

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
DEPARTAMENTO DE DESIGN E EXPRESSÃO GRÁFICA

YOSHINORI CÁSSIO EBINA

**PROJETO DE NOVO ÔNIBUS URBANO: UMA PROPOSTA DE MELHORIA DO
TRANSPORTE COLETIVO NO BRASIL**

PORTO ALEGRE

2015

YOSHINORI CÁSSIO EBINA

**PROJETO DE NOVO ÔNIBUS URBANO: UMA PROPOSTA DE MELHORIA DO
TRANSPORTE COLETIVO NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS, como quesito para a obtenção do título de Designer.

Orientador: Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Porto Alegre

2015

BANCA EXAMINADORA

YOSHINORI CÁSSIO EBINA

**PROJETO DE NOVO ÔNIBUS URBANO: UMA PROPOSTA DE MELHORIA DO
TRANSPORTE COLETIVO NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS, como quesito para a obtenção do título de Designer.

Professor orientador: Fábio Gonçalves Teixeira

Fábio Gonçalves Teixeira – Orientador

Clariana Fischer Brendler – UFRGS

Gabriela Zubaran de Azevedo Pizzato - UFRGS

João Rogério Machado Pereira - IFRS

PORTO ALEGRE

2015

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo desenvolver o projeto de um ônibus urbano para a melhoria do transporte coletivo no Brasil. A primeira parte do trabalho – TCC 1 – compreende as etapas de proposta, pesquisa e planejamento do projeto, nas quais são apresentados os objetivos pretendidos, metodologia utilizada, fundamentação teórica, análise de similares e definição do conceito do produto. A segunda parte do trabalho – TCC 2 – consiste nas etapas de projeto conceitual e comunicação e detalhamento do projeto, que englobam a geração de alternativas, desenvolvimento, modelagem por meio de software 3D e apresentação do produto final. A solução final é apresentada através de renders digitais, escolha de materiais e processos de produção, detalhamento e desenho técnico de componentes e elaboração de protótipo.

Palavras-chave: Design de Produto, Design automotivo, Ônibus, Transporte coletivo.

ABSTRACT

The objective of this Course Graduation Project is the development of a city bus to the improvement of public transportation in Brazil. The first part of it - TCC 1 - includes the stages of proposal, research and project planning, which shows the intended objectives, methodology, theoretical foundation, similar analysis and the definition of the product concept. The second part of the project - TCC 2 - consists in the steps of conceptual design and communication and detailing of the project, which include the generation of alternatives, development, 3D modeling by software and the presentation of the final product. The final solution is presented through digital renders, choice of materials and production processes, detailed technical drawing of components and development of prototype.

Keywords: Product Design, Automotive Design, Bus, Public transportation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ilustração do sistema de Omnibus | 14 |
| Figura 2: Ilustração do ônibus Autopsy | 15 |
| Figura 3: Ônibus Obéissante de Bollée | 16 |
| Figura 4: Ônibus de Karl Benz | 16 |
| Figura 5: Sistema de Omnibus no Rio de Janeiro | 18 |
| Figura 6: Ônibus Jacaré | 18 |
| Figura 7: Ônibus Padron da empresa CAIO | 19 |
| Figura 8: Marcopolo Viale BRT 2014 | 20 |
| Figura 9: Configurações de ônibus com piso baixo | 31 |
| Figura 10: Dimensões gerais para banco em ônibus urbanos | 33 |
| Figura 11: Dimensões da área reservada | 36 |
| Figura 12: Área de giro | 37 |
| Figura 13: Dimensões do guarda-corpo | 37 |
| Figura 14: Chassis do tipo escada, treliçado e piso baixo | 39 |
| Figura 15: Estrutura da carroceria de ônibus dianteira | 40 |
| Figura 16: Estrutura da carroceria de ônibus traseira | 41 |
| Figura 17: Catálogo de poltronas da empresa Marcopolo | 41 |
| Figura 18: Ônibus elétrico brasileiro Eletra | 45 |
| Figura 19: Esquema de motor movido a ar comprimido | 46 |
| Figura 20: Ônibus movido a hidrogênio no Brasil | 47 |
| Figura 21: Isuzu Erga | 51 |
| Figura 22: Interior do Isuzu Erga | 52 |
| Figura 23: Nova Bus LFS Articulado | 53 |
| Figura 24: Configuração convencional e com assentos laterais | 54 |
| Figura 25: New Routemaster | 55 |
| Figura 26: Interior do ônibus New Routemaster | 56 |
| Figura 27: Ônibus da linha turismo de Porto Alegre | 57 |
| Figura 28: Piso superior do ônibus linha turismo | 58 |
| Figura 29: Interior do ônibus linha turismo | 58 |
| Figura 30: Pesquisa de campo no sistema de Trens Urbanos de Porto Alegre | 60 |
| Figura 31: Interior do vagão do Trensurb | 61 |
| Figura 32: Ângulos de conforto | 67 |

| | |
|--|-----|
| Figura 33: Ângulos de conforto do campo de visão do motorista..... | 68 |
| Figura 34: Geração de alternativas de package do chassi..... | 92 |
| Figura 35: Geração de alternativas do salão de passageiros..... | 93 |
| Figura 36: Painel semântico do tema visual externo | 98 |
| Figura 37: Painel semântico do tema visual interno | 98 |
| Figura 38: Painel semântico estilo de vida do usuário | 99 |
| Figura 39: Desenhos do interior | 100 |
| Figura 40: Alternativas de traseira de dianteira | 100 |
| Figura 41: Geração de alternativas diversas | 101 |
| Figura 42: Ilustração digital do exterior..... | 102 |
| Figura 43: Comparação da estrutura da carroceria..... | 110 |
| Figura 44: Comparação do chassi..... | 111 |
| Figura 45: Imagens ilustrativas da análise estrutural | 112 |
| Figura 46: Posicionamento do sistema de propulsão | 113 |
| Figura 47: Disposição dos componentes do interior..... | 114 |
| Figura 48: Package geral do veículo | 115 |
| Figura 49: Dianteira e traseira do ônibus 2+2 | 117 |
| Figura 50: Detalhe da lanterna traseira e faróis dianteiros..... | 117 |
| Figura 51: Piso superior e inferior do veículo | 118 |
| Figura 52: Caracterização de uso do veículo | 119 |
| Figura 53: Rendering final do ônibus 2+2..... | 119 |
| Figura 54: Vistas ortográficas do veículo..... | 120 |
| Figura 55: Vistas ortográficas do interior | 121 |
| Figura 56: Modelo físico em escala | 122 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1: Especificações mecânicas para ônibus urbanos | 30 |
| Quadro 2: Legislação sobre janelas e portas | 34 |
| Quadro 3: Especificações de acessibilidade | 35 |
| Quadro 4: Especificações de dimensões internas..... | 36 |
| Quadro 5: Tipos de sistemas híbridos..... | 44 |
| Quadro 6: Outros tipos de propulsão | 48 |
| Quadro 7: Modelos de ônibus para análise diacrônica..... | 72 |
| Quadro 8: Análise diacrônica de similares | 73 |
| Quadro 9: Modelos avaliados na análise sincrônica de similares | 76 |
| Quadro 10: Análise sincrônica de similares (carrocerias)..... | 78 |
| Quadro 11: Análise sincrônica de similares (chassis) | 79 |
| Quadro 12: Necessidades detalhadas | 81 |
| Quadro 13: Requisitos de usuário | 82 |
| Quadro 14: Requisitos de projeto preliminares | 83 |
| Quadro 15: Requisitos de projeto..... | 84 |
| Quadro 16: Peso atribuído aos requisitos de usuário..... | 85 |
| Quadro 17: Opções de componentes para o package do chassi..... | 91 |
| Quadro 18: Ficha técnica do ônibus..... | 115 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1: Cronograma de atividades do TCC I | 24 |
| Tabela 2: Cronograma de atividades do TCC II | 25 |
| Tabela 3: Dimensões máximas e peso limite de ônibus urbanos..... | 29 |
| Tabela 4: Capacidades do interior de ônibus urbanos | 31 |
| Tabela 5: Mercado de ônibus no Brasil | 62 |
| Tabela 6: Exportações de ônibus em 2013 | 64 |
| Tabela 7: Análise diacrônica de similares | 73 |
| Tabela 8: Matriz QFD | 86 |
| Tabela 9: Priorização dos requisitos de projeto..... | 87 |
| Tabela 10: Matriz de seleção de alternativas do chassi | 95 |
| Tabela 11: Matriz de seleção de alternativas do salão de passageiros | 96 |
| Tabela 12: Materiais selecionados | 108 |
| Tabela 13: Resumo dos resultados da análise estrutural..... | 112 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. PROPOSTA | 13 |
| 1.1. Contextualização | 13 |
| 1.2. Definição do Problema..... | 21 |
| 1.3. Usuário | 21 |
| 1.4. Objetivo..... | 22 |
| 1.4.1. Objetivos Específicos | 22 |
| 1.5. Cronograma | 23 |
| 1.5.1 Cronograma do TCC I | 23 |
| 1.5.2 Cronograma do TCC II | 23 |
| 2. METODOLOGIA..... | 26 |
| 2.1. Etapa 1 - Proposta | 26 |
| 2.2. Etapa 2 - Pesquisa e Planejamento..... | 26 |
| 2.3. Etapa 3 - Projeto Conceitual | 27 |
| 2.4. Etapa 4 - Detalhamento e Comunicação do Projeto..... | 27 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 28 |
| 3.1. Legislação vigente no Brasil sobre ônibus urbanos | 28 |
| 3.1.1. Dimensões e peso..... | 28 |
| 3.1.2. Especificações mecânicas | 29 |
| 3.1.3. Interior | 30 |
| 3.1.3.1. Capacidades e tipo de piso..... | 30 |
| 3.1.3.2. Bancos..... | 32 |
| 3.1.3.3. Janelas e portas..... | 33 |
| 3.1.3.4. Acessibilidade e dimensões internas | 35 |
| 3.1.4. Outros..... | 38 |
| 3.1.4.1. Índices de resistência | 38 |
| 3.2. Processos de produção e materiais..... | 38 |
| 3.2.1. Chassi | 39 |
| 3.2.2. Carroceria..... | 40 |
| 3.3. Propulsão e transmissão | 42 |
| 3.3.1. Propulsão | 42 |
| 3.3.1.1. Motores de combustão interna | 42 |
| 3.3.1.2. Sistemas híbridos e totalmente elétricos | 43 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1.3. Outros tipos de propulsão | 46 |
| 3.3.2. Transmissão | 48 |
| 3.3.2.1. Caixa de câmbio manual | 49 |
| 3.3.2.2. Caixa de câmbio automática | 49 |
| 3.4. Ônibus urbanos em outros países | 50 |
| 3.4.1. Japão..... | 51 |
| 3.4.2. Estados Unidos | 53 |
| 3.4.3. Inglaterra | 54 |
| 3.5. Pesquisa de campo | 56 |
| 3.5.1. Linha turismo em Porto Alegre | 57 |
| 3.5.2. Trensurb em Porto Alegre | 59 |
| 3.6. Mercado de ônibus no Brasil | 61 |
| 3.6.1. Mercado de ônibus urbanos no Brasil | 62 |
| 3.6.2. Exportações | 63 |
| 3.7. Ergonomia em ônibus urbanos | 64 |
| 3.7.1. Passageiros..... | 65 |
| 3.7.2. Motorista..... | 66 |
| 3.7.3. Cobrador | 68 |
| 4. PESQUISA E PLANEJAMENTO | 70 |
| 4.1. Questionário com usuários | 70 |
| 4.2. Análise de similares | 71 |
| 4.2.1. Análise Diacrônica de Similares | 71 |
| 4.2.2. Análise Sincrônica de Similares | 75 |
| 4.3. Necessidades e Requisitos..... | 80 |
| 4.3.1 Necessidades..... | 80 |
| 4.3.2. Requisitos de usuário | 81 |
| 4.3.3. Requisitos de Projeto | 82 |
| 4.3.4. Priorização de requisitos | 84 |
| 4.4. Síntese..... | 88 |
| 4.5. Conceito do Produto | 88 |
| 4.6. Considerações finais..... | 89 |
| 5. PROJETO CONCEITUAL | 90 |
| 5.1. Package..... | 90 |
| 5.1.1. Geração de alternativas de package do chassi..... | 90 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.2. Geração de alternativas de package e do interior | 92 |
| 5.1.3. Matriz de seleção – Método de Pugh | 94 |
| 5.1.3.1. Seleção da melhor alternativa de package do chassi ... | 94 |
| 5.1.3.2. Seleção da melhor alternativa do interior..... | 95 |
| 5.2. Geração de alternativas da carroceria | 97 |
| 5.2.1. Painéis semânticos | 97 |
| 5.2.2. Geração de alternativas | 99 |
| 5.2.3. Definição da solução final..... | 102 |
| 6. DETALHAMENTO E COMUNICAÇÃO DO PROJETO | 103 |
| 6.1. Descrição da solução final | 103 |
| 6.2. Características técnicas..... | 104 |
| 6.2.1 Motor | 104 |
| 6.2.2. Caixa de câmbio..... | 105 |
| 6.2.3. Suspensão | 105 |
| 6.2.4. Freios | 105 |
| 6.2.5. Rodas e Pneus..... | 106 |
| 6.2.6. Chassi | 106 |
| 6.2.7. Análise estrutural..... | 107 |
| 6.2.7.1. Modelagem do chassi..... | 107 |
| 6.2.7.2. Materiais | 108 |
| 6.2.7.3. Simulação..... | 108 |
| 6.2.6.4. Carga..... | 109 |
| 6.2.7.5. Restrições..... | 110 |
| 6.2.7.6. Resultados..... | 110 |
| 6.3 Package final | 113 |
| 6.3.1. Posicionamento de componentes | 113 |
| 6.4. Ficha técnica..... | 115 |
| 6.5. Aparência externa..... | 116 |
| 6.6. Renderings | 117 |
| 6.7. Vistas ortográficas | 120 |
| 6.8. Modelo físico em escala | 122 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 123 |
| 8. REFERÊNCIAS..... | 125 |

1. PROPOSTA

1.1. Contextualização

O transporte coletivo possui grande importância em todo o mundo. Diariamente, milhões de pessoas utilizam deste sistema para se locomover nas grandes cidades ao redor do planeta, seja para trabalhar, estudar ou para realizar alguma atividade de lazer. Existem diversos tipos de transportes que podem ser utilizados, como ônibus, trens, metrô, bondes e embarcações e, até mesmo, aeronaves para grandes deslocamentos.

