foi criada uma planilha com matrizes de comparação par a par com o objetivo de obter os pesos para aplicar na análise comparativa utilizando o software Microsoft Excel. A planilha foi constituída por 8 abas (ver Apêndice), que consiste em:

A primeira aba denominada “Instruções”, contendo uma explicação de como ela deve ser utilizada e salientando sobre o conceito de inconsistência.

A segunda aba, chamada de “Definição dos critérios”, dá a conhecer os critérios e subcritérios que seriam avaliados conforme os Quadro 8, Quadro 7 e Quadro 6. Continuando com a terceira para apresentar a hierarquia do estudo (ver Figura 14).

A quarta aba “Critérios principais” conta com a matriz de comparação par a par para analisar o primeiro nível da estrutura hierárquica, comparando os temas Espaço de implantação, Custos do sistema, Impacto ambiental, Rapidez e Conforto. Após as comparações, o teste de consistência é realizado, informando a necessidade ou não da reavaliação das respostas na célula turquesa da Figura 15. Os pesos obtidos, em porcentagem, para o nível hierárquico são apresentados na última coluna da matriz *Pesos obtidos*, conforme abaixo:

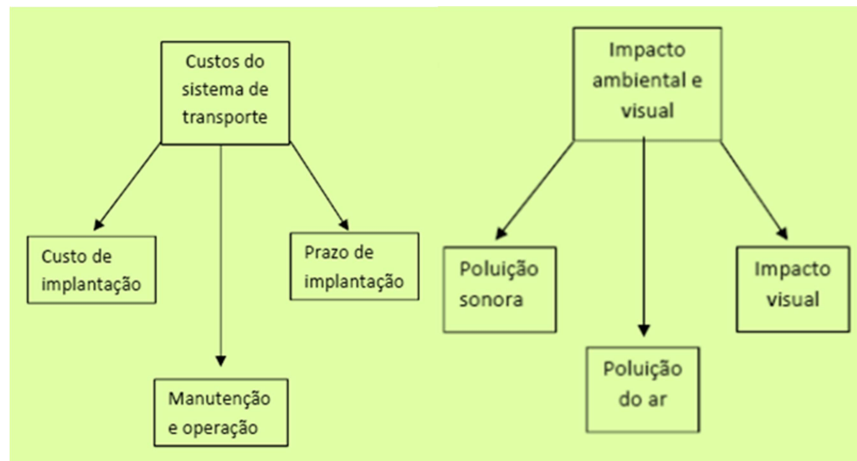
Figura 15 – Aba 4. Critérios principais.

| Compare as diferentes ações na tabela de comparação abaixo de acordo com a importância relativa da diretriz 1 (primeira coluna) sobre a diretriz 2 (segunda coluna). Para fazer isso, clique nas células da coluna de importância relativa (terceira coluna) e selecione um dos critérios estabelecidos. Após as comparações os resultados podem ser vistos na tabela de pesos obtidos. | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Tabela de comparação | | | Pesos obtidos | |
| Diretriz 1 | Diretriz 2 | Importância relativa | | |
| Espaço de Implantação | Custos do sistema | Igual Importância | Espaço de Implantação | 20% |
| Espaço de Implantação | Impacto Ambiental e visual | Igual Importância | Custos do sistema | 20% |
| Espaço de Implantação | Rapidez | Igual Importância | Impacto Ambiental e visual | 20% |
| Espaço de Implantação | Conforto | Igual Importância | Rapidez | 20% |
| Custos do sistema | Impacto Ambiental e visual | Igual Importância | Conforto | 20% |
| Custos do sistema | Rapidez | Igual Importância | Consistência das respostas | Matriz Consistente |
| Custos do sistema | Conforto | Igual Importância | | |
| Impacto Ambiental e visual | Rapidez | Igual Importância | | |
| Impacto Ambiental e visual | Conforto | Igual Importância | | |
| Rapidez | Conforto | Igual Importância | | |

Fonte: Própria (2018)

As abas 5 e 6 estão destinadas para a avaliação dos subcritérios de Custos do sistema e Impacto ambiental e visual da hierarquia como é exibido na Figura 16.

Figura 16 – Subcritérios da estrutura hierárquica.



Fonte: Própria (2018)

Na sétima aba encontra-se uma avaliação paralela ao método AHP, mas com o intuito de poder classificar o impacto visual por ser um indicador mais subjetivo difere das medições prévias, na Figura 17 pode ser observado o que se indica na seção 3.5.6 Impacto ambiental.

Figura 17 – Aba 7. Cenário visual.

Nos links externos você encontrará dois cenários em que se apresentam situações diferentes com infraestrutura característica para sistemas de transportes público.

Apresentação Sistema de Transporte A
<https://www.slideshare.net/secret/3X9fbiAJ5ew8mw>

Apresentação Sistema de Transporte B
<https://www.slideshare.net/secret/cfhRKHkg2kbNz>

Conforme a sua opinião, a intrusão ou impacto visual no ambiente urbano causado pelo sistema de transporte A em relação ao sistema de transporte B é:

Fonte: Própria (2018)

Por fim, tem-se uma última aba, na qual se pede informação geral sobre a experiência profissional do pesquisador em relação a área de planejamento de transporte público e percepção sobre o método que lhe foi aplicado.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção está dedicada à exposição de como foi resolvido o método para a análise comparativa multicritério para poder os pesos segundo a importância relativa dos critérios e criar a tabela comparativa.

4.1 PERFIL DOS REALIZADORES DA PESQUISA

Como indicado na metodologia, foram escolhidos 13 especialistas e profissionais relacionados à área de transportes para a amostra da pesquisa, que receberam o questionário para ser respondido e explicando-se o fim do método sucintamente. O perfil dos pesquisados corresponde às seguintes informações:

Pesquisado A: Professora universitária na área de transportes com mestrado e doutorado em Engenharia de Transportes abordando o tema de planejamento e operação de sistemas de transportes e planejamento da mobilidade e com experiência no mercado de 10 anos em empresa pública de transportes e circulação numa cidade capital da região Sul.

Pesquisado B: Professor universitário, mestrado e doutorado abordando estas temáticas. Especialização na área de modelagem do comportamento do usuário e efeitos sobre o uso dos sistemas de transportes.

Pesquisado C: Professora universitária e arquiteta na área de transportes, mestrado e doutorado. Experiência com pesquisa ensino e assessoria em planejamento urbano.

Pesquisado D: Professora universitária, mestrado e doutorado na área de transportes e planejamento urbano, com experiência prática e atua como consultora.

Pesquisado E: Arquiteta e urbanista e mestre em Engenharia de transportes. Atualmente, atua na gestão do departamento de engenharia de trânsito numa cidade do estado de Goiás. Implantando o Plano de Mobilidade Urbana para a cidade.

Pesquisado F: Engenheira, atualmente trabalha na coordenação da Unidade de Mobilidade na Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável de uma cidade na região Sul do país.

Pesquisado G: Engenheira civil, aluna de mestrado de uma Universidade Federal na área de transportes e, atualmente, trabalha com qualidade para transporte público. Experiência em pesquisas sobre mobilidade urbana sustentável com um foco ao modo de transporte público.

Pesquisado H: Engenheiro de Transportes e Logística com média experiência em transportes públicos, que se deu através da participação como bolsista de um projeto de desenvolvimento de Planos de Mobilidade para as cidades do Nordeste Catarinense.

Pesquisado I: Professor universitário e mestrado na área de planejamento urbano. Experiência como membro da Divisão de Planejamento do Instituto de Planejamento Urbano de uma cidade catarinense. Participante de estudos urbanísticos (zoneamento, usos, desenvolvimento urbano, transporte público).

Pesquisado J: Engenheiro Civil e gestor com experiência de 12 anos numa empresa pública gestora e operadora de transportes na região Sul do país.