O ônibus é um dos tipos de transporte coletivo de maior importância e uso no mundo, devido à sua facilidade de implantação e custos de operação reduzidos em relação aos outros tipos. No Brasil especificamente, o ônibus possui uma participação ainda maior, sendo responsável por 85% de todas as viagens por transporte coletivo (Embarq, 2013) ou cerca de quarenta milhões de passageiros transportados diariamente (NTU, 2014). Contribuem para isso a grande malha viária do país, e a falta de investimentos em transporte ferroviário e hidroviário. Sendo assim, o ônibus é parte presente e indispensável na vida de grande parte dos brasileiros, possuindo, além disso, papel importante para um bom sistema de mobilidade urbana nas grandes cidades. Segundo Nakano (2011), um automóvel carregando uma ou duas pessoas, ocupa um grande espaço. Implantar um sistema de transporte coletivo por ônibus permite transportar uma quantidade maior de pessoas em um espaço consideravelmente menor.

O conceito de transporte coletivo por ônibus foi idealizado inicialmente na França no ano de 1661, pelo Duque de Roanez. O nome do veículo, no entanto, só surgiria anos mais tarde. O sistema consistia em carruagens públicas que circulavam por Paris com horários, itinerários e tarifas preestabelecidas. A primeira linha implantada circulava entre Luxembourg e Port de Saint Antoine. Os veículos eram chamados de “Carroces à Cinc Sous”, possuíam lugar para oito passageiros, além do cocheiro e seu ajudante. Devido a fatores desconhecidos, em 1678 o sistema de transporte coletivo acabou sendo abandonado (Stiel, 2001).

Já em 1826, um comerciante francês chamado Stanilas Baudry, criou um serviço de diligências para deslocar seus fregueses do centro da cidade de Nantes até sua loja. O ponto final era situado em uma praça em frente à loja de um

chapeleiro chamado Omnes, o que acabou resultando no trocadilho “Omnes Omnibus” que significa “Omnes para todos”, fazendo com que os usuários passassem a utilizar o termo para se referir ao sistema de diligências. Stanilas percebeu que muitos usuários utilizavam seu serviço apenas para se locomover pela cidade e não frequentar sua loja, e então solicitou uma autorização oficial para um sistema de viaturas públicas, criando assim oficialmente o termo “Omnibus” para designar este tipo de transporte coletivo, que mais tarde viria a se chamar ônibus no Brasil.

A companhia de Stanilas recebeu autorização para funcionar oficialmente a partir de 30 de janeiro de 1828, com um limite máximo de cem viaturas, que receberam aprimoramentos e identificação oficial na lateral das diligências (Figura 1). Apesar da grande demanda e da ausência de concorrentes, a empresa acabou se tornando um grande desastre financeiro, encerrando assim mais uma tentativa de estabelecer um transporte público urbano (Museu Virtual do Transporte Urbano NTU, 2004).

Figura 1: Ilustração do sistema de Omnibus

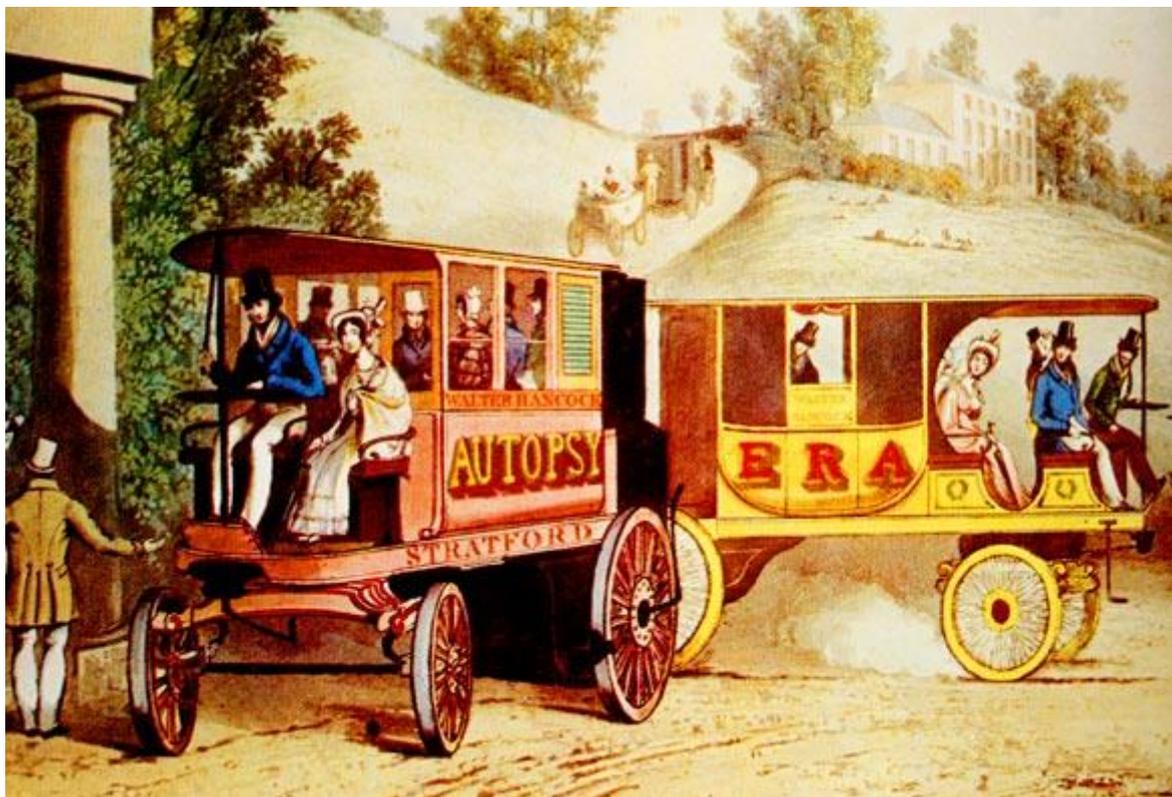


Fonte: Museu Virtual do Transporte Urbano NTU (2004)

Nos anos seguintes, houve diversos outros sistemas e evoluções no transporte público, uma das principais sendo a implantação de veículos movidos a vapor. Um dos pioneiros neste quesito foi Hancock, que desenvolveu em 1836 o veículo de transporte de passageiros Autopsy (Figura 2), que pesava 3,5 toneladas e

conseguiu atingir uma velocidade de até 16 km/h, e representava um grande avanço para a época.

Figura 2: Ilustração do ônibus Autopsy

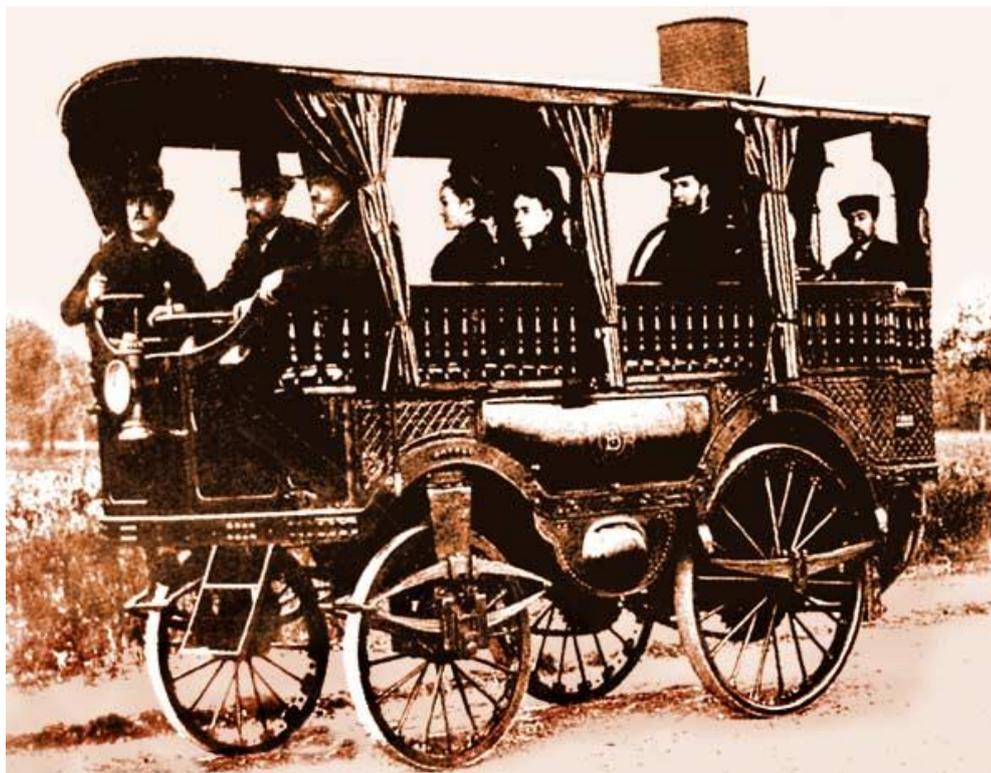


Fonte: Museu Virtual do Transporte Urbano NTU (2004)

Os ônibus a vapor seguiram em desenvolvimento ao longo do século, recebendo diversas variações e aprimoramentos, como o modelo Obéissant de Bollée de 1873 (Figura 3), que já atingia 30 km/h e conseguia levar 12 passageiros com certo conforto, melhorando consideravelmente a qualidade do transporte coletivo por ônibus e o tempo para percorrer o trajeto.

Em 1895, Karl Benz criou o primeiro ônibus a utilizar gasolina como combustível (Figura 4). Ele entrou em serviço no dia 18 de março de 1895, fazendo o trajeto entre Deuz e Siegen. O motor de combustão interna possuía cinco cavalos de potência e permitia o veículo alcançar a velocidade de 15 km/h. Sua lotação era de oito passageiros, e estes frequentemente tinham de sair e empurrar o veículo quando ele chegava a partes inclinadas no percurso. O feito de Benz pode ser considerado o início do desenvolvimento dos ônibus modernos (Museu Virtual do Transporte Urbano NTU, 2004).

Figura 3: Ônibus Obéissante de Bollée



Fonte: Museu Virtual do Transporte Urbano NTU (2004)

Figura 4: Ônibus de Karl Benz



Fonte: Museu Virtual do Transporte Urbano NTU (2004)

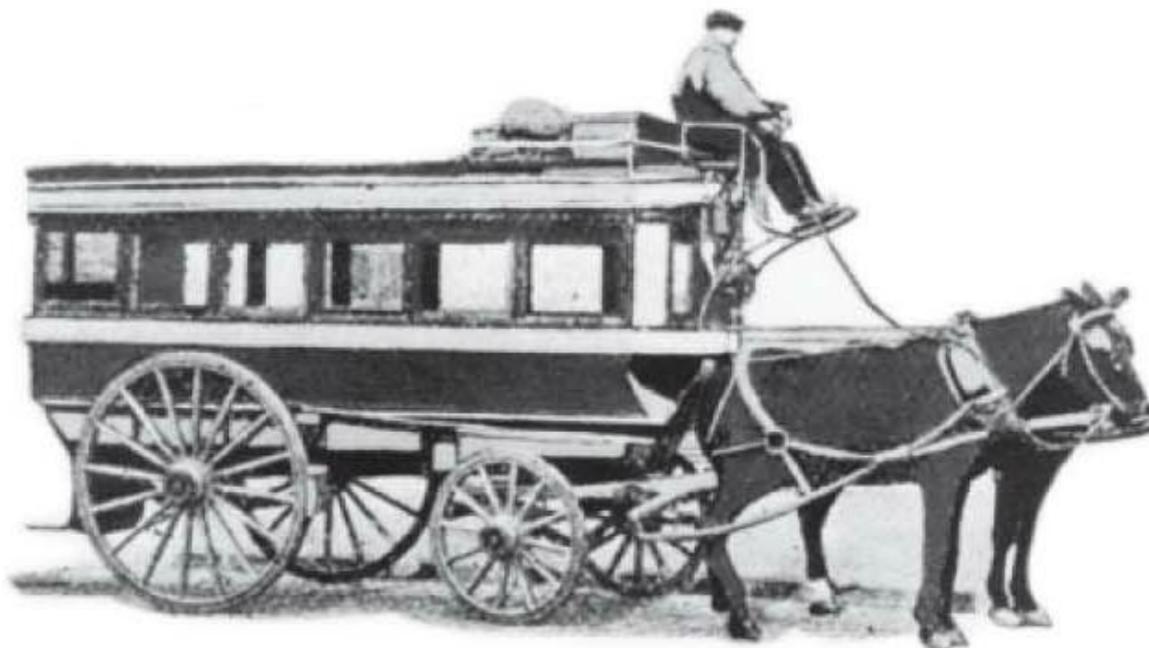
A partir do veículo de Karl Benz, o desenvolvimento dos ônibus cresceu em ritmo acelerado. O uso de chassis de caminhões e motores de combustão interna, geralmente com 4 cilindros em linha, proporcionou um grande aumento na capacidade de passageiros e na potência e velocidade dos veículos. O modelo da empresa MAN em 1925, já possuía capacidade para 45 passageiros e motor com 65 cv de potência, um grande salto em relação aos ônibus do século anterior.