Pesquisado K: Engenheiro Civil e mestrando do Programa de Engenharia de Transportes de uma escola de engenharia de universidade pública reconhecida. Desde 2015 trabalha no Setor de Planejamento e Projetos de Mobilidade Urbana de uma empresa pública reconhecida de transportes da região sul do Brasil.

Pesquisado L: Professora universitária. Possui Doutorado em Engenharia de Produção. Tem experiência na área de Administração, Transportes e Logística. Tem experiência orientando pesquisas sobre transporte público urbano.

Pesquisado M: Professora universitária, engenheira civil, mestrado e doutorado em Engenharia de Transportes. Tem experiência em pesquisa nas áreas de Mobilidade Urbana, Sistemas de Transportes, Análise de Decisão, Simulação e Sistemas de Informação Geográfica.

4.2 RESULTADOS

Além do instrumento avaliativo que consistia de avaliações par a par, havia uma questão aberta em que se solicitava aos pesquisados responder sobre as dificuldades do método de pesquisa. Pelo menos cinco, dos treze, apontaram que a escala na que deviam ranquear os níveis de importância dos critérios era extensa, o que causava confusão na indecisão de atribuir um nível de importância, a saber, bastante mais importante, igual importância, pouco menos importante, etc. A isto se acrescentava a dificuldade em conseguir a consistência dos critérios principais, pois o instrumento avaliador, a diferença de outros, já realizava simultaneamente o teste de consistência, forçando assim ao pesquisado analisar a falta de consistência antes de continuar. Como esperado demandou mais empenho responder a parte dos critérios por causa da quantidade (5) deles, pois os subcritérios com menos número (3) resultou menos complexo, confirmando a Saaty (1991, apud CAMPOS, 2013) “os seres humanos não se comportam como máquinas; não tem capacidade de ajustar seus sentimentos complexos às relações matemáticas exatas”. Recomendou-se atender menos valores para a escala de importância. Talvez, devam-se desconsiderar os valores intermediários da escala linear de Saaty.

Na Tabela 7 estão resumidos os resultados para os pesos atribuídos para cada critério por todos os participantes da pesquisa em porcentagem arredondado para cima. Cada coluna que representa o pesquisado está identificada por uma letra do alfabeto em maiúscula.

Tabela 7 – Resumo das respostas dos pesquisado. Pesos em porcentagem.

| Pesquisado | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | Média (%) |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| Critérios | | | | | | | | | | | | | | |
| Espaço de Implantação | 29 | 5 | 13 | 20 | 23 | 16 | 20 | 14 | 11 | 20 | 5 | 11 | 45 | 17,8 |
| Custo geral do sistema de transporte | 5 | 39 | 19 | 20 | 27 | 42 | 20 | 14 | 33 | 20 | 17 | 40 | 31 | 25,3 |
| Impacto ambiental e visual | 36 | 8 | 19 | 20 | 15 | 4 | 20 | 43 | 9 | 20 | 30 | 14 | 9 | 19,2 |
| Rapidez | 13 | 28 | 24 | 20 | 27 | 29 | 20 | 14 | 33 | 20 | 33 | 26 | 9 | 22,9 |
| Conforto | 17 | 20 | 24 | 20 | 8 | 8 | 20 | 14 | 15 | 20 | 15 | 9 | 5 | 14,9 |
| SOMA | | | | | | | | | | | | | | 100 |

Fonte: Própria (2018)

É possível observar a variabilidade das respostas que pode ter sido influenciada pela experiência pessoal de cada gestor, técnico ou especialista que produziram estes resultados. Porém, a dispersão dos pesos para cada critério é baixo com variância que varia entre 0,36% e 1,27% e com desvio padrão baixo porque não supera o coeficiente de variação 0,6 que sendo mais próximo de 0, indica menos dispersão (ver Tabela 8).

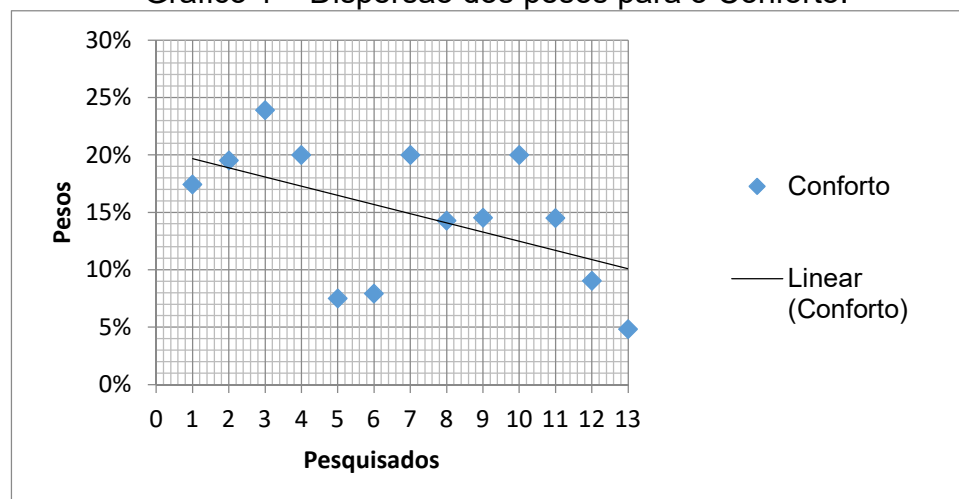
Tabela 8 – Desvio Padrão e variância da média dos pesos W_i

| Critério | Desvio padrão | Variância | Coef. de variação |
|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|
| Espaço de Implantação | 10,28% | 1,14% | 0,577 |
| Custo geral | 10,71% | 1,24% | 0,423 |
| Impacto ambiental | 10,83% | 1,27% | 0,564 |
| Rapidez | 7,25% | 0,57% | 0,317 |
| Conforto | 5,73% | 0,36% | 0,385 |

Fonte: Própria (2018)

O Conforto foi o critério com o qual os entrevistados mais coincidiram na atribuição de importância relativa, com desvio padrão de 5,73% e variância de 0,36%, o que indica uniformidade como se mostra no Gráfico 1 demonstrando assim que os valores não se encontram longe da média aritmética.

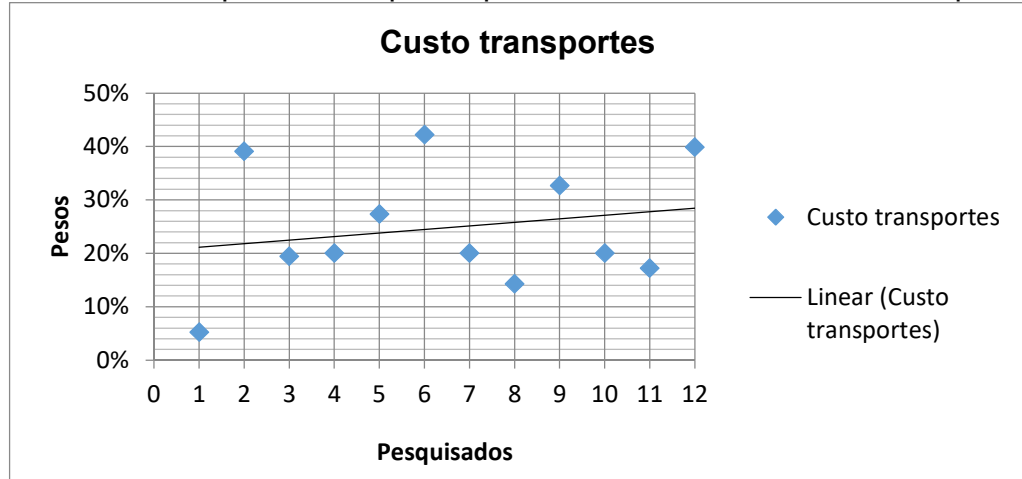
Gráfico 1 – Dispersão dos pesos para o Conforto.



Fonte: Própria (2018)

Por outra parte, uns dos critérios que apresentou mais dispersão foi o Custo do sistema de transporte com desvio padrão de 10,71% e variância de 1,24% o que indica menor uniformidade que pode ser observada no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Dispersão dos pesos para o Custo do sistema de transporte.



Fonte: Própria (2018)

O desvio padrão maior, neste caso, é causado por haver alguns pesos muito diferentes entre eles. Isto é evidenciado, por exemplo, com o pesquisado A que atribuiu apenas 5% em comparação ao pesquisado F com 42%, talvez uma das razões seja o perfil dos pesquisados, enquanto o primeiro além de ter vivência com pesquisa na vida acadêmica sendo especialista na área, também acumulou 10 anos de experiência como gestor em empresa pública de transportes, o segundo possui mais experiência em administração e gestão com sistemas de transporte e planejamento urbano, tendo prioridade em gerir a limitação de recursos financeiros.

No entanto, observando o ranqueamento estabelecido após o cálculo da média dos pesos para cada critério que se obteve conforme o Quadro 11, o custo resultou ser o indicador que se destaca na hora de avaliar um sistema de transportes para o mesmo fim.

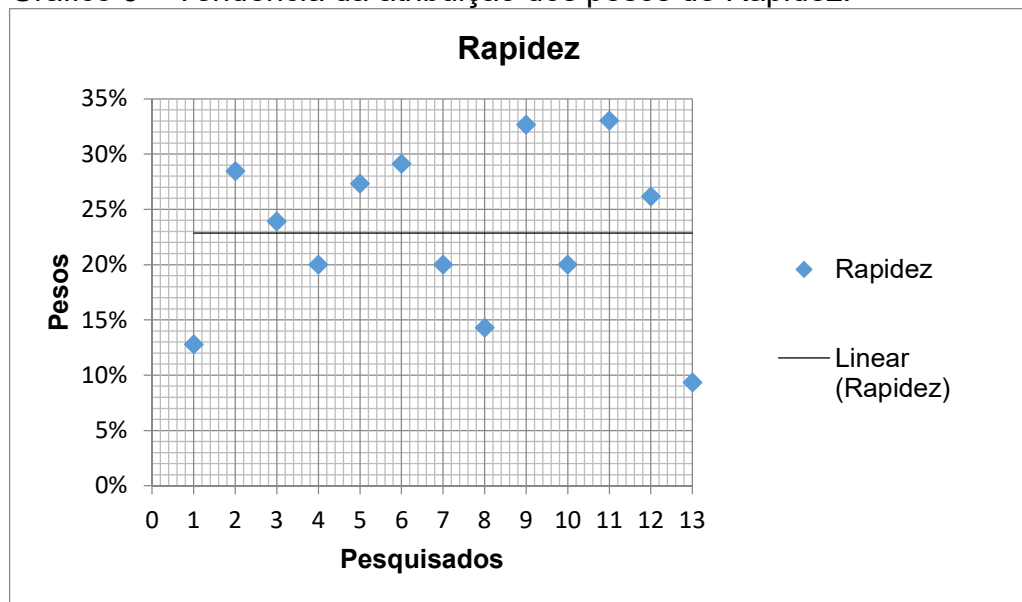
Quadro 11 – Ranqueamento dos pesos médios em porcentagem e decimal.

| N° | Critérios | % | Decimal |
|----|---|-------|---------|
| 1 | Custo geral do sistema de transporte | 25,3% | 0,2529 |
| 2 | Rapidez | 22,9% | 0,2285 |
| 3 | Impacto ambiental e visual | 19,2% | 0,1915 |
| 4 | Espaço de Implantação | 17,8% | 0,1782 |
| 5 | Conforto | 14,9% | 0,1488 |

Fonte: Própria (2018)

Em consequência, os gestores e especialistas na área dão prioridade ao custo e quase par a par com a rapidez do serviço, pois “tempo é dinheiro”. De fato, o peso que os especialistas outorgaram à rapidez foi similar e equilibrado, apenas 7,25 de desvio padrão e variância de 0,57, valor que indica estar com uma tendência a ficar próximo da média como se observa no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Tendência da atribuição dos pesos de Rapidez.



Fonte: Própria (2018)

Estes resultados podem explicar a menor importância para o conforto, já que se o serviço consegue ser expedito para as necessidades dos passageiros, talvez não seja importante investir excessivamente em conforto que possa aumentar os custos de operação. Embora, deva-se salientar que a avaliação para o conforto não é tão desprezível, sendo o 14,9% um valor médio de importância. Além disso, é relevante destacar que conforto é um indicador avaliado pelo usuário na hora da escolha de um modo de transportes, logo, um sistema com maior conforto, atrai mais usuários. Havendo mais usuários, conseqüentemente, há maior arrecadação e redução dos custos a longo prazo.

Tabela 9 – Apresentação dos subcritérios de Custo do sistema de transporte por ordem de importância atribuída

| | Proporcional | Global |
|--|--------------|--------|
| Custo de operação e manutenção | 50,8% | 12,9% |
| Custo de implantação | 31,4% | 7,9% |
| Custo de prazo para a implantação | 17,8% | 4,5% |

Fonte: Própria (2018)

Ainda em referência ao custo, que foi um dos dois critérios que foram desmembrados, é notável a importância auferida ao custo operacional inclusive maior que o custo de implantação, quase 51% do custo total do sistema, conforme a Tabela 9. A partir desta análise se pode inferir que grandes investimentos, bem geridos, considerando a relação custo-benefício, não é tão relevante se há retorno da quantia gasta inicial mediante o baixo custo operacional. Diferente do estudo de Soriano e Meira (2018), em que o custo operacional manutenção obteve uma baixa importância e foi explicado pelos autores pelo fato de que no Brasil, geralmente, o custeio da operação do transporte público por ônibus é realizado por meio das receitas arrecadadas com base nas tarifas pagas pelos usuários. O autor da presente pesquisa conjectura que a razão, para que os pesquisados tenham qualificado o critério do custo operacional com maior peso, está relacionada ao fato de que anualmente vai diminuindo o uso dos transportes coletivo na região Sul por causa das altas tarifas pelas passagens (FARIAS, 2018).

Por outra parte, chama a atenção do autor a importância que foi conferida ao impacto ambiental, diferentemente também do estudo de Soriano e Meira (2018), com 19,2%, ficando no terceiro lugar do ranqueamento, o que indica maior conscientização por parte dos especialistas e gestores no serviço coletivo.

Tabela 10 – Apresentação dos subcritérios do Impacto ambiental e visual por ordem de importância atribuída

| | Proporcional | Global |
|------------------------|---------------------|---------------|
| Poluição do ar | 42,6% | 8% |
| Poluição sonora | 29,1% | 6% |
| Impacto visual | 28,3% | 5% |

Fonte: Própria (2018)

A Tabela 10 resume a proporção atribuída para os três subcritérios referente ao impacto ambiental, claramente refletem as políticas atuais na indústria do transporte, em que se busca reduzir emissões poluentes, além de manter o equilíbrio com o entorno mediante redução de ruídos e intrusão visual nas cidades.

O subcritério da Poluição do ar foi classificado com atribuição maior, este, é de grande importância especialmente em cidades que sofrem com episódios de emergência ambiental, e inversão térmica, o que pode causar problemas na saúde das pessoas e causando políticas de restrição veicular ou sistema de rodízio de carros. Seguido por o subcritério de Poluição sonora, pois, hoje ninguém quer mora perto de lugares com muito ruído nem viajar num transporte coletivo desconfortável neste aspecto. Finalmente no ranqueamento a intrusão visual, por ser o que menos impacta de maneira direta, não possui prioridade de importância para os pesquisados.