Diversas variações foram desenvolvidas e produzidas, como ônibus de 2 andares, com reboque que podia ser acoplado, aumentando assim a capacidade de passageiros, variações no posicionamento do motor e diversos outros quesitos técnicos. Uma das novidades aplicadas foi o motor movido a Diesel, uma tecnologia já existente há alguns anos, mas que só começou a ser utilizada amplamente por veículos pesados a partir do ônibus N56 da empresa Benz, que possuía um motor OM5 com 70 cv. A partir disso, outras empresas também começaram a investir no combustível Diesel: a MAN lançou sua versão em 1935, a Scania em 1936 e a Opel em 1938. Desde então a maioria dos modelos lançados possuía motores movidos a Diesel, devido às diversas vantagens como a robustez, torque elevado e facilidade de manutenção, prevalecendo assim até os dias atuais (A História do transporte no mundo, Settran, 2014).

No Brasil, o primeiro sistema de transporte coletivo urbano surgiu no Rio de Janeiro no ano de 1817, e utilizava diligências com quatro rodas (Figura 5). Já o sistema de Omnibus foi implantado em 1837 pelo Visconde de Sepetiba, e permaneceu ativo até o ano de 1862, quando foram substituídos pelos bondes (Revista ônibus, 2004).

Os bondes seguiram em ascensão até o ano de 1908, quando os ônibus voltaram a se tornar um forte concorrente. Nesta época foi introduzido no Brasil o primeiro ônibus movido a gasolina. O modelo era da fabricante Daimler e circulava na cidade do Rio de Janeiro. Paralelamente ao desenvolvimento e evolução dos ônibus pelo mundo, no Brasil os veículos também foram sendo aprimorados, e começaram a ganhar espaço em relação aos bondes pelo seu maior conforto e versatilidade. O ônibus Jacaré de 1930 (Figura 6), possuía mecânica Daimler e carroceria fabricada no Brasil pela empresa Light, e foi um sucesso imediato nas grandes cidades do Brasil (Museu Virtual do Transporte Urbano NTU, 2004).

Figura 5: Sistema de Omnibus no Rio de Janeiro



Fonte: 100 anos do transporte urbano no Brasil (1997)

Figura 6: Ônibus Jacaré



Fonte: Museu Virtual do Transporte Urbano NTU (2004)

Nos anos seguintes, mais e mais modelos foram sendo introduzidos no mercado brasileiro. Ônibus de fabricantes como Daimler, GMC, Volvo, International e

Scania começaram a ganhar as ruas brasileiras. Ao mesmo tempo, começam a surgir as encarroçadoras brasileiras, empresas especializadas em construir apenas carrocerias dos ônibus para serem utilizados em chassis vendidos separadamente com a parte mecânica. O setor ganhou força no país a partir da década de 50, e o transporte coletivo por ônibus ganhou cada vez mais espaço, enquanto os bondes acabaram caindo em desuso.

No fim da década de 70, devido ao crescimento do setor e das empresas encarroçadoras, foi criado o “Projeto Padron”, pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte (GEIPOT), com o objetivo de estabelecer regras e normatizações para os ônibus brasileiros, já que havia diversas empresas no setor fabricando carrocerias e chassis sem nenhum tipo de legislação ou parâmetros de segurança e conforto como guia. Foram realizadas diversas pesquisas e consultas com fabricantes e usuários, a fim de determinar quais padrões deveriam ser adotados. Ao fim do processo, já no início da década de 80, as empresas deveriam apresentar protótipos de ônibus “Padron”, para então receber a homologação para a fabricação. As empresas Marcopolo, Ciferal e CAIO foram as primeiras a apresentar seus veículos, sendo um total de 5, como o modelo CAIO com chassi Volvo (Figura 7).

Figura 7: Ônibus Padron da empresa CAIO



Fonte: CAIO (1981)

Apesar do êxito do projeto, as empresas operadoras e consórcios que administravam as rotas de ônibus acabaram pressionando as fabricantes devido ao alto custo dos ônibus do tipo Padron. As encarroçadoras acabaram já no fim da década de 80, por lançarem novos veículos que possuíam o título de Padron, mas que desrespeitavam diversas regras e normas estabelecidas anteriormente. Aos poucos o projeto acabou perdendo força, mas serviu como uma grande experiência e foi essencial no desenvolvimento das normas básicas de construção de carroceria implantadas pelo CONMETRO em 1993. Até os dias atuais, é possível encontrar no portfólio das grandes empresas de ônibus as regras do tipo Padron, mas seu número de vendas é baixo quando comparado aos modelos convencionais e mais baratos, permanecendo assim até hoje a herança deste projeto no Brasil.

O aprimoramento dos ônibus no Brasil e no mundo segue até os dias atuais. Os modelos disponíveis atualmente (Figura 8) em nada lembram os veículos utilizados no transporte coletivo de antigamente. No entanto, há muito a melhorar e aprimorar neste sistema. Para isso os fabricantes seguem buscando e testando novas tecnologias que melhorem o conforto, proporcionem custos de operação menores, e que sejam sustentáveis. Novos materiais, processos produtivos, configurações de carrocerias, sistemas de propulsão e diversos outros componentes seguem em desenvolvimento para o melhoramento contínuo do transporte coletivo por ônibus.

Figura 8: Marcopolo Viale BRT 2014



Fonte: Marcopolo (2014)

1.2. Definição do Problema

Todos os dias o sistema de transporte coletivo por ônibus no Brasil leva cerca de 40 milhões de passageiros de suas casas até seu local de trabalho, estudo ou lazer, sendo um sistema muito importante em todas as grandes cidades e essencial para uma mobilidade urbana adequada.

Os ônibus, que fazem parte da rotina diária de grande parte da população, deveriam oferecer ao usuário conforto e segurança durante o seu trajeto, mas acabam se mostrando muitas vezes inadequados. Em uma pesquisa realizada pela ANTP (2012), os usuários avaliaram o transporte coletivo por ônibus no Brasil com uma nota média de 5,5 em uma escala de 0 a 10. Estes números refletem a insatisfação do usuário ao utilizar o ônibus, e estão ligados a diversos problemas como superlotação, falta de informações, ausência de climatização e higiene, assentos desconfortáveis e outros.

Os veículos utilizados são parte essencial para a melhoria do transporte coletivo por ônibus, pois é dentro dele que o usuário realiza seu deslocamento diário. A ausência de ônibus no mercado brasileiro que busquem minimizar ou solucionar os principais problemas citados deixa clara a demanda pelo desenvolvimento de novos veículos focados no conforto, bem-estar e segurança dos usuários e operadores.

O desenvolvimento de um novo ônibus urbano que se destaque dos demais e ofereça melhor qualidade de transporte se apresenta, também, como uma oportunidade de negócio a ser explorado. Todos os anos, cerca de 15 mil ônibus urbanos são vendidos no país (FABUS, 2013) e as frotas de empresas são constantemente renovadas, fato que mantém o número de vendas sempre constante.

1.3. Usuário

O público usuário do transporte coletivo por ônibus é bastante amplo e diversificado, varia desde o usuário casual, que o utiliza pouquíssimas vezes e apenas em determinadas ocasiões e necessidades, até aqueles que o utilizam diariamente para se deslocar para o trabalho ou local de estudo.

De acordo com a pesquisa de imagem realizada pela ANTP (2012) e o questionário aplicado com usuários, que pode ser conferido na seção 4.1, é possível ter uma noção do perfil dos usuários do transporte coletivo por ônibus. O público alvo que utiliza o transporte público é basicamente constituído igualmente por homens e mulheres, sendo a maioria em idade ativa de trabalho, situados principalmente nas classes econômicas B e C, e utilizam o ônibus urbano principalmente para ir ao trabalho ou local de estudo, mas também para realizar atividades de lazer em folgas ou fins de semana.

Como se pode observar, dada a diversidade dos usuários, é necessária atenção no desenvolvimento do projeto para que não haja exclusão de nenhum segmento do público alvo, e também cuidados em relação à legislação que garante direitos específicos a determinados grupos, como os idosos, gestantes e pessoas com deficiência e obesos, que devem ser respeitados e seguidos conforme estabelecido previamente pela lei.

1.4. Objetivo

Desenvolver um novo ônibus urbano para o transporte coletivo brasileiro, com foco na melhoria e aprimoramento deste tipo de veículo no país, de maneira que os problemas apontados pelos usuários sejam amenizados ou solucionados.

1.4.1. Objetivos Específicos

- Projetar um produto que seja economicamente viável e passível de produção em escala industrial, de acordo com a realidade brasileira.
- Pesquisar e agregar componentes que ocasionem melhorias para o usuário, sejam eles já existentes ou novas tecnologias, como itens de série presentes no veículo.
- Desenvolver um produto que atenda a legislação brasileira vigente sobre ônibus urbanos.
- Definir o posicionamento de componentes internos do veículo (package), de forma a otimizar o espaço e circulação de passageiros.

- Considerar, além dos usuários, os operadores do produto, desenvolvendo melhorias também para o condutor e cobrador do veículo.
- Explorar os quesitos formais e estéticos do produto, buscando uma aparência atraente, que se diferencie de outros modelos já existentes.
- Resolver ou amenizar o maior número possível de problemas apontados por usuários do transporte coletivo por ônibus no Brasil.

1.5. Cronograma

Para um melhor controle das atividades e do tempo disponível, foi elaborado um cronograma de tarefas dividido entre os Trabalhos de Conclusão de Curso I e II. Neles constam todas as principais atividades a serem desenvolvidas durante o projeto, qual a duração de cada uma, e em quais semanas estão previstos o desenvolvimento de tais tarefas.

1.5.1 Cronograma do TCC I

O primeiro cronograma, que pode ser visto na Tabela 1, compreende as atividades do Trabalho de Conclusão de Curso I, que começa com a etapa de Proposta, que por ser mais extensa e conter mais atividades, ocupa as oito primeiras semanas do projeto. A segunda etapa de Pesquisa e Planejamento é desenvolvida nas quatro semanas seguintes, e por último, a etapa do Projeto Conceitual, nas cinco semanas finais até a entrega final do relatório do projeto. Por fim, ainda são reservadas duas semanas para a apresentação e avaliação do projeto, completando assim as dezenove semanas disponíveis para o desenvolvimento de todas as atividades.

1.5.2 Cronograma do TCC II

O cronograma que compreende as atividades do TCC II pode ser visto na Tabela 2. Nela estão presentes a continuação e finalização da etapa de Projeto Conceitual e a etapa de Detalhamento e Comunicação do Projeto. Após essa etapa, ainda foram reservadas duas semanas para as considerações finais do projeto e mais duas semanas para a apresentação e banca de avaliação final do trabalho.

Tabela 1: Cronograma de atividades do TCC I

| Mês | Agosto | | | | Setembro | | | | Outubro | | | | | Novembro | | | | Dezembro | | | |
|--------|-----------|------|------|------|----------|-----------|------|------|-------------------------|------|-------|-------------------|--------------------|----------|------|-------|----------------------------|----------|------|--------------|--|
| Semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | |
| Data | 3/8 | 10/8 | 17/8 | 24/8 | 31/8 | 7/9 | 14/9 | 21/9 | 28/9 | 5/10 | 12/10 | 19/10 | 26/10 | 2/11 | 9/11 | 16/11 | 23/11 | 30/11 | 7/12 | | |
| | Proposta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 - 1.6 | | | | | | | | Pesquisa e Planejamento | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2. | | | | | | | | Projeto Conceitual | | | | | | | | |
| | | | | | | 3.1 - 3.6 | | | | | | | | | | | | | | Banca | |
| | | | | | | | | | 4.1 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 4.2 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 4.3 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 5.1 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Apresentação | |
| | | | | | | | | | | | | Relatório Parcial | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Entrega Final do Relatório | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Banca | |

Fonte: Autor

Tabela 2: Cronograma de atividades do TCC II

| Mês | Março | | | | Abril | | | | | Maio | | | | Junho | | | | Julho | | | |
|--------|---------------------------|-----|------|------|-------|--|------|-----------|------|------|--------------------------|------|------|-------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|--------------|-----|--|--|
| Semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | |
| Data | 1/3 | 8/3 | 15/3 | 22/3 | 29/3 | 5/4 | 12/4 | 19/4 | 26/4 | 3/5 | 10/5 | 17/5 | 24/5 | 31/5 | 7/6 | 14/6 | 21/6 | 28/6 | 5/7 | | |
| | Projeto Conceitual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.2 | | | | | Detalhamento e Comunicação do Projeto | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 5.3 | | | | | | | | | | | | | Considerações | | | | | |
| | | | | | | 6.1 - 6.5 | | | | | | | | | | | | Banca | | | |
| | | | | | | | | 6.6 - 6.7 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 6.8 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7. | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Apresentação | | | | |
| | | | | | | | | | | | Relatório Parcial | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Entrega Final do Relatório | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Banca | | | |

Fonte: Autor

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada como base para o desenvolvimento do trabalho foi a de Mike Baxter (2000), tendo sido dividida em quatro etapas principais: Proposta, Pesquisa e Planejamento, Projeto Conceitual e Detalhamento e Comunicação do Projeto. E como auxiliar, principalmente para o desenvolvimento do packaging, foi escolhida a metodologia proposta por Macey e Wardle (2008). Ambas sofreram alterações para se adequar a este projeto específico, com variação de determinadas ferramentas e métodos.