Em relação ao impacto visual, a forma de avaliá-lo, como já indicado na metodologia, era respondendo se o cenário apresentado a eles possuía 'Maior grau de poluição visual', 'Igual grau de poluição visual' ou 'Menor grau de poluição visual'. Obteve-se 8 votos indicando que o sistema com maior grau de poluição era o sistema de corredores de ônibus e faixa dedicada, 4 votos indicando que o Aeromovel era o sistema com maior grau, e apenas uma resposta para indicar que ambos poluíam no mesmo grau visualmente, conforme estas informações foi atribuído uma nota para que possa ser trabalhada com os pesos com se explica na seguinte seção 4.3.

4.3 CALCULO FINAL DE NOTA COM APLICAÇÃO DE PESOS

Como apresentado na Metodologia, nessa seção serão comparados os valores calculados para cada critério resultantes das variáveis relacionadas a eles, a nota binária (0 ou 1) resultante deste cálculo e aplicados os respectivos pesos obtidos com o método AHP. Sendo assim, a nota final de cada sistema será resultado do somatório da nota binária de cada critério multiplicado pelo respectivo peso. O sistema que apresentar a maior nota é considerado o mais conveniente para a rota proposta.

Foram elaborados dois quadros para resumir sucintamente o custo para cada critério segundo a informação recompilada na seção da Metodologia. O Quadro 12 resume os custos para o sistema Aeromovel e o Quadro 13 para o sistema de ônibus com corredor.

Quadro 12 – Resumo dos custos e pesos aplicados ao sistema Aeromovel.

| Critérios e subcritérios | | Sistema AEROMOVEL | | | | Pesos Wi | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|----------|--------|
| | | Custo | Unidade | Nota binária | | | |
| | | | | Global | Rota Jville | | |
| Custo geral do sistema de transporte | Custo de implantação | 38 | Mio-R\$/km | 0 | 0 | 7,37% | 25,29% |
| | Custo de prazo para a implantação | Variável | M-R\$ | 1 | 1 | 5,29% | |
| | Custo de operação e manutenção | 0,0149 | R\$/lugar-km | 1 | 1 | 11,81% | |
| | Rapidez | 25-40 | km/h | 1 | 1 | 22,85% | |
| Impacto ambiental e visual | Poluição do ar | -30% | CO2eq | 1 | 1 | 7,64% | 19,15% |
| | Poluição sonora | 76 | dBA | 1 | 1 | 6,37% | |
| | Impacto visual | 8 | unitário | 1 | 1 | 5,44% | |
| | Espaço de Implantação | 1,2 | m | 1 | 1 | 17,82% | |
| | Conforto | 1 | bin | 1 | 1 | 14,88% | |

Fonte: Própria (2018)

Foram adicionadas duas colunas, 'Global' e 'Rota Jville' com o cabeçalho Nota binária. O caso 'Global' indica um cenário em que não há desapropriações e 'Rota Jvl' é o estudo de caso da presente pesquisa. Se atribuiu nota 1 quando o

sistema cumpre com o menor custo ou melhor característica quando confrontado com um cenário genérico global e com a rota proposta em Joinville.

Quadro 13 – Resumo dos custos e pesos aplicados ao Ônibus com corredor.

| Critérios e subcritérios | | Sistema Ônibus Corredor | | | | Pesos W_i | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|--------|
| | | Custo | Unidade | Nota binária | | | |
| | | | | Global | Rota Jville | | |
| Custo geral do sistema de transporte | Custo de implantação | 1* | Mio-R\$/km | 1 | 1 | 7% | 25,29% |
| | Custo de prazo para a implantação | variável | M-R\$ | 1 | 0 | 5% | |
| | Custo de operação e manutenção | 0,0724 | R\$/lugar-km | 0 | 0 | 12% | |
| | Rapidez | 17-21 | km/h | 0 | 0 | 22,85% | |
| Impacto ambiental e visual | Poluição do ar | 30% | CO ₂ eq | 0 | 0 | 8% | 19,15% |
| | Poluição sonora | 81 | dBA | 0 | 0 | 6% | |
| | Impacto visual | 4 | unitário | 0 | 0 | 5% | |
| | Espaço de Implantação | 3,5-7,0 | m | 1 | 0 | 17,82% | |
| | Conforto | 0 | bin | 0 | 0 | 14,88% | |

Fonte: Própria (2018)

Multiplicando as notas binárias pelos pesos W_i , pode ser obtido um somatório que representa a Nota Final que dito sistema acumula.

O Aeromovel apresenta uma nota de 93% ou 0,93, tanto no caso da rota Joinville, quanto para o caso global.

Para o ônibus acumula nota 31%, para o caso global, e 7%, para a rota Joinville.

No caso global, o cenário em que não há desapropriações, o Aeromovel perde em custo de implantação porque o investimento é maior ao de construir um corredor de ônibus simples, embora, no segundo caso, o preço dos veículos não é incluído nos projetos, posto que no Brasil as linhas de ônibus costumam ser licitadas. No caso de Joinville, o ônibus ainda consegue ganhar do Aeromovel porque, mesmo que incorrendo em gasto de compensação monetária pelas desapropriações e veículoa, a conta total não chega próximo dos 38 milhões de reais.

Quadro 14 – Nota final para cada alternativa

| Critérios e subcritérios | | Pesos W_i | Nota binária | | Nota Final | |
|---|-----------------------------------|-------------|--------------|--------|------------|----------|
| | | | Aeromovel | Ônibus | Aeromovel | Ônibus |
| Custo geral do sistema de transporte | Custo de implantação | 7% | 0 | 1 | 0,00000 | 0,073739 |
| | Custo de prazo para a implantação | 5% | 1 | 0 | 0,05289 | 0 |
| | Custo de operação e manutenção | 12% | 1 | 0 | 0,11813 | 0 |
| | Rapidez | 22,85% | 1 | 0 | 0,22853 | 0 |
| Impacto ambiental e visual | Poluição do ar | 8% | 1 | 0 | 0,07639 | 0 |
| | Poluição sonora | 6% | 1 | 0 | 0,06368 | 0 |
| | Impacto visual | 5% | 1 | 0 | 0,05444 | 0 |
| | Espaço de Implantação | 17,82% | 1 | 0 | 0,17817 | 0 |
| | Conforto | 14,88% | 1 | 0 | 0,14883 | 0 |
| Somatório Final das alternativas | | | | | 0,930 | 0,074 |

Fonte: Própria (2018)

O Quadro 14 resume as notas que foram atribuídas para a rota proposta do estudo em questão. Assim, multiplicam-se os pesos W_i de cada critério resultantes do método AHP, com o valor binário atribuído nos quadros 12 e 13. O somatório final das alternativas corresponde a 0,93 para o sistema Aeromovel e 0,07 para o Ônibus.

Em consequência o sistema Aeromovel resulta em benefício maior para a sociedade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou auxiliar na tomada de decisão em investimentos como alternativas para o transporte público convencional por ônibus através da seleção de critérios que possam ser utilizados nesse processo. Para atender ao objetivo, um potencial corredor Norte-Sul da cidade de Joinville foi selecionado como objeto de estudo e após definição dos critérios que seriam avaliados nos sistemas, questionários com a metodologia AHP foram aplicados na obtenção dos respectivos pesos. Na sequência, após o cálculo dos indicadores que compunham cada critério, através de métricas explicitadas na metodologia, notas binárias foram atribuídas sendo 0 (zero) para a pior situação em cada critério e 1 (uma) para a melhor situação. O resultado final apresentou a nota obtida por cada sistema. É importante destacar que o corredor Norte-Sul até a Zona Norte Industrial é apenas o local onde este estudo foi proposto, assumindo uma demanda existente.

O resultado da metodologia AHP, aplicada a um grupo de técnicos, especialistas, gestores e planejadores da área de transportes, indicou que “Custo” e “Rapidez” são os critérios mais importantes para implantação, seguido por “Impacto ambiental”, “Espaço” e “Conforto”, na hierarquia proposta desta pesquisa.

Com base em cada critério, foi realizado um ranqueamento das prioridades para assim comparar com os custos dos indicadores de cada sistema para o estudo de caso em Joinville. Além disso, foi analisado o Aeromovel como uma alternativa viável como formulado na hipótese do presente estudo.

O Aeromovel representa um custo de implantação maior que a alternativa do ônibus com faixa exclusiva dedicada, porque, como indicado no referencial teórico, o primeiro modo inclui o pacote tecnológico, veículos e as vigas, mas o segundo modo, não inclui os veículos. No entanto, para o caso do ônibus, a manutenção das vias deve ser realizada pelos órgãos públicos, além do que, quando balanceado com o processo burocrático de desapropriação, o Aeromovel resulta ser mais vantajoso. Além disso, os custos de manutenção e operação do modo rodoviário superam os montantes do Aeromovel, que com menos gastos, por exemplo, em energia,

consegue ser mais competitivo com outros sistemas de transportes. Inclusive quando comparado com o BRT, visto superficialmente neste trabalho.

Estima-se que o potencial de melhorar a mobilidade urbana do corredor proposto e da região poderá atrair os usuários do transporte individual das regiões periféricas. Além do que o sistema Aeromovel, como é elevado e segregado, tem menor interferência na circulação de outros modos, oferecendo mais segurança, para justificar este fato, houve um estudo realizado por Lopes, Cardoso e Fernandes (2001) sobre acidentes de trânsito em Porto Alegre que conclui que as áreas no entorno das estações dos corredores de ônibus se configuram como áreas de risco à segurança do usuário onde são verificados como pontos críticos de acidentes de trânsito, principalmente atropelamentos no entorno das estações e abalroamento nos entrelaçamentos dos ônibus com tráfego misto.

Uma das dificuldades foi levantar as variáveis a serem consideradas e dados mensuráveis objetivos, como foi o caso de qualificar a intrusão visual do médio urbano, assim como encontrar dados provenientes majoritariamente das próprias empresas e, em menor medida, de terceiras partes como universidades ou prefeituras.

Em conclusão, o número de habitantes de Joinville e seu alto custo de transporte por passageiro, leva à possibilidade de soluções mais econômicas que suportem o crescimento futuro na demanda. Esta análise mostra que, a pesar das limitações, pode ser possível implantar o Aeromovel em Joinville levando em conta as características da população e os critérios comparativos mostrados neste trabalho, que cada gestor poderá utilizar conforme os próprios requisitos. Embora haja que incorrer em um investimento maior na implantação do Aeromovel, este é ainda menor que um metrô subterrâneo e pode ser equiparado com sistema BRT o VLT, porém com custo operacional menor.

Notavelmente, o Aeromovel não substitui o transporte de ônibus, mas o complementa, porque os ônibus têm maior alcance em algumas regiões geográficas, por exemplo, lugares com alta pendente, entretanto, a intenção é buscar novas alternativas que acrescentem para o futuro da mobilidade urbana e dar um passo antes que tecnologias obsoletas atrapalhem o desenvolvimento econômico das cidades. Assim, este estudo buscou manifestar os benefícios de mudar ou integrar novas tecnologias com o sistema de transporte atual e não menosprezar um modo sobre outro, pois a versatilidade de um sistema de transporte adequa ele às

diferentes situações dos cidadãos e que simultaneamente possa reduzir o custo total do transporte público que se espera refletir na tarifa.

Cabe salientar a disposição que houve por parte dos participantes na pesquisa, o que em certa medida evidencia o interesse que têm como especialistas de encontrar novas soluções na área de mobilidade urbana. Houve um retorno de 100% dos especialistas contatados, que não apenas responderam, mas entregaram recomendações para a pesquisa. Procurou-se, ao encaminhar a solicitação aos entrevistados, introduzir o assunto de maneira clara e concisa, conforme o texto da mensagem que aparece no apêndice.

Ainda, com referência a trabalhos futuros, sugere-se a inserção dos critérios demanda e capacidade do sistema; envolver outros atores no processo além dos especialistas; estudar outros corredores com características e demandas distintas; utilizar outros critérios e alternativas com o método AHP; adotar projetos existentes de transportes como alternativas; e utilizar outros métodos de análise multicritério e comparar os resultados com os deste estudo. Realizar um estudo econômico sobre o fato de que o aumento do valor da passagem por causa da redução do número de passageiros é contraproducente, talvez seja melhor diminuir a tarifa para trazer os usuários de volta e assim reduzir os gastos de operação e manutenção.

Além disso, recomenda-se realizar estudos independentes ao grupo COESTER e realizar uma análise custo benefício ou de viabilidade econômica. Desta forma este trabalho é uma pequena contribuição para aumentar a pesquisa em relação ao Aeromovel, sistema nacional que merece ser considerado nos estudos de transporte público urbano.

REFERÊNCIAS

- AEROMOVEL. Empresa do Grupo Coester. **Aeromovel**, 2017. Disponível em: <<http://www.aeromovel.com.br/>>. Acesso em: 10 ago 2017.
- AGENTE IMÓVEL. Preços atuais de Apartamentos & Casas - Joinville, SC. **Agente Imóvel**, 2018. Disponível em: <https://www.agenteimovel.com.br/mercado-imobiliario/a-venda/costa-e-silva,joinville,sc/preco_medio_m2/>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- ASBRAV. 23°C é a temperatura ideal para buscar conforto térmico no verão. **ASBRAV**, 2016. Disponível em: <<http://asbrav.org.br/23c-e-a-temperatura-ideal-para-buscar-conforto-termico-no-verao/>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- BENEDETTI, M. **Análise econômica da substituição do sistema de transporte público do eixo Anhanguera da cidade de Goiânia**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, UFG. Goiânia, p. 81. 2013.
- BRASIL. Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012. **Política Nacional de Mobilidade**, Brasília,DF, mar. 2012.
- BRT RIO. BRT Rio, 2018. Disponível em: <www.brtrio.com>. Acesso em: 2 out. 2018.
- CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 188 p.
- CICHINELLI, G. Aeromóvel de Porto Alegre. **Infraestrutura Urbana: projetos, custos e construção**, 2013. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/28/artigo291143-2.aspx>>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- CICHINELLI, G. C. Corredores de ônibus. **Infraestrutura Urbana: projetos, custos e construção**, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/TaAues>>. Acesso em: 18 set. 2018.
- COESTER. Coester Automação Ltda. **Coester Automação Ltda**, 2012. Disponível em: <www.coester.com.br>. Acesso em: 1 ago. 2018.
- DALBEM, M. C.; LUIZ, B.; VAN ADUARD DE MACEDO-SOARES, D. Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 1, p. 87-117, jan. 2010.