2.1. Etapa 1 - Proposta

A proposta de trabalho é composta pela contextualização, definição do problema, descrição dos usuários, objetivos, metodologia, fundamentação teórica, QFD e apresentação do cronograma. Nesta etapa, o escopo do projeto é definido, bem como os objetivos a serem alcançados e também quais métodos a serem utilizados para se obter os resultados esperados. Por último é feita uma estimativa de duração do projeto, através de um cronograma detalhado sobre cada etapa e tarefas a serem executadas em função do tempo disponível.

2.2. Etapa 2 - Pesquisa e Planejamento

A etapa de pesquisa e planejamento é composta pela análise de similares (sincrônica e diacrônica), com o objetivo de analisar produtos que existem atualmente no mercado e a evolução do tipo de produto ao longo de sua história, assim verificando pontos positivos e negativos de cada um comparativamente, e identificando quesitos a serem aproveitados ou evitados. A etapa final constitui-se na avaliação de oportunidades de inovação. Também inserido nesta fase está o questionário com usuários, que tem como função básica auxiliar na identificação dos principais problemas e anseios daqueles que utilizam o produto, e também como uma ferramenta para obter-se sugestões e opinião do público sobre o produto em si e seus similares.

2.3. Etapa 3 - Projeto Conceitual

O projeto conceitual tem como objetivo produzir os princípios para o novo produto a partir de todas as pesquisas e análises realizadas anteriormente, partindo de uma síntese e da revisão dos objetivos do projeto. Ainda nesta etapa, está presente a geração das alternativas e análises de funções semânticas do produto proposto, procurando selecionar o melhor conceito para então iniciar o detalhamento e comunicação do projeto.

2.4. Etapa 4 - Detalhamento e Comunicação do Projeto

Após a definição do conceito de produto, o projeto é detalhado através de desenhos técnicos e esquemáticos, especificação dos sistemas e tecnologias, materiais, processos de produção, análises estruturais e detalhes gerais. Nesta etapa, também é realizada a comunicação do projeto através de protótipos, modelagem virtual, apresentação do produto, pranchas de apresentação e relatório final.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a fundamentação teórica, foram pesquisados tópicos como a legislação vigente no Brasil sobre ônibus urbanos, processos de produção, materiais, sistemas de propulsão e transmissão, modelos de ônibus de outros países, entre outros. Os temas abordados serão de suma importância para expandir os conhecimentos na área, e também identificar limitações e oportunidades possíveis para o projeto de um ônibus urbano.

3.1. Legislação vigente no Brasil sobre ônibus urbanos

A legislação brasileira impõe determinadas regras e limitações aos ônibus urbanos, referentes às dimensões do veículo, peso, número de eixos, portas, janelas, assentos, balaústres e diversos outros quesitos. Para desenvolver um ônibus urbano voltado para o mercado brasileiro, é essencial que o projeto esteja dentro destas regras. Sendo assim, foram pesquisados e analisados os principais parâmetros que devem ser utilizados no projeto.

3.1.1. Dimensões e peso

Os limites e regras sobre dimensões e peso de veículos em geral, são estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e podem ser verificados na resolução nº 210 de 13 de novembro de 2006, que contém regras e normas sobre dimensões e peso para veículos de carga e de transporte de passageiros, com base no Código de Trânsito Brasileiro, estabelecido pela Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, e também na Resolução nº 1, de 26 de janeiro de 1993, do Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO), que estabelece parâmetros especificamente para carrocerias de ônibus urbanos.

Com base nos dados coletados, foi elaborada uma tabela para facilitar a visualização e comparação dos limites e regras estabelecidas. Os valores podem ser conferidos na tabela 3.

Tabela 3: Dimensões máximas e peso limite de ônibus urbanos

| Quesito | Ônibus urbano não-articulado | Ônibus urbano não-articulado com 3º eixo | Ônibus urbano articulado | Ônibus urbano bi-articulado |
|---|---|--|--------------------------|-----------------------------|
| Comprimento máximo | 14,00 metros | 15,00 metros | 18,60 metros | 30,00 metros |
| Largura máxima | 2,60 metros | 2,60 metros | 2,60 metros | 2,60 metros |
| Altura máxima | 3,50 metros | 3,50 metros | 3,50 metros | 3,50 metros |
| Balanço traseiro (% da distância entre-eixos) | 62% para motor traseiro, 66% para motor central e 71% para motor dianteiro. Nenhum balanço pode exceder 3,50 metros | | | |
| Peso bruto total | 16 toneladas | 19,5 toneladas | 26 toneladas | 36 toneladas |

Fonte: Adaptado de CONTRAN (2006)

A tabela elaborada contém as principais regras e limites sobre dimensões externas e peso de um ônibus urbano, sendo assim será utilizada também como referência para a definição do Package do projeto, para que o ônibus desenvolvido seja adequado à legislação brasileira.

3.1.2. Especificações mecânicas

As especificações mecânicas para ônibus urbanos estão definidas na norma brasileira da ABNT nº 15.570 (2009) em conjunto com a resolução nº 1, de 26 de janeiro de 1993, do Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO). As informações foram separadas e organizadas no Quadro 1, contendo os dados mais relevantes e que serão utilizados para a definição das especificações técnicas do projeto.

Pelo quadro elaborado, é possível observar que a legislação brasileira impõe limitações e recomendações em praticamente todos os aspectos mecânicos dos ônibus urbanos. No sistema de direção, freios, transmissão e suspensão, as exigências são bastante rígidas e não permitem muitas modificações ou introdução de componentes diferenciados. Já no quesito propulsão, a única exigência é a relação de potência e torque por tonelada, deixando assim em aberto o tipo de motor empregado, podendo ser dos mais variados, desde os mais comuns motores de combustão interna a diesel, até novas tecnologias como sistemas híbridos, totalmente elétricos ou a hidrogênio.

Quadro 1: Especificações mecânicas para ônibus urbanos

| Quesito | Ônibus urbano não-articulado | Ônibus urbano "Padron" | Ônibus urbano articulado | Ônibus urbano bi-articulado |
|----------------------------------|---|---|---|---|
| Sistema de direção | Hidráulica ou elétrica | Hidráulica ou elétrica com coluna ajustável | Hidráulica ou elétrica com coluna ajustável | Hidráulica ou elétrica com coluna ajustável |
| Suspensão (Piso baixo) | Pneumática ou mista com movimentação vertical | | | |
| Suspensão (Piso alto) | Metálica, pneumática ou mista | Pneumática ou mista | Pneumática ou mista | Pneumática ou mista |
| Relação potência/PBT (cv/t min.) | 12,23 | 12,23 | 10,87 | 9,51 |
| Relação torque/PBT (kgfm/t min.) | 4,58 | 5,09 | 5,09 | 4,28 |
| Transmissão | Manual ou automática (recomendado) | Manual ou automática (recomendado) | Automática | Automática |
| Sistema de freios | Convencional | Convencional | Antiblocante | Antiblocante |

Fonte: Adaptado de ABNT (2009)

3.1.3. Interior

A legislação brasileira sobre o interior de ônibus urbanos no Brasil é bastante extensa e estabelece detalhadamente diversas regras que são definidas na norma brasileira da ABNT nº 15.570 (2009); na resolução nº 1, de 26 de janeiro de 1993, do Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO); e também na norma brasileira da ABNT nº 14.022 (2006). Dentre todas as especificações, foram selecionadas, agrupadas e resumidas as que possuem maior relevância e que podem influenciar diretamente na disposição dos componentes internos do projeto.

3.1.3.1. Capacidades e tipo de piso

A legislação brasileira estabelece uma quantidade mínima de passageiros sentados e em pé, e também a capacidade máxima de passageiros em pé por metro quadrado de espaço de corredor para cada tipo específico de ônibus. Os valores podem ser visualizados na tabela 4.

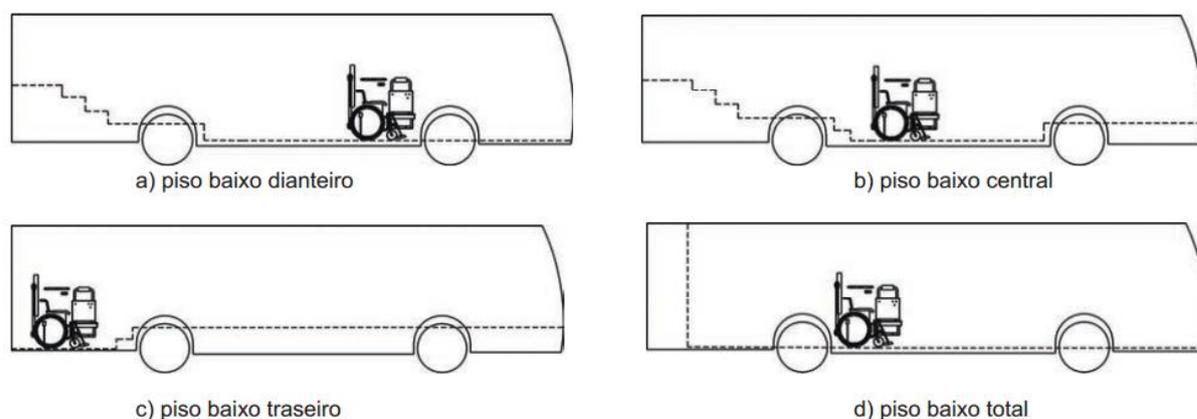
Tabela 4: Capacidades do interior de ônibus urbanos

| Quesito | Ônibus urbano não-articulado | Ônibus urbano "Padron" | Ônibus urbano articulado | Ônibus urbano bi-articulado |
|---|------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Capacidade mínima de passageiros | 70 | 80 | 100 | 160 |
| Capacidade máxima (pessoas em pé/m ²) | 6 | 6 | 6 | 6 |

Fonte: Adaptado de ABNT (2009)

Também são feitas distinções em relação ao tipo de piso utilizado na carroceria, podendo ele ser do tipo alto, que possui como característica construtiva todo o piso do compartimento interno acima do plano formado entre as linhas do centro das rodas, ou do tipo baixo, que se caracteriza pelo piso do compartimento interno rebaixado em qualquer uma de suas seções (dianteira, central, traseira ou total) em relação ao plano formado entre as linhas do centro das rodas, de acordo com a norma brasileira da ABNT nº 14.022 (2006). Os diferentes tipos de possibilidades de ônibus com piso baixo podem ser conferidos na figura 9.

Figura 9: Configurações de ônibus com piso baixo



Fonte: ABNT (2006)

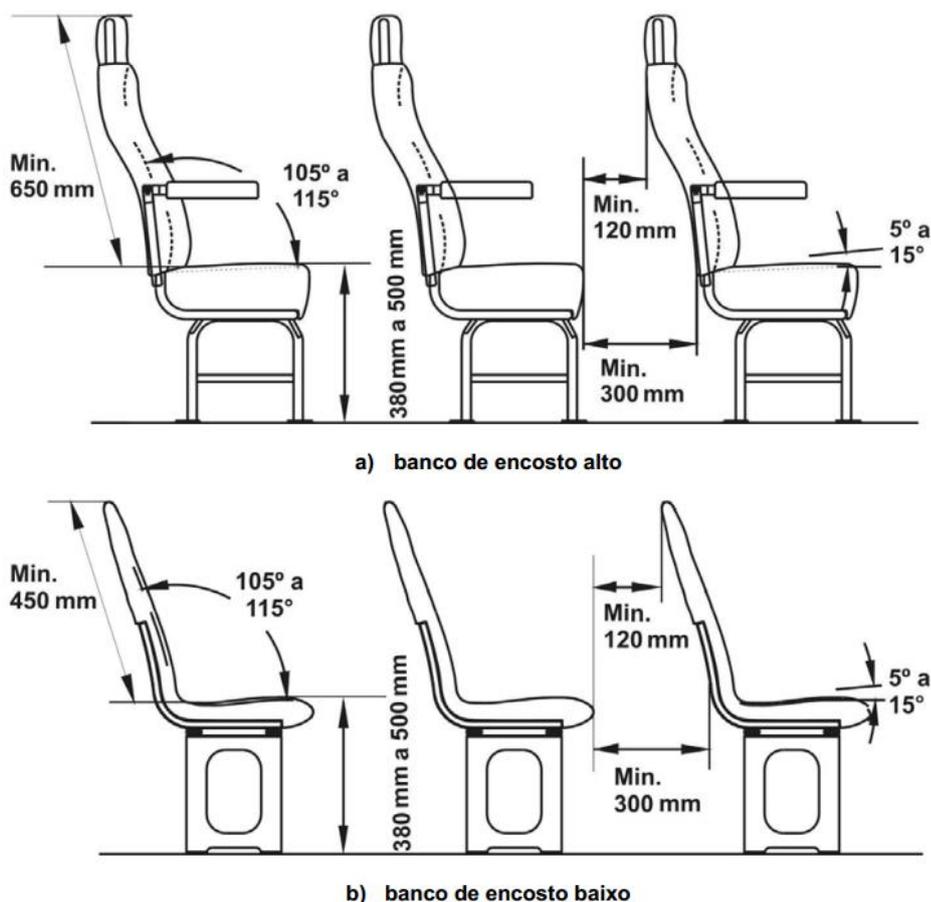
Estas especificações devem ser utilizadas de acordo com o tipo de ônibus a ser projetado, e influenciam também em aspectos estruturais e mecânicos, como a escolha do sistema de propulsão, seu posicionamento e tamanho, e serão importantes para a definição do package do projeto.

3.1.3.2. Bancos

Para os bancos de ônibus urbanos, a legislação brasileira estabelece através das normas da ABNT nº 14.022 (2006) e nº 15.570 (2009), e da resolução nº 1, de 26 de janeiro de 1993, do Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO), diversos parâmetros e medidas a serem seguidas, visando maximizar o conforto e a segurança. As principais regras podem ser conferidas abaixo e na figura 10.