- DENATRAN. Frota de Veículos - 2018. **Departamento Nacional de Trânsito**, 2018. Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>>. Acesso em: 30 out. 2018.
- FARIAS, H. Conclusão da avenida Santos Dumont em Joinville fica para 2018. **A Notícia**, 2017. Disponível em: <<http://anoticia.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2017/11/conclusao-da-avenida-santos-dumont-em-joinville-fica-para-2018-10017039.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- FARIAS, H. Especialista avalia e aponta melhorias para o sistema de transporte coletivo de Joinville. **A Notícia**, 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/Q9FNMi>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- FIGUEIREDO, M. A. D. M.; SILVA, L. F.; BARNABÉ, T. L. Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores. **SciELO**, 2016. Disponível em: <<http://ref.scielo.org/fdwsd9>>. Acesso em: 13 nov. 2018.
- FUNDAÇÃO IPPUJ. **Plano de Mobilidade Urbana de Joinville**. 2ª. ed. Joinville: [s.n.], v. I, 2016. 150 p.
- FURTADO, N.; KAWAMOTO, E. **Avaliação de Projetos de Transporte**. 1. ed. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2002.
- GIULIANI, A. O nível de ruído próximo aos motoristas de ônibus urbano na cidade de Porto Alegre, RS. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 98-104, jan. 2011.
- GOOGLEMAPS. Mapa de Joinville. **Google Maps**, 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/9zjmQmsqHtQ2>>. Acesso em: 29 set. 2018.
- IBGE. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidade IBGE**, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/joinville/panorama>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS. **Avaliação comparativa das modalidades de transporte público urbanp**. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Curitiba, p. 92. 2009.
- JOINVILLE. Lei municipal n.1262, de 27 abr.1973. **Reestrutura o Plano Diretor e dá outras providências**, 1973. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/adjkr>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

- KAUCHE, L. C. A indenização na desapropriação de imóvel urbano pelo Poder Público, para fins de interesse público. **DireitoNet**, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/us37xT>>. Acesso em: 18 nov. 2018.
- KAWAMOTO, E. **Análise de sistemas de transporte**. 2. ed. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2002.
- LEONHARDT, C. et al. Análise dinâmica do Aeromovel. **Departamento de Engenharia Mecânica - UFRGS**, 2003. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/gmap/www-gmap.mecanica.ufrgs.br/html/sumulas/eng03024/projetos/aeromovel.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- LOPES, D. R. Audiência Pública: Implementação de faixas e corredores exclusivos para ônibus urbanos. **Camara do Deputados**, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/3Vjx26>>. Acesso em: 30 set 2018. 12 slides. Material apresentado em audiência pública.
- LOPES, S. B. **Documento Técnico contendo Proposição de Metodologia Preliminar de Avaliação e Classificação de Estudos de Viabilidade em PMIs**. EPL: Empresa de Planejamento e Logística. Brasília, p. 110. 2015.
- LOPES, S. B.; CARDOSO, G.; FERNANDES, J. L. Análise do desempenho de corredores de ônibus em Porto Alegre. **XV CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**, Campinas, v. 1, p. 207-214, nov. 2001.
- MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. D. S. **O uso do método de análise hierárquica (ahp) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso**. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Porto Seguro: SBPO. set. 2009. p. 1778-1788.
- MERCEDES-BENZ. ¿Qué es Bus Rapid Transit (BRT)? **Mercedes-Benz**, 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/EJYemM>>. Acesso em: 10 out. 2018.
- NTU. **Faixas exclusivas de ônibus urbanos: experiências de sucesso**. Associação Nacional de Empresas de Transportes Urbanos. Brasília, p. 38. 2013.
- NTU. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **BRT Brasil**, 2018. Disponível em: <www.brtbrasil.org.br>. Acesso em: 02 out. 2018.
- PEREIRA, D. M. et al. **Apostila de sistemas de transporte**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.
- PERINI BUSINESS PARK. Informativos. **Perini Business Park**, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/ej2H3Y>>. Acesso em: 1 set. 2017.

- PIETROBELLI, F. **Avaliação do impacto nas emissões de poluentes gerados pelo transporte público municipal de ônibus mediante implantação de sistema Aeromovel: estudo de caso de Canoas, RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC Engenharia Civil) - UFRGS. Porto Alegre, p. 83. 2017.
- PREFEITURA DE CANOAS. Aeromovel Canoas. **Aeromovel Canoas**, 2016. Disponível em: <<http://www.canoas.rs.gov.br/site/home/pagina/idDep/31/id/346>>. Acesso em: 31 ago 2017.
- PREFEITURA DE CANOAS. **Sistema Aeromovel de Canoas**. WRI. Canoas, p. 39. 2016.
- PREFEITURA DE JOINVILLE. Memorando n. 0514753 SEINFRA, 17 de dezembro de 2016. **Planilha de custos de transporte público coletivo 2017**, Joinville, dez. 2016.
- PROTESTE. Pesquisa da PROTESTE mostra que barulho em transportes coletivos pode causar danos à saúde. **Proteste**, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/ZAZE6u>>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, Pensilvânia, n. 15, p. 234-281, 1977. ISSN 0022-2496.
- SANTANA, M. C. I. **Desenvolvimento de modelo de análise multicriterial AHP para o planejamento da mobilidade urbana**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC Eng. de Transportes e Logística) - CTJ, UFSC. Joinville, p. 100. 2018.
- SANTOS, R. T. D. et al. Demanda por investimentos em mobilidade urbana no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 79-134, mar. 2015.
- SCHLICKMANN, M. P. **Caos Planejado**, 2017. Disponível em: <<https://caosplanejado.com/o-onibus-esta-ultrapassado-como-resolver-a-crise-do-transporte-publico/>>. Acesso em: 1 set. 2017.
- SILVA, L. F.; CORREIA, F. N. Avaliação da exposição de passageiros ao ruído no interior de ônibus do transporte público no município de Itajubá. **SciELO**, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rcefac/v14n1/95-10.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- SNEL, A. A. A desapropriação: considerações gerais. **Associação Comercial, Industrial e de Serviços de Novo Hamburgo, Campo Bom e Estância Velha**, 2016. Disponível em: <<http://www.acinh.com.br/noticia/a-desapropriacao-consideracoes-gerais>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SORIANO, M. A.; MEIRA, L. H. **TOMADA DE DECISÃO EM INVESTIMENTOS DE INFRAESTRUTURA PARA O TRANSPORTE PÚBLICO.** XX Congresso Latinoamericano de Transporte. Medellín: ALATPU. 2018. p. 1143-1156.

TATTO, J.. Faixas exclusivas aumentaram a velocidade média dos ônibus. **Universidade de São Paulo,** 2015. Disponível em: <<https://www5.usp.br/96824/faixas-exclusivas-aumentaram-a-velocidade-media-dos-onibus/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

TRENSURB. TREBSURB Quadro e Tarifas. **Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A.,** 2017. Disponível em: <http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=20>. Acesso em: 25 nov 2017.

VOTORANTIM CIMENTOS. Pavimento rígido: Solução para corredores de ônibus. **Mapa da Obra,** 2016. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pavimento-rigido-para-corredores-de-onibus/>>. Acesso em: 26 out. 2018.

APÊNDICE – Instrumento avaliativo

Prezado (a) Nome

Meu nome ée estou finalizando meu trabalho de conclusão de curso (TCC) na Engenharia de Transportes e Logística do CT UFSC em Joinville sob orientação da Profa. xxxxxx.

O tema do meu trabalho está relacionando com a avaliação de diferentes sistemas de transporte público e uma etapa do método envolve a análise multicritério para definição dos pesos dos indicadores a serem analisados.

Devido a sua experiência e conhecimento no assunto seu nome me foi indicado pela minha orientadora para colaborar com meu trabalho respondendo a pesquisa em anexo.

Neste sentido, gostaria de solicitar-lhe parte do seu tempo, que sei que é precioso, para poder realizar a coleta de dados necessária.

Se você aceitar, desde já ofereço meus agradecimentos e lhe informo que na planilha Excel, em anexo, você poderá encontrar as instruções para a realização da pesquisa, assim como o próprio instrumento avaliativo.

Grato, Nome

Planilha de cálculo para o método AHP modelado para análise de sistemas de transporte público

(**Salve o arquivo com seu nome antes de continuar**)

O modelo foi criado no intuito de determinar a importância das variáveis a serem consideradas na avaliação de um novo sistema de transporte público.

Para o estudo, foram estabelecidos 5 critérios, abordados na literatura, de avaliação de sistemas de sistemas em transportes público, sendo que dois dos critérios estão subdivididos em três subcritérios.

Esta pesquisa tem o objetivo de definir os pesos dos indicadores, através da análise de critério pelo método AHP, processo de hierarquização analítica, realizando uma comparação par a par. Além disso, a partir do critério que avalia o impacto visual, pede-se para que se analise dois cenários que o especialista possa avaliar mediante uma comparação simples de imagens.