- Os bancos dos passageiros devem ser montados no sentido de marcha do veículo, com exceção dos bancos situados sobre as caixas de rodas, os quais podem ser montados costa a costa.
- Os bancos devem ser livres de arestas ou saliências potencialmente perigosas em caso de súbitas desacelerações ou de quebra dos mesmos.
- Os bancos preferenciais devem conter obrigatoriamente: apoio lateral (lado do corredor de circulação) do tipo basculante para o braço; plataforma para acomodação dos pés, no caso de bancos posicionados sobre ou junto às caixas de rodas; protetor de cabeça no banco de encosto baixo e no banco de encosto alto (preferencialmente incorporado), devendo ter no mínimo revestimento na parte anterior e posterior; balaústre ou coluna com dispositivo tátil aplicado a cada banco (individual ou duplo); e identificação visual na cor amarela (referência Munsell 5Y 8/12 ou similar), aplicada no mínimo na parte frontal do encosto do banco, no protetor de cabeça e no pega-mão, contrastando com os demais bancos, de forma a ser facilmente percebida.
- O veículo deve ter no mínimo 10 % dos assentos disponíveis para uso das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, sendo garantido o mínimo de dois assentos, preferencialmente localizados próximos à porta de acesso.

Figura 10: Dimensões gerais para banco em ônibus urbanos



Fonte: ABNT (2009)

Como é possível observar, existem diversas regras e normas que limitam o posicionamento e dimensões dos bancos, bem como elementos e acessórios obrigatórios que devem ser aplicados. A estética e forma, no entanto, podem ser alteradas livremente, pois não existem restrições neste sentido.

3.1.3.3. Janelas e portas

As configurações de janelas e portas são determinadas pelas normas da resolução nº 1, de 26 de janeiro de 1993, do Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO). As leis estabelecem a quantidade, tamanho, posicionamento e outros detalhes sobre estes dispositivos.

As principais normas sobre o projeto de janelas e portas em ônibus urbanos podem ser conferidas no Quadro 2:

Quadro 2: Legislação sobre janelas e portas

| Quesito | Descrição |
|----------------|---|
| 01 - Janelas | As janelas laterais devem oferecer visibilidade a passageiros sentados e aos passageiros que viajam em pé. |
| 02 - Janelas | As janelas laterais podem ser construídas, tendo uma vidraça fixa inferior e outra móvel superior, capaz de deslizar em caixilho próprio, e/ou quatro vidros móveis. |
| 03 - Janelas | A altura de seção da vidraça fixa não pode exceder a 50% da altura da janela. |
| 04 - Janelas | A abertura do vidro móvel deve ser equivalente a 20% ou mais da área envidraçada. |
| 05 - Janelas | As janelas devem ter suas larguras entre 1,20 m e 1,60 m com altura mínima de 0,80m, exceto para janelas de acabamento e/ou necessidades estruturais. |
| 06 - Janelas | Todas as janelas devem ser guarnecidas com vidros de segurança, conforme especificado na NBR 9491, exigência extensiva aos pára-brisas e aos vidros da parte traseira do veículo, quando existirem. |
| 07 - Janelas | O peitoril da janela deve estar a uma altura entre 0,70 m, e 0,95 m acima do assoalho, exceto para as janelas do motorista, cobrador e nas caixas de roda. |
| 08 - Janelas | Os ônibus devem possuir no mínimo três janelas do lado oposto às portas de serviço, que devem funcionar como saídas de emergência, sendo totalmente ejetáveis ou articuladas no bordo inferior. |
| 09 - Janelas | Quando em número de três, estas janelas não podem ser contíguas, devendo, pelo menos uma, ser localizada entre o painel, antes de transpor a catraca, exceto quando a entrada for pela porta dianteira. |
| 01 - Portas | Todo ônibus urbano deve ter, pelo menos, duas portas de serviço, localizadas nos balanços, sendo a traseira posicionada o mais próximo possível do eixo traseiro. |
| 02 - Portas | Quando dispuser de três, uma delas localizar-se-á no entre-eixo, mais próximo possível do centro, e no caso de quatro portas, duas devem estar na parte central. |
| 03 - Portas | Em ônibus com motor dianteiro aparente, a porta dianteira poderá localizar-se no entre-eixos, próximo à extremidade dianteira. |
| 04 - Portas | As portas de serviço do veículo devem ser duplas e quando abertas devem possuir vão livre de pelo menos 1,90 m, referente à altura, e 1,10 m referente à largura. |
| 05 - Portas | As portas devem abrir de forma que o lado interno fique voltado para os passageiros. |
| 06 - Portas | A projeção máxima para o exterior, durante o movimento de abrir e fechar, não deve ultrapassar 0,25 m, devendo ter 0,15 m quando a mesma estiver aberta, em relação à parte mais externa da carroçaria, excluindo-se os frisos. |
| 07 - Portas | A metade superior de todas as portas de serviço deve se envidraçada; a porta dianteira deve ter a metade inferior também envidraçada, de modo a permitir que o motorista tenha a maior visibilidade possível. |
| 08 - Portas | Uma coluna deve ser instalada junto às portas dianteiras, traseiras e central. Em caso de porta dupla, deve-se instalar uma segunda coluna ou um divisor de fluxo. |
| 09 - Portas | No caso de utilização de porta pantográfica, os corrimãos de embarque/desembarque devem ser fixados nas laterais de acesso a partir do primeiro degrau. |
| 10 - Portas | Uma luminária deve ser instalada próxima à escada de cada porta de serviço, sendo o seu interruptor operado pelo próprio mecanismo de acionamento da mesma. |

Fonte: Adaptado de CONMETRO (1993)

Como é possível notar, o projeto de portas e janelas em ônibus urbanos requer muita atenção ao cumprimento de todas as normas estabelecidas, garantindo assim a segurança e correto funcionamento dos dispositivos para os usuários.

3.1.3.4. Acessibilidade e dimensões internas

A legislação brasileira estabelece diversas normas para a garantia da acessibilidade nos ônibus urbanos, visando o correto atendimento de todos os usuários. Os principais quesitos a serem seguidos sobre a acessibilidade estão dispostos nas normas da ABNT nº 14.022 (2006) e nº 15.570 (2009). Já na resolução nº 1 do CONMETRO (1993) estão especificadas as regras sobre dimensões internas do veículo. As principais normas a serem seguidas podem ser conferidas de forma resumida e simplificada no Quadro 3 (área reservada e itens de segurança) e no Quadro 4 (dimensões internas) abaixo:

Quadro 3: Especificações de acessibilidade

| Quesito | Descrição |
|----------------------------|---|
| 01 - Portas | O veículo deve possuir pelo menos uma porta com acesso em nível para o embarque e o desembarque. |
| 01 – Área reservada | No salão de passageiros deve haver uma área reservada para a acomodação de pelo menos uma cadeira de rodas, em frente a porta de embarque. |
| 02 – Área reservada | A cadeira de rodas deve estar disposta no sentido longitudinal e em direção à marcha do veículo ou em direção contrária à marcha do veículo. |
| 03 – Área reservada | A área reservada para cada cadeira de rodas deve ter no mínimo 1 300 mm de comprimento e 800 mm de largura, sendo no mínimo 1 200 mm para manobra e acomodação da cadeira e 100 mm para o avanço das rodas (ver Figura 11). |
| 04 – Área reservada | Para efeito de manobras da cadeira de rodas no interior do veículo, deve ser prevista uma área livre de 1 200 mm por 1 200 mm (ver Figura 12) para permitir o giro, deslocamento e acomodação da cadeira na área reservada. |
| 01 – Sistemas de segurança | Devem existir sistemas de segurança para pessoas em cadeira de rodas, de fácil operação, consistindo em: dispositivo de travamento, cinto de segurança, guarda-corpo para cadeira de rodas (ver Figura 13). |
| 02 – Sistemas de segurança | O dispositivo de travamento deve resistir à aceleração e frenagem brusca do veículo, minimizar movimentos laterais e longitudinais e evitar movimentos rotacionais da cadeira sobre o eixo das rodas. |

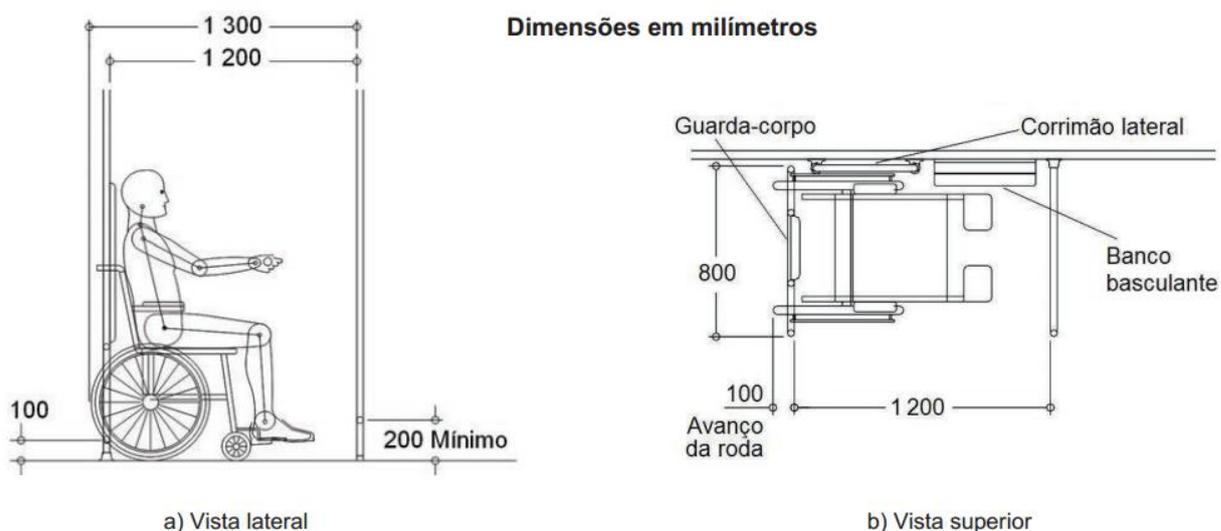
Fonte: Adaptado de ABNT (2006 e 2009) e CONATRAN (1993)

Quadro 4: Especificações de dimensões internas

| Quesito | Descrição |
|-------------------------|--|
| 01 – Dimensões internas | A altura máxima para o patamar do primeiro degrau da escada, medida perpendicularmente ao plano de rolamento do veículo a partir do nível do solo, deve ser de 370 mm. |
| 02 – Dimensões internas | A altura máxima dos patamares dos demais degraus deve ser de 275 mm, admitindo-se uma tolerância de 5% |
| 03 – Dimensões internas | A profundidade do piso de qualquer degrau das escadas deve ser no mínimo de 300 mm. |
| 04 – Dimensões internas | As larguras mínimas de cada degrau, já subtraída a dimensão do espaço para movimentação das folhas da porta, devem ser de 500 mm para porta simples e 930 mm para portas duplas. |
| 05 – Dimensões internas | Os degraus internos para acesso aos bancos de passageiros devem ter altura máxima e profundidade mínima de 250 mm. |
| 06 – Dimensões internas | Os degraus internos para transição entre regiões internas do salão (desníveis) devem ter altura máxima de 275 mm, com profundidade mínima de 250 mm. |
| 07 – Dimensões internas | Os corredores internos devem ter uma largura efetiva mínima de 550 mm. |
| 08 – Dimensões internas | A altura interna mínima, medida entre a face interior do teto e o assoalho no centro do corredor deve ser de 2000 mm. |

Fonte: Adaptado de ABNT (2006 e 2009) e CONATRAN (1993)

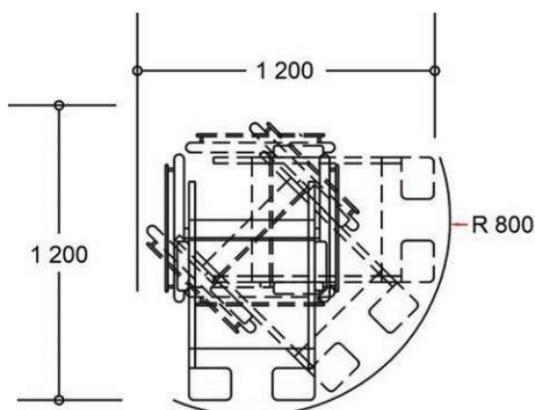
Figura 11: Dimensões da área reservada



Fonte: ABNT (2006)

Figura 12: Área de giro

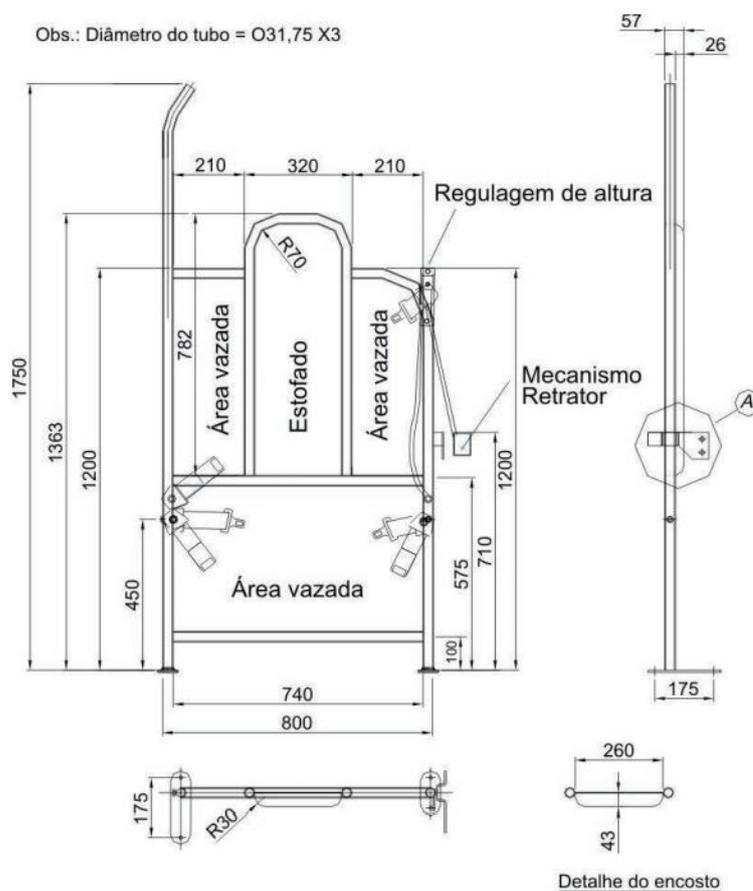
Dimensões em milímetros



Fonte: ABNT (2006)

Figura 13: Dimensões do guarda-corpo

Dimensões em milímetros

Obs.: Diâmetro do tubo = $\varnothing 31,75 \times 3$ 

(A) Suporte do cinto de segurança

Fonte: ABNT (2006)

3.1.4. Outros

A parte final da fundamentação teórica sobre legislação para ônibus urbanos no Brasil apresenta alguns itens que não se enquadram nas especificações anteriores, mas que também possuem relevância para o projeto, sendo assim necessária sua observação e análise.