Esta planilha esta dividida em 8 abas. Nas três primeiras são apresentadas informações gerais relevante ao instrumento avaliativo, isto é, as instruções, detalhamento dos critérios e a sua hierarquia.

As abas 4 a 6 estão destinadas para realizar a avaliação par a par dos critérios para obtenção dos pesos dos indicadores.

Na aba 7, você deverá avaliar o impacto visual de dois sistemas de transporte público, através de um cenário visual de uma apresentação. Finalmente, a aba 8 corresponde a um pequeno

Para que se obtenha o resultado, é necessário percorrer todas as abas, na ordem descrita abaixo:

1) Instruções: Aqui explica-se o que é necessário saber para utilizar a planilha.

2) Definição dos critérios: Os critérios são descritos da maneira que serão analisados.

3) Hierarquia: Nesta aba é possível verificar como os critérios estão hierarquizados, mostrando os 5 grandes diretrizes e 3 subcritérios para dois dos critérios principais.

4) Critérios principais: aba em que os critérios serão avaliados, na comparação par a par, pelos especialistas que realizam esta pesquisa.

5) Subcritério_Custos: aba em que os critérios derivados da questão que relaciona custos e gastos devem ser avaliados, na comparação par a par.

6) Subcritério_Ambiental: aba em que os critérios derivados da questão ambiental devem ser avaliados na comparação par a par.

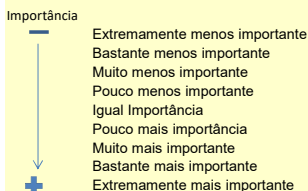
7) Cenário visual: Você será encaminhado para observar dois cenários de um site externo para responder uma questão relacionada a impecato visual no ambiente urbano.

8) Informação geral sobre o pesquisado e a pesquisa presente.

Para realizar as comparações, não é necessário conhecer o método AHP, apenas ter conhecimento técnico ou prático sobre o planejamento da mobilidade urbana.

Deve-se realizar uma comparação em relação ao nível de importância na avlição de um projeto entre o **critério da primeira coluna** em relação ao **critério da segunda coluna**

Os critérios podem ser categorizados na seguinte escala:



Atente-se às inconsistências!

Para as comparações é necessário observar a consistência delas, teste o que é feito automaticamente pela planilha após a realização das comparações.

Caso elas sejam inconsistentes é necessário realizá-las novamente. **Por padrão, as tabelas estão preenchidas pela opção da escala "Igual Importância"**

Exemplo

| MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR | | | | | |
|--------------------------------|-----------|--|------------------------|------------------------------|---------------|
| N | CRITÉRIOS | A | B | C | PESOS OBTIDOS |
| 1 | A | Igual Importância | Muito menos importante | Extremamente mais importante | 33% |
| 2 | B | | Igual Importância | Pouco mais importância | 57% |
| 3 | C | | | Igual Importância | 10% |
| CONSISTÊNCIA DA MATRIZ | | Matriz não Consistente! Reavale seu parâmetros | | | 100% |

| Tabela de comparação | | |
|----------------------|------------|------------------------------|
| Diretriz 1 | Diretriz 2 | Importância relativa |
| A | B | Muito menos importante |
| A | C | Extremamente mais importante |
| B | C | Pouco mais importância |

Se A é muito menos importante que B, mas extremamente mais importante que C, logo B em relação a C não poderia ser apenas um pouco mais importante que C já que não é refletido adequadamente a distância entre os níveis de importância para estes critérios, como a imagem acima.

Na imagem abaixo, reflete um caso de consistência porque existe uma hierarquia na ordem e nível de importância certa C->A->B

| Tabela de comparação | | |
|----------------------|------------|------------------------------|
| Diretriz 1 | Diretriz 2 | Importância relativa |
| A | B | Pouco menos importante |
| A | C | Muito mais importante |
| B | C | Extremamente mais importante |

| MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR | | | | | |
|--------------------------------|-----------|--------------------|------------------------|------------------------------|---------------|
| N | CRITÉRIOS | A | B | C | PESOS OBTIDOS |
| 1 | A | Igual Importância | Pouco menos importante | Muito mais importante | 27% |
| 2 | B | | Igual Importância | Extremamente mais importante | 67% |
| 3 | C | | | Igual Importância | 6% |
| CONSISTÊNCIA DA MATRIZ | | Matriz Consistente | | | 100% |

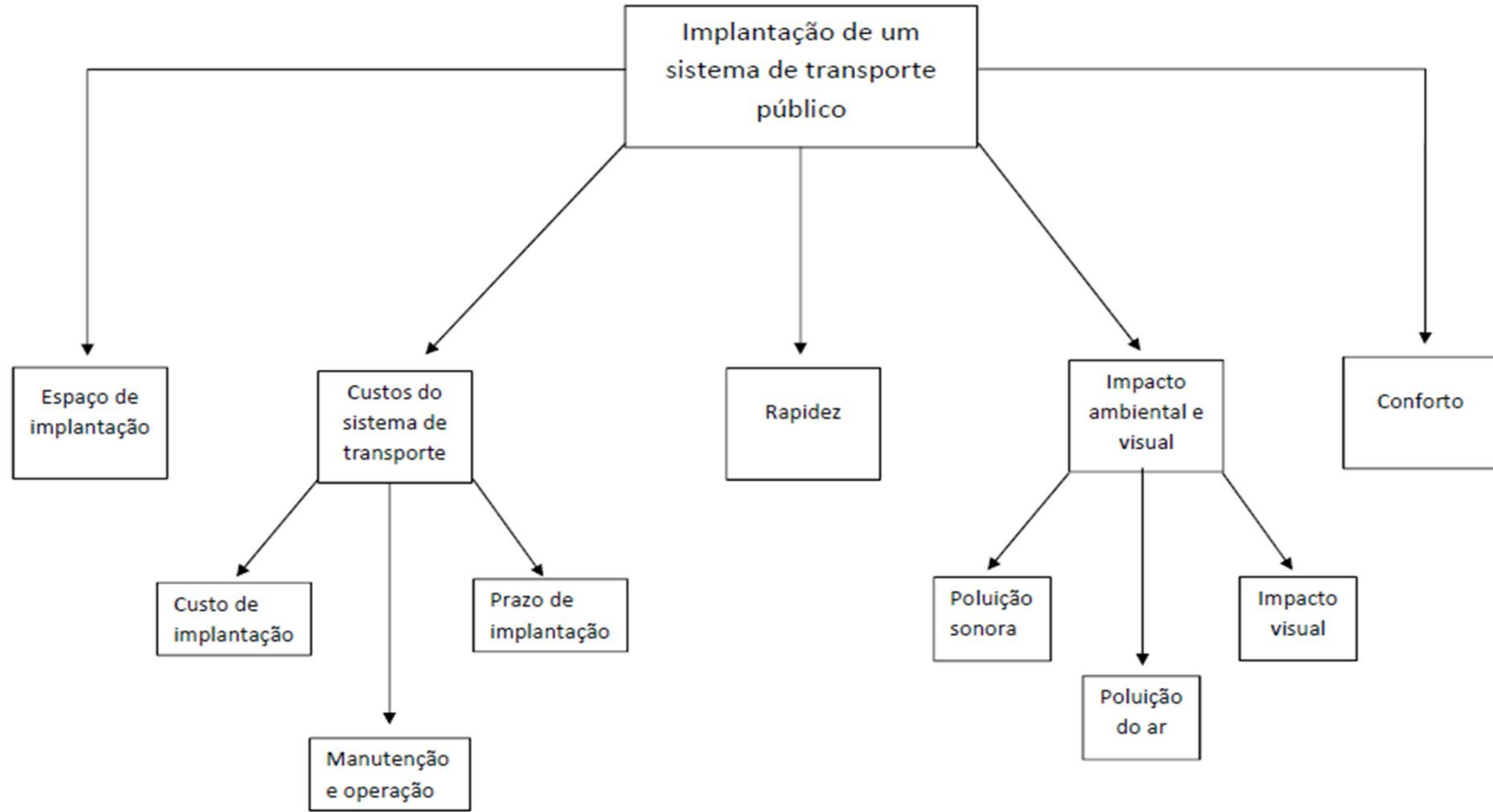
Critérios e subcritérios para a pesquisa

| N | CRITÉRIOS | Descrição |
|---|---|--|
| 1 | Espaço de Implantação | Espaço para implantação: Espaço necessário para a implantação de toda a infraestrutura do transporte público. Devem-se levar em consideração as futuras intervenções no espaço construído, de forma a evitar grandes desapropriações. |
| 2 | Custo geral do sistema de transporte | Custo necessários para a vida do sistema de transporte público o que considera a implantação e funcionamento inicial de toda a infraestrutura do transporte público, o tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso da infraestrutura, assim como os gastos de operação e manutenção do sistema durante a vida útil dele. |
| 3 | Impacto ambiental e visual | Poluição atmosférica produzida ao longo do corredor e do seu entorno. Níveis de ruídos gerados ao longo do corredor e seu entorno. Impacto visual gerado pela presença do sistema na paisagem urbana. |
| 4 | Rapidez | Tempo de viagem entre pontos específicos. Depende do grau de separação da via de transporte público do tráfego em geral, da distância entre os locais de parada, das condições da superfície de rolamento, das condições do trânsito e do tipo de tecnologia dos veículos. |
| 5 | Conforto | Nível de conforto da viagem, incluindo a quantidade de passageiros no interior dos veículos, os assentos, nível de ruído interno, temperatura dentro do veículo e nas estações. |

A seguir determinam-se os subcritérios que tem como base o critério 2 e 3.

| | Custo geral do sistema de transporte: | |
|---|--|--|
| 1 | Custo de implantação | Custo necessário à implantação e funcionamento inicial de toda a infraestrutura do transporte público (vias, estações, terminais de integração, veículos, sistema de bilhetagem, sinalização, etc.). |
| 2 | Custo de prazo para a implantação | Tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso da infraestrutura, considerar possíveis atrasos na entrega das obras. |
| 3 | Custo de operação e manutenção | custo necessário para manter o sistema funcionando dentro dos padrões estabelecidos, bem como para possíveis ajustes às novas demandas e manutenção adequada. Os gastos devem ser ponderados de acordo com a vida útil esperada para a infraestrutura. |

| | Impacto ambiental e visual | |
|---|-----------------------------------|---|
| 1 | Poluição do ar | Poluição atmosférica produzida ao longo do corredor e do seu entorno. |
| 2 | Poluição sonora | Níveis de ruídos gerados ao longo do corredor e seu entorno. |
| 3 | Impacto visual | Impacto visual gerado pela presença do sistema na paisagem urbana. |



Compare as diferentes ações na tabela de comparação abaixo de acordo com a importância relativa da diretriz 1 (primeira coluna) sobre a diretriz 2 (segunda coluna). Para fazer isso, clique nas células da coluna de importância relativa (terceira coluna) e selecione um dos critérios estabelecidos. Após as comparações os resultados podem ser vistos na tabela de pesos obtidos.

| Tabela de comparação | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| Diretriz 1 | Diretriz 2 | Importância relativa |
| Espaço de Implantação | Custos do sistema | Igual Importância |
| Espaço de Implantação | Impacto Ambiental e visual | Igual Importância |
| Espaço de Implantação | Rapidez | Igual Importância |
| Espaço de Implantação | Conforto | Igual Importância |
| Custos do sistema | Impacto Ambiental e visual | Igual Importância |
| Custos do sistema | Rapidez | Igual Importância |
| Custos do sistema | Conforto | Igual Importância |
| Impacto Ambiental e visual | Rapidez | Igual Importância |
| Impacto Ambiental e visual | Conforto | Igual Importância |
| Rapidez | Conforto | Igual Importância |

| Pesos obtidos | |
|----------------------------|--------------------|
| Espaço de Implantação | 20% |
| Custos do sistema | 20% |
| Impacto Ambiental e visual | 20% |
| Rapidez | 20% |
| Conforto | 20% |
| Consistência das respostas | Matriz Consistente |

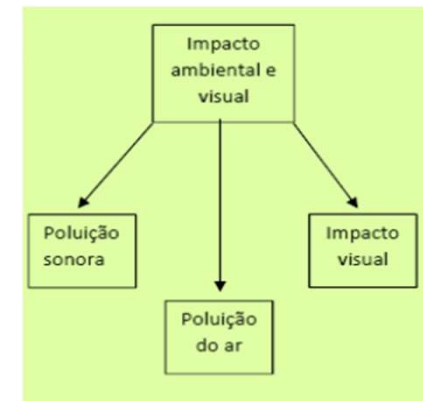
Compare as diferentes ações na tabela de comparação abaixo de acordo com a importância relativa da diretriz 1 (primeira coluna) sobre a diretriz 2 (segunda coluna). Para fazer isso, clique nas células da coluna de importância relativa (terceira coluna) e selecione um dos critérios estabelecidos. Após as comparações os resultados podem ser vistos na tabela de pesos obtidos.



| Tabela de comparação | | |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Diretriz 1 | Diretriz 2 | Importância relativa |
| Custo de implantação | Custo de manutenção e operação | Igual Importância |
| Custo de implantação | Custo prazo de implantação | Igual Importância |
| Custo de manutenção e operação | Custo prazo de implantação | Igual Importância |

| Pesos obtidos | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Custo de implantação | 33% |
| Custo de manutenção e operação | 33% |
| Custo prazo de implantação | 33% |
| Consistência das respostas | Matriz Consistente |

Compare as diferentes ações na tabela de comparação abaixo de acordo com a importância relativa da diretriz 1 (primeira coluna) sobre a diretriz 2 (segunda coluna). Para fazer isso, clique nas células da coluna de importância relativa (terceira coluna) e selecione um dos critérios estabelecidos. Após as comparações os resultados podem ser vistos na tabela de pesos obtidos.



| Tabela de comparação | | |
|----------------------|-----------------|----------------------|
| Diretriz 1 | Diretriz 2 | Importância relativa |
| Poluição do ar | Poluição sonora | Igual Importância |
| Poluição do ar | Impacto visual | Igual Importância |
| Poluição sonora | Impacto visual | Igual Importância |

| Pesos obtidos | |
|----------------------------|--------------------|
| Poluição do ar | 33% |
| Poluição sonora | 33% |
| Impacto visual | 33% |
| Consistência das respostas | Matriz Consistente |

Nos links externos você encontrará dois cenários em que se apresentam situações diferentes com infraestrutura característica para sistemas de transportes público.

Apresentação Sistema de Transporte A

<https://www.slideshare.net/secret/3X9fbiAJ5ew8mw>

Apresentação Sistema de Transporte B

<https://www.slideshare.net/secret/cfhRKHkg2kbNz>

Conforme a sua opinião, a intrusão ou impacto visual no ambiente urbano causado pelo **sistema de transporte A** em relação ao **sistema de transporte B** é:



De forma sucinta responda:

Qual é a sua experiência ou relacionamento com o assunto de planejamento de transportes públicos?

Houve alguma dificuldade ou desafio para responder a presente pesquisa?

Obrigado pela colaboração!

Por favor, salve sua planilha, incluindo seu nome no final e envie para o mesmo e-mail

Dúvidas, contatos abaixo!

Humberto Sebastián García Pizarro

Joinville- SC

Tel.: +55 47 9 9723-5740

E-mail: hugarcia@gmail.com / hugarcia85@yahoo.ca