3.1.4.1. Índices de resistência

A legislação brasileira estabelece poucos índices de resistência a serem observados. O primeiro deles consta na resolução nº 1 do CONMETRO (1993), e se refere a balaústres, corrimãos e colunas, que devem ser construídos com seção transversal circular com diâmetro externo compreendido entre 0,03 m e 0,04 m, que resista a uma solicitação de 1500N aplicada no ponto equidistante das extremidades de fixação e, no caso de corrimão superior, a uma solicitação de 400N a cada 0,20 m de comprimento.

É estabelecida ainda, através da norma da ABNT nº 15.570 (2009), a resistência necessária para o piso do veículo, que deve ser projetado e construído para resistir a uma carga de 5 000 N/m² na área do corredor interno de circulação e 2 000 N/m² na área dos bancos de passageiros e poltronas dos operadores.

Apesar do número reduzido de normas a respeito de índices de resistência, é fundamental cumprir as normas estabelecidas, que garantem a segurança e conforto do usuário, diminuindo o risco de falhas e acidentes no interior do veículo.

3.2. Processos de produção e materiais

Conhecer os processos produtivos e materiais aplicados atualmente na manufatura de ônibus urbanos é essencial para o desenvolvimento de um novo produto. Assim é possível compreender e analisar as limitações produtivas, custos e benefícios de determinados padrões de construção.

Para uma análise completa, foram avaliados os processos produtivos e materiais da carroceria e também do chassi, permitindo assim um detalhamento do conjunto completo que constitui um ônibus urbano.

3.2.1. Chassi

Existem basicamente três tipos diferentes de construção de chassis de ônibus urbanos (Figura 14). O do tipo escada é indicado para vias irregulares e carrocerias com piso alto. Já o do tipo treliçado é adequado para ônibus articulados e bi-articulados com grande volume de passageiros, e por último, o do tipo piso baixo, que possui chassi rebaixado com menor distância relativa ao solo.

Figura 14: Chassis do tipo escada, treliçado e piso baixo



Fonte: Mercedes-Benz (2014), Volvo (2006), Agrale (2014)

O chassi do tipo escada é constituído basicamente de longarinas de perfil “U”, laminadas a quente e estampadas. São acrescentadas ainda travessas de fixação rebitadas, que resultam na aparência característica que lembra uma escada (Mercedes-Benz, 2014). O material utilizado em sua construção é o aço carbono, com especificações e dimensões diversas de acordo com cada fabricante e a aplicação do produto.

Este tipo de chassi proporciona robustez, versatilidade e principalmente facilidade de montagem e encarroçamento, sendo o tipo mais simples e com menores custos de produção.

O tipo treliçado, por sua vez, é indicado para ônibus articulados e bi-articulados. Sua construção parte de tubos de aço com perfil retangular, que são soldados de modo a formar treliças ao longo de todo o veículo. Possui um processo produtivo mais complexo e caro, não permitindo tanta versatilidade no encarroçamento. Suas resistências à torção e flexão, no entanto, são superiores a outros tipos de chassis (Transporte Mundial, 2005).

Por último, o chassi do tipo piso baixo, que combina uma seção dianteira, feita de perfis de aço estampado e soldado, a parte central constituída de tubos de aço com perfil retangular e a seção traseira do tipo escada (Mercedes-Benz, 2014). Estes modelos possuem grande complexidade produtiva, pois combinam três tipos diferentes de construção em um mesmo chassi. Seu custo é mais elevado que os do tipo escada, mas em troca oferecem maior espaço interno e conforto para os passageiros e operadores.

Como é possível observar, apesar das variações e diferentes aplicações, os processos produtivos dos diferentes tipos de chassi possuem bastante semelhanças e pouca variação, principalmente nos materiais, e permitem ainda modificações em suas dimensões e entreeixos, facilitando a adaptação às diversas carrocerias disponíveis, sendo necessário apenas o cuidado para a escolha do chassi mais adequado para cada projeto.

3.2.2. Carroceria

A carroceria de um ônibus urbano é produzida basicamente a partir de uma estrutura tubular de aço galvanizado com perfil retangular (Figura 15 e 16). Os pára-choques, teto e painéis dianteiro e traseiro são confeccionados em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV). Por fim, a carroceria recebe o revestimento lateral com chapas de alumínio (Transporte Mundial, 2006).

Figura 15: Estrutura da carroceria de ônibus dianteira



Fonte: Sulimar Silva (2013)

Figura 16: Estrutura da carroceria de ônibus traseira

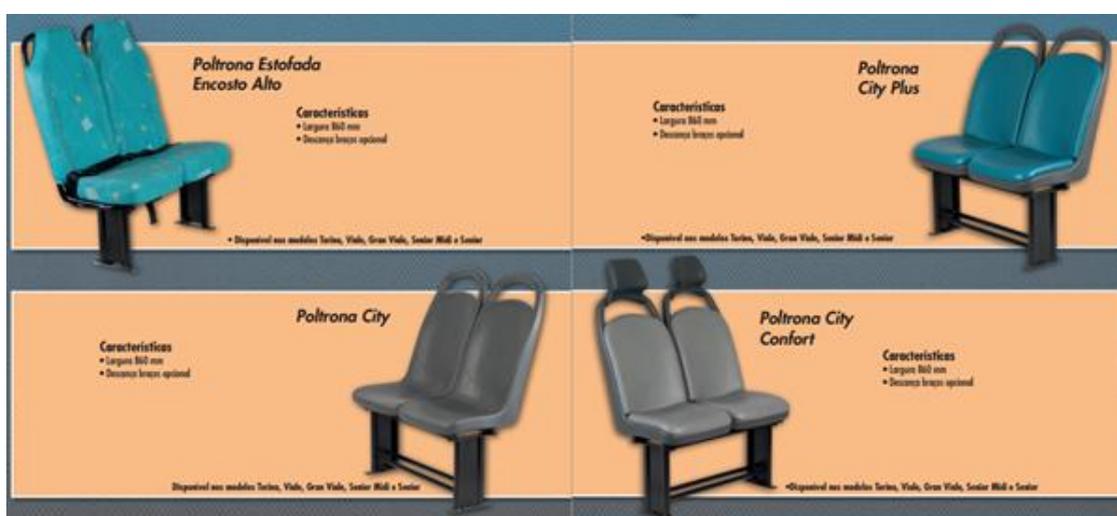


Fonte: Sulimar Silva (2013)

O interior do veículo conta com diversos materiais que podem ser escolhidos de acordo com as necessidades do cliente. Os assentos podem ser com estrutura metálica ou em fibra de vidro, estofados ou não, com diversos tipos de tecidos e courvin (Figura 17). Já o assoalho pode contar com revestimento plástico de alta resistência antiderrapante ou chapas de alumínio. Os vidros podem ser do tipo incolor ou fumê, com janelas deslizantes ou fixas (Transporte Mundial, 2006).

Toda esta gama de materiais, cores e acessórios, permite grande versatilidade para a escolha do cliente, que pode contar com um enorme número de combinações diferentes, que se adéquem melhor às suas necessidades.

Figura 17: Catálogo de poltronas da empresa Marcopolo



Fonte: Marcopolo (2014)

3.3. Propulsão e transmissão

Os sistemas de propulsão e transmissão são os principais componentes mecânicos de um veículo automotor. No caso dos ônibus urbanos no Brasil, a importância do conhecimento dos variados tipos e modelos diferentes é ainda maior, pois são os únicos elementos mecânicos em que a legislação não impõe restrições de modificações, sendo assim uma oportunidade para testar e implantar novas configurações e tecnologias.

3.3.1. Propulsão

O sistema de propulsão de um veículo é um equipamento utilizado para gerar o empuxo. Esta força é cometida pelo propulsor mediante fontes de energia, que participam do processo de combustão ou transformação química (HSW, 2014). Existem diversos tipos de propulsores e fontes de energia utilizados em veículo. Para o caso dos ônibus urbanos, foram pesquisados os sistemas mais relevantes e que são utilizados atualmente, assim como as novas tecnologias que podem vir a ser tendência em um futuro próximo.

3.3.1.1. Motores de combustão interna

Motor de combustão interna é uma máquina térmica, que transforma a energia proveniente de uma reação química em energia mecânica. O processo de conversão se dá através de ciclos que envolvem expansão, compressão e mudança de temperatura de gases (BRAIN, 2012).

São considerados motores de combustão interna aqueles que utilizam os próprios gases de combustão como fluido de trabalho, ou seja, são estes gases que realizam os processos de compressão, aumento de temperatura (queima), expansão e finalmente exaustão. Assim, este tipo de motor diferencia-se dos ciclos de combustão externa, nos quais os processos de combustão ocorrem externamente ao motor (BRAIN, 2012).

Os motores de combustão interna possuem diversas variações e classificações, podendo variar o tipo de ciclo (contínuo, alternado ou rotativo), o número e disposição dos cilindros (em linha, “V”, “W” ou boxer), o tipo de admissão

(aspirado, por turbocompressor ou compressor mecânico), e ainda pelo tipo de combustível utilizado (gasolina, etanol, diesel ou gás natural veicular). Cada tipo específico pode ser combinado de várias maneiras, gerando inúmeras alternativas de configurações de motores de combustão interna para aplicações específicas. As principais vantagens e desvantagens de cada tipo podem ser conferidas no Apêndice 3.

A combinação mais utilizada em ônibus urbanos no Brasil atualmente são os motores com 4 ou 6 cilindros em linha a diesel, com turbocompressor. Ao longo do desenvolvimento dos veículos pesados, essa configuração se mostrou adequada por possuir grande robustez, alto torque, facilidade de manutenção e custos operacionais baixos. Ainda assim, este tipo de motor possui algumas desvantagens, como o nível de ruído e fumaça gerados, suas grandes dimensões e relativamente baixa eficiência energética.

3.3.1.2. Sistemas híbridos e totalmente elétricos

A busca por sistemas de propulsão sustentáveis vem crescendo nos últimos anos. Os veículos híbridos ou totalmente elétricos se apresentam como uma alternativa viável aos motores à combustão. Apesar de veículos movidos à eletricidade serem uma tendência atual, já foram amplamente utilizados no passado, inclusive em ônibus urbanos.

Os atuais mais desenvolvidos se separam em dois tipos: os híbridos, que possuem um motor elétrico e um a combustão, e os totalmente elétricos, que utilizam a eletricidade como única fonte de energia.

Nos sistemas híbridos, os principais componentes são similares aos dos veículos elétricos e a combustão. A grande diferença é que estes funcionam juntos, variando de acordo com a configuração híbrida adotada. Além dos motores, há transmissão e tanque de combustível similar aos veículos à combustão, e gerador e baterias similares aos veículos elétricos. A principal diferença desses componentes em relação aos convencionais é a redução do tamanho, principalmente nas baterias e no motor a combustão (HSW, 2012). Este tipo de propulsor é bastante complexo e possui diversas variações de configuração e funcionamento. Os principais tipos e suas características podem ser conferidos no Quadro 5 abaixo:

Quadro 5: Tipos de sistemas híbridos

| Sistema | Descrição |
|----------------------|--|
| Híbrido em série | O motor a combustão interna não tem nenhuma conexão mecânica com as rodas, sua finalidade é apenas gerar eletricidade. Seu funcionamento é otimizado e só é acionado para recarregar a bateria. Toda a tração do automóvel é sempre originada pelo motor elétrico. |
| Híbrido em paralelo | Os dois motores, tanto o elétrico quanto a combustão, são utilizados para gerar força simultaneamente. |
| Híbrido combinado | Os dois motores podem tracionar o veículo, seja a combinação que for. Sua composição é semelhante a um híbrido de série, porém a conexão mecânica das rodas está ligada aos dois propulsores. |
| Micro-Híbrido | Ao parar no trânsito, como por exemplo, em um farol, o motor a combustão se desliga. Quando o motorista acelera para retomar velocidade, um alternador reversível, que utiliza energia armazenada, aciona novamente o motor a gasolina que vai tracionar o veículo o tempo todo. |
| Semi-Híbrido | O motor elétrico é utilizado como um assistente para o motor principal, a combustão. Ele gera energia nas freadas, mas não funciona sozinho, ou seja, toda a tração é feita pelo propulsor a combustão, o elétrico apenas complementa. |
| Híbrido puro | Este carro pode trafegar movido apenas pelo motor elétrico e manter o motor a combustão totalmente desligado. A mudança para o motor a combustão pode ocorrer de forma automática ou mesmo voluntária. |
| Híbrido recarregável | Nesse segmento estão os veículos equipados com baterias que podem ser carregadas na tomada de energia elétrica comum. A autonomia é pequena, algo em torno de 32 quilômetros, mas nesse percurso o sistema elétrico opera sozinho, sem necessidade de acionar o propulsor a combustão. |
| Híbrido estendido | Seu funcionamento é similar ao recarregável, porém é um híbrido de série, que ativa o motor a combustão para carregar a bateria adicional. O funcionamento do motor a combustão ocorre em regime constante para aumentar a autonomia. |

Fonte: HSW (2014)

Independentemente do tipo escolhido, os sistemas de propulsão híbridos são uma excelente alternativa, pois combinam as vantagens dos motores à combustão e elétricos. Sua construção, no entanto, é complexa e com altos custos.

Os veículos totalmente elétricos, por sua vez, utilizam somente energia oriunda de baterias para se locomover. Atualmente diversos veículos já são vendidos com esta configuração. Apesar de suas vantagens como a ausência de ruídos e emissão de poluentes, alguns fatores como custo envolvido, maior do que no carro convencional, e a demora em recarregar a bateria, impedem sua produção em escala maior.

Seu funcionamento se dá através da combinação de motor elétrico, unidade de controle eletrônico e baterias. As baterias enviam a energia para o regulador, que repassa para o motor de acordo com o comando que o motorista dá no pedal de aceleração do veículo. Outros componentes fundamentais são o hidrovácuo, necessário para parar o carro, o câmbio, que regula as marchas de acordo com a velocidade do carro, e a unidade eletrônica de potência, responsável por controlar a quantidade de eletricidade necessária para mover o carro e por recuperar energia para a bateria (HSW, 2014).

Este tipo de propulsor já foi utilizado amplamente em ônibus urbanos, inclusive com outras configurações como o Trolébus (com fonte de energia elétrica externa), até serem substituídos pelos motores a combustão. Atualmente este tipo de sistema tem ganhado destaque novamente na busca por veículos mais eficientes e sustentáveis, sendo oferecidos diversos modelos de ônibus totalmente elétricos ao redor do mundo, inclusive um modelo produzido no Brasil (Figura 18), e que se apresentam como uma alternativa viável e sustentável para o futuro.

Figura 18: Ônibus elétrico brasileiro Eletra



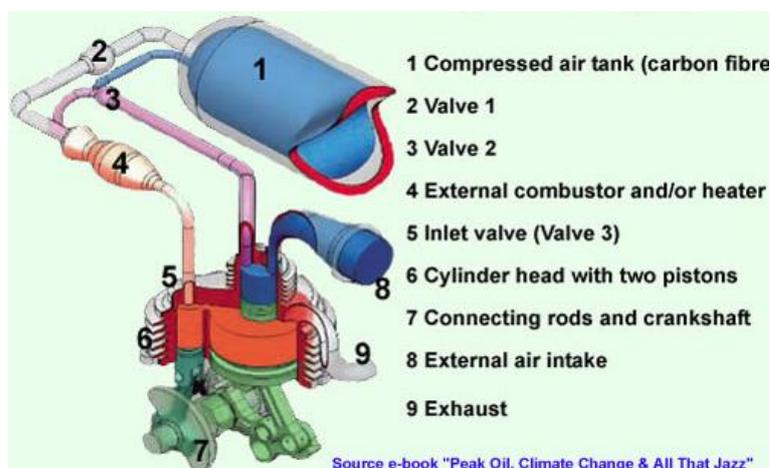
Fonte: Eletra (2013)

3.3.1.3. Outros tipos de propulsão

Existem ainda outros tipos de sistemas de propulsão, ainda em desenvolvimento e que podem vir a ser utilizados na indústria automotiva num futuro próximo.

Um dos modelos que está atualmente em testes é o motor movido a ar comprimido, que funciona basicamente através da expansão de ar previamente comprimido e armazenado sob pressão, que ao se expandirem movimentam os pistões e geram a propulsão (HSW, 2014), como mostrado na Figura 19. Atualmente os únicos veículos a utilizarem esta tecnologia são os da empresa Mdi em parceria com a indiana Tata Motors. Os automóveis ainda estão sendo testados e desenvolvidos de forma experimental, sua aplicação em veículos pesados como ônibus e caminhões ainda não foram testadas.

Figura 19: Esquema de motor movido a ar comprimido



Fonte: Peak Oil Climate Change & All That Jazz (2008)

Outro tipo já bastante desenvolvido e que possui o apoio de diversos fabricantes no mundo, é a célula a combustível, que utiliza hidrogênio como combustível. A célula a combustível é um sistema em que a energia elétrica é gerada a partir de um processo eletroquímico, onde o hidrogênio é transformado em energia elétrica através da célula de combustível, que alimenta a bateria do motor.

Apesar desse sistema ainda não estar sendo comercializado em veículos, ele é considerado promissor por usar o hidrogênio como fonte de energia, um elemento que se encontra em abundância na natureza, e por suas recargas serem feitas de

maneira rápida, similar à feita nos veículos a gás natural. Porém, a grande dificuldade é a produção de hidrogênio, sendo que ainda não foi encontrada uma maneira eficiente de armazená-lo e separá-lo dos outros elementos (HSW, 2014).

Ônibus com este tipo de sistema já circulam de forma experimental há mais de 10 anos. No Brasil, os primeiros veículos começaram a rodar no ano de 2009 (Figura 20), a partir de uma parceria com diversas empresas nacionais e a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU). Os testes foram finalizados no ano de 2011 com resultados satisfatórios. O custo ainda é uma barreira para a aplicação em larga escala, mas é possível que com o desenvolvimento e aumento de escala, os ônibus movidos a hidrogênio se tornem uma realidade (MME, 2014).

Figura 20: Ônibus movido a hidrogênio no Brasil



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2009)

As principais vantagens e desvantagens destes tipos de sistema de propulsão alternativos podem ser conferidas no Quadro 6 abaixo:

Quadro 6: Outros tipos de propulsão

| Sistema | Vantagens | Desvantagens |
|-----------------------|---|--|
| Motor a ar comprimido | <ul style="list-style-type: none"> - Pode ser reabastecido utilizando um mini compressor de ar. - Não utiliza sistemas de refrigeração, baterias ou catalisadores. - Emissões de poluentes nulas. - Redução do uso de componentes químicos como óleo, ácido de bateria, etc. - Ausência do uso direto de combustíveis fósseis. | <ul style="list-style-type: none"> - Uso indireto de energia para comprimir o ar. - Uso de tanques de alta pressão (300 Bars). - Reabastecimento de 4h ou 5 min, caso realizado em casa ou em estações de serviço, respectivamente. - Eficiência total do processo de 5% a 7% contra 14% de um motor de combustão interna convencional |
| Célula a combustível | <ul style="list-style-type: none"> - Sem emissão de poluentes - Recarga rápida - Baterias de tamanho reduzido - Grande autonomia | <ul style="list-style-type: none"> - Altos custos envolvendo a obtenção de hidrogênio - Infraestrutura necessária para rede de abastecimento |

Fonte: HSW (2014)

3.3.2. Transmissão

O sistema de transmissão de um veículo é o responsável por transmitir a força gerada pelo sistema de propulsão para as rodas do automóvel. Ele é composto por diversos componentes como caixa de câmbio diferencial, eixos e outros (EDUCAÇÃO, 2012). Para ônibus urbanos, a legislação brasileira estabelece apenas se o veículo deve possuir transmissão manual ou automática de acordo com o modelo, deixando livre a escolha do tipo de sistema utilizado.

Para o presente projeto foram pesquisados e analisados os principais tipos de caixa de câmbio, divididos entre modelos manuais e automáticos, por serem os principais componentes do sistema de transmissão e, também, os com maior variedade de configurações.

A caixa de câmbio de um sistema de transmissão tem como objetivo desmultiplicar ou multiplicar a rotação do motor para o diferencial ou diretamente para as rodas, de forma a transformar a potência do motor em força ou velocidade, dependendo da necessidade (HSW, 2014).

3.3.2.1. Caixa de câmbio manual

O câmbio manual é um sistema de engrenagens e alavanca que permite ao condutor do automóvel trocar marchas manualmente, escolhendo a marcha mais apropriada para o deslocamento do veículo, de modo a obter maior eficiência em relação ao consumo de combustível e tempo de deslocamento (HSW, 2014).

Este tipo de sistema tem como vantagens sua maior simplicidade, menor custo e maior controle por parte do condutor. Por outro lado, o câmbio manual ocasiona maior esforço e movimentos repetidos, desvantagem essa que é agravada em ônibus urbanos, pois são utilizados por diversas horas seguidas e em trânsito pesado, que exige um grande número de mudanças de marcha. Apesar disso, ainda são os tipos de caixas de câmbio mais utilizadas em ônibus no Brasil. A tendência é que nos próximos anos sejam substituídos em grande parte por sistemas automáticos, visando a melhor qualidade de trabalho para o operador.

3.3.2.2. Caixa de câmbio automática

Existem atualmente diversos tipos de caixas de câmbio automáticas disponíveis para uso em veículos. O princípio básico deste tipo de sistema é realizar as trocas de marcha sem a necessidade de interferência por parte do motorista. Os principais tipos utilizados são o sistema tradicional, automatizado, continuamente variável (CVT) e o de dupla embreagem.

O sistema mais tradicional de caixa automática consiste num conjunto de engrenagens planetárias e conversor de torque, que através de diferentes combinações consegue realizar a multiplicação da força do motor sem a interferência do condutor (HSW, 2014). Entre os câmbios automáticos é o mais popular em ônibus urbanos no Brasil.

O câmbio semi-automático ou câmbio automatizado é um sistema que usa computadores e sensores para executar trocas de marchas. Ao contrário do câmbio automático, onde se usa o sistema de engrenagens planetárias, no modelo semi-automático é utilizado o mesmo sistema do modelo manual, com cada engrenagem representando uma marcha e sendo engatadas individualmente (HSW, 2014).

O sistema de dupla embreagem é relativamente recente e pode ser considerado uma variação do tipo automatizado. Nele são utilizadas duas

embreagens, uma para as marchas pares e outra para as ímpares, o que permite trocas mais rápidas e com menos solavancos do que o câmbio automatizado (HSW, 2014). Atualmente, é mais utilizado em carros de passeio com alto desempenho, apesar de, em teoria, poder ser utilizada em qualquer tipo de carro. Assim como os sistemas automatizados, é pouco utilizado em ônibus.

O último tipo é o câmbio CVT (Transmissão Continuamente Variável), que consiste em polias de tamanho variável que simulam uma quantidade infinita de relações de marcha, mantendo assim a rotação do motor sempre constante e sem mudanças de marchas (HSW, 2014). Apesar de apresentar inúmeras vantagens, como economia de combustível e o funcionamento constante do sistema, sua aplicação em ônibus urbanos encontra barreiras como o custo elevado e a complexidade de manutenção, e também sua durabilidade em motores com torque elevado.

Independente do tipo de câmbio automático utilizado, todos proporcionam um conforto muito maior ao operador, e em muitos casos, maior eficiência e economia de combustível em relação à sistemas manuais, por trabalharem em faixas de rotações constantes e ideais para o sistema de propulsão. As principais vantagens e desvantagens de todos os modelos analisados podem ser conferidas no Apêndice 4.

3.4. Ônibus urbanos em outros países

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Boston Architectural College (2013), as cidades de Tóquio, Nova Iorque, Londres, Paris e Moscou possuem respectivamente os 5 melhores sistemas de transporte coletivo do mundo. Parte integrante de todos estes sistemas, os ônibus urbanos utilizados ao redor do mundo possuem variações e diferenças para os utilizados no Brasil.

Para uma melhor compreensão e identificação de vantagens e desvantagens presentes nestes veículos, foram pesquisados e analisados ônibus urbanos fabricados em países das 3 melhores cidades citadas, restringindo assim a um número menor a amostra a ser analisada, com foco principalmente em aspectos construtivos, sistema de propulsão e transmissão, posicionamento de componentes mecânicos e layout interno.

3.4.1. Japão

O modelo escolhido para análise foi o Erga (Figura 21), ônibus urbano fabricado no Japão e com números expressivos de vendas na cidade de Tóquio. O veículo tem chassi e carroceria produzidos pela empresa Isuzu, que foi a líder de mercado em veículos pesados no ano de 2013 (JADA, 2014).

Figura 21: Isuzu Erga



Fonte: Isuzu (2014)

O modelo possui construção e configurações mecânicas bastante semelhantes aos utilizados no Brasil, sendo a principal diferença o motor de 6 cilindros em linha, maior e mais potente do que os usados por aqui. A disposição de chassi de piso baixo e motor traseiro, também já estão se tornando comum no Brasil. As dimensões externas do veículo também são ligeiramente menores do que nos similares brasileiros.

Os ônibus produzidos no Japão se diferenciam bastante dos veículos brasileiros principalmente na configuração interna de assentos e área de circulação, como é possível observar na Figura 22. O interior do veículo possui um número reduzido de assentos, com vários lugares individuais e o uso de bancos laterais

(proibidos pela legislação brasileira). A área de circulação, no entanto, é muito mais ampla e permite um fácil deslocamento de passageiros. O veículo avaliado possui capacidade para apenas 25 passageiros sentados e mais 52 de pé (ISUZU, 2014).

Figura 22: Interior do Isuzu Erga



Fonte: Isuzu (2014)

A solução utilizada é interessante, pois permite que os passageiros se desloquem mais facilmente dentro do veículo, e também proporciona um ambiente mais arejado e espaçoso. Vale ressaltar, porém, que a demanda por ônibus urbanos em geral no Japão é muito menor que no Brasil, devido à eficiência de outros transportes coletivos como metrô e trens, o que permite utilizar veículos com um número tão reduzido de assentos.

3.4.2. Estados Unidos

Nos Estados Unidos, é bastante comum o uso de ônibus fabricados a partir de carrocerias de caminhões, com dimensões e motores bastante avantajados, podendo comportar mais de 70 passageiros sentados em suas versões sem articulação. No entanto, nas grandes cidades como Nova Iorque, ônibus convencionais estão mais presentes através de diversas fabricantes estabelecidas no país e no Canadá.

Duas destas fabricantes se destacam por fornecerem os ônibus da segunda cidade com melhor transporte coletivo no mundo, a Orion (subsidiária da Daimler) e a Nova Bus (subsidiária da Volvo). O modelo escolhido para análise, que pertence a esta última empresa, é chamado de Nova LFS da quarta geração lançado em 2013(Figura 23), que foi escolhido por apresentar um projeto moderno e com soluções alternativas de motorização e novas tecnologias.

Figura 23: Nova Bus LFS Articulado



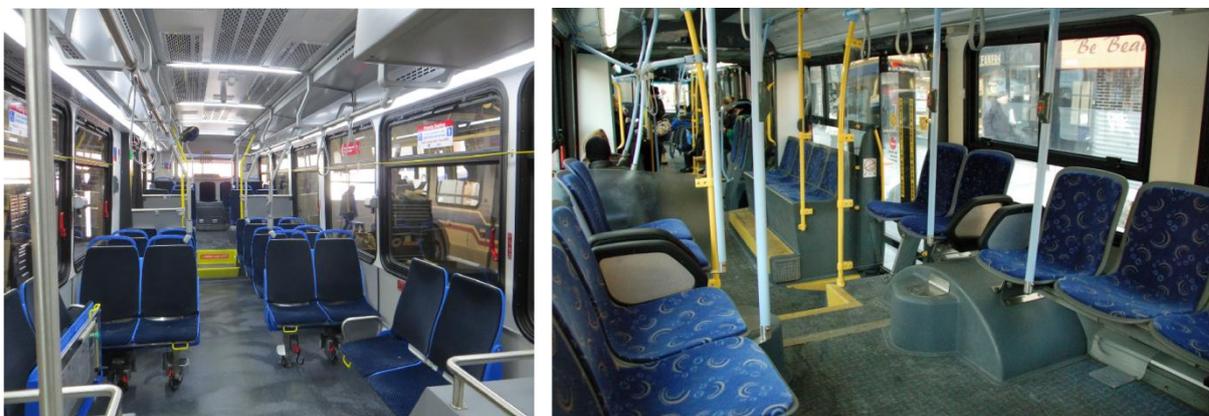
Fonte: Nova Bus (2013)

O veículo possui processo produtivo e materiais bastante semelhantes aos utilizados no Brasil, com estrutura metálica, placas de alumínio e painéis em fibra de vidro. No quesito motorização, a empresa oferece diversas opções, começando por tradicionais motores movidos a Diesel (8,9l e 330 cavalos), motores movidos a gás

natural veicular e também versões híbridas em paralelo e em série. Na primeira, apenas ambos os motores estão ligados às rodas e produzem tração, já na segunda versão apenas o motor elétrico transmite a potência, sendo o motor diesel utilizado apenas para gerar eletricidade para o motor elétrico (Nova Bus, 2013). Ambas as versões híbridas são interessantes, e formam um sistema de propulsão mais ecológico e econômico, que tende a ser cada vez mais utilizado no mundo.

No interior, o veículo pode possuir configurações convencionais ou com assentos laterais para melhor fluxo de passageiros, com capacidades de até 62 passageiros sentados e mais 50 em pé (Figura 24).

Figura 24: Configuração convencional e com assentos laterais



Fonte: Nova Bus (2013)

A variedade de combinações de sistema de propulsão e interior oferecidos pelo Nova LFS permite diversas versões diferentes de um mesmo veículo, assim como nos ônibus brasileiros, com a vantagem de oferecer tecnologias mais modernas, como o sistema híbrido em larga escala, e o interior para grande fluxo de passageiros, tornando-se uma referência interessante de tecnologias e configurações de ônibus urbanos.

3.4.3. Inglaterra

Os ônibus Routemaster de dois andares são um símbolo nas ruas de Londres. A frota vermelha é facilmente reconhecida ao redor do mundo. O modelo foi introduzido no ano de 1956 e fabricado até o ano de 1968 (Mapa de Londres, 2014). Após serem gradativamente substituídos por veículos mais modernos e

eficientes, no ano de 2012 o veículo ganhou uma nova versão chamada New Routemaster (Figura 25), fabricado pela empresa britânica Wrightbus.

Figura 25: New Routemaster



Fonte: Wrightbus (2012)

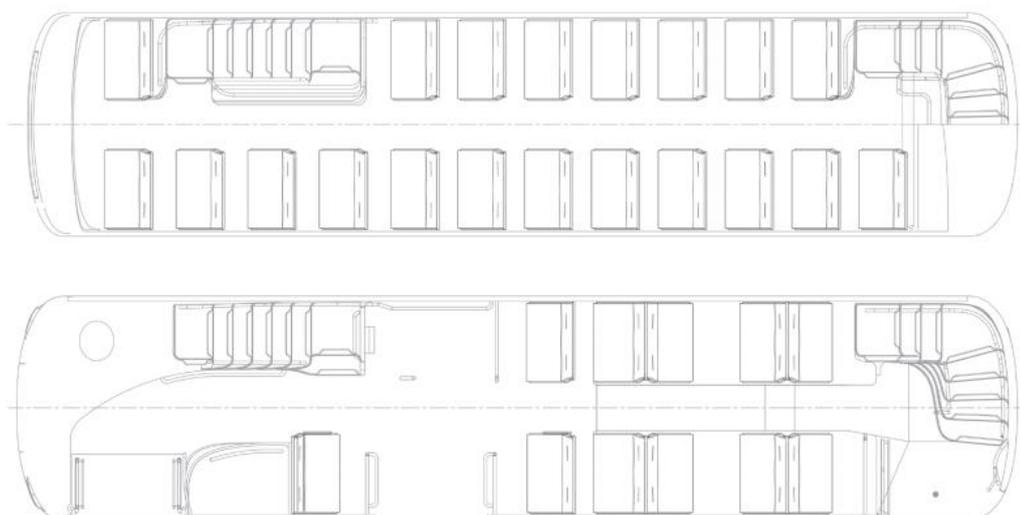
O New Routemaster, assim como seu antecessor, possui como grande diferencial a configuração de dois andares, incomum para ônibus urbanos. Com isso é possível transportar mais passageiros com o mesmo comprimento e largura de um ônibus comum, tendo apenas sua altura aumentada para cerca de 4,4 metros contra 3,5 metros de outros modelos. Como pode ser visto na figura 26, o interior do veículo conta com 40 assentos no andar superior e mais 22 no inferior, podendo ainda levar mais 18 passageiros em pé apenas no primeiro piso, totalizando uma capacidade para 80 pessoas, número expressivo para um ônibus com 12 metros de comprimento (Wrightbus, 2012).

No sistema de propulsão, o veículo utiliza um sistema híbrido que combina um motor a diesel e outro elétrico. Sua construção e materiais utilizados são semelhantes aos ônibus convencionais, exceto pelos reforços para a adição do segundo piso.

A solução adotada pela cidade de Londres é bastante interessante, pois permite uma maior capacidade de passageiros no mesmo espaço ocupado por um ônibus convencional. No entanto, esta configuração exige um bom planejamento urbano, pois sua altura elevada pode acarretar problemas para transitar em determinados locais, o que no Brasil poderia ser um grande problema, devido a

árvores, placas de sinalização e viadutos, que muitas vezes invadem as pistas e que possuem altura menor do que os 4,4 metros estipulados pela legislação brasileira.

Figura 26: Interior do ônibus New Routemaster



Fonte: Wrightbus (2012)

3.5. Pesquisa de campo

Na pesquisa de campo foram avaliados dois tipos de transporte coletivo presentes na cidade de Porto Alegre, com o objetivo de analisar e identificar soluções e tecnologias que possam vir a ser utilizadas no desenvolvimento do projeto. O primeiro deles é o ônibus de dois andares que circula especialmente em uma linha de turismo pela cidade, sendo escolhido para análise pela sua configuração e package diferenciados. O segundo tipo visitado foi o Trensurb, que é o sistema de trens urbanos que circula entre Porto Alegre e a região metropolitana, e que é uma das alternativas ao transporte coletivo por ônibus.

Foram analisados e avaliados principalmente quesitos relacionados à configuração interna, circulação de passageiros, assentos, conforto e modo de operação.

3.5.1. Linha turismo em Porto Alegre

A linha turismo da cidade de Porto Alegre foi criada no ano de 2003 e além de oferecer um agradável passeio pelos principais pontos turísticos, também conta com um atrativo a mais: o uso de ônibus de dois andares com mais de 4 metros de altura (Portal do turista Porto Alegre, 2014).

Com o objetivo de observar e analisar o uso desta configuração de ônibus urbano diferenciada, foi realizada uma visita no dia 21 de outubro de 2014 ao local de saída dos veículos e também uma viagem de aproximadamente duas horas, que percorreu os principais pontos da cidade.

O modelo de ônibus utilizado durante o trajeto foi o Marcopolo Viale Sunny DD, com chassi Mercedes-Benz O500-U (Figura 27). À primeira vista, a grande diferença do modelo é sua altura de 4 metros, que permite que o veículo possua um piso inferior com altura normal para circulação e um segundo piso aberto, onde a circulação é restrita aos momentos de parada do veículo devido aos riscos de atingir objetos e obstáculos na rua.

Figura 27: Ônibus da linha turismo de Porto Alegre



Fonte: Autor

O interior do veículo (Figuras 28 e 29) é bastante similar ao dos ônibus urbanos comuns, com o mesmo tipo de assentos e matérias empregados. Na parte

inferior ficam localizados os assentos preferenciais e recuo para cadeira de rodas, sendo a parte traseira fechada para o compartimento do motor.

Posicionada no meio do veículo está a escada em espiral que leva os passageiros ao segundo piso, onde durante o trajeto foi possível observar certa dificuldade no uso da mesma, principalmente por crianças e idosos.

Figura 28: Piso superior do ônibus linha turismo



Fonte: Autor

Figura 29: Interior do ônibus linha turismo



Fonte: Autor

O ponto mais crítico do uso deste modelo de ônibus em uma grande cidade é com certeza os obstáculos encontrados no trajeto. Apesar de respeitar o limite máximo de altura estabelecido pela legislação para veículos em geral (4,4 metros), por diversas vezes foi necessário desviar de placas de sinalização, árvores e postes que invadem as ruas. Este problema acaba por exigir muito mais atenção e perícia

do condutor e também acaba por aumentar o tempo de trajeto, já que o ônibus precisa reduzir a velocidade, desviar e realizar outras manobras de segurança.

No caso do modelo utilizado na linha turismo, o andar superior não possui cobertura, o que acaba se tornando um problema devido às intempéries, tornando seu uso em uma linha comum inviável. Porém, a própria fabricante oferece uma versão fechada, com cobertura removível ou fixa, que aumenta também a segurança dos passageiros em relação aos obstáculos da pista.

Observar o ônibus de dois andares em uso foi importante para o projeto, pois mostrou na prática, por exemplo, o porquê de a legislação limitar a altura de ônibus urbanos em 3,5 metros. No entanto, se as alturas mínimas para obstáculos fossem respeitadas integralmente, não haveria dificuldade maior em circular com este veículo pela cidade.

Apesar dos problemas, o modelo é uma alternativa interessante para o projeto, pois oferece um espaço interno muito maior e permite uma capacidade maior de passageiros, sem, no entanto, ocupar mais espaço nas vias públicas.

3.5.2. Trensurb em Porto Alegre

Com o objetivo de avaliar um sistema de transporte coletivo alternativo aos ônibus urbanos, foi realizada no dia 21 de outubro de 2014 uma pesquisa de campo no sistema de trens urbanos de Porto Alegre operado pela empresa Trensurb.

A linha de operação da Trensurb começou a operar no de 1985 ligando a cidade de Porto Alegre à região metropolitana, com um trajeto total de 27 quilômetros de extensão. Atualmente o sistema foi expandido para 39 quilômetros e transporta cerca de 175 mil usuários a cada dia (TRENSURB, 2014).

A frota de veículos operante é basicamente a mesma da inauguração em 1985, sendo constituída por 25 composições, sendo cada uma com 4 vagões. O modelo foi fabricado no ano de 1984 por um consórcio de empresas japonesas e possui capacidade para cerca de 228 passageiros sentados e mais de mil no total. O modelo do trem pode ser visualizado na figura 30 abaixo, com imagens capturadas no local no dia da visita de campo.

Figura 30: Pesquisa de campo no sistema de Trens Urbanos de Porto Alegre



Fonte: Autor

Na visita ao local foi possível observar todo o sistema de trens urbanos e seu funcionamento, que é bastante diferenciado dos ônibus urbanos. A compra da passagem e validação na roleta é feita anteriormente ao embarque no veículo, facilitando assim o fluxo de embarque e desembarque. Por se tratar de um meio de transporte com trajeto fixo também é possível observar no interior do veículo um painel com o itinerário e um sistema de áudio que anuncia a próxima parada. Estes componentes auxiliam e facilitam a localização dos passageiros até seus destinos.

Já no interior do veículo (Figura 31) é possível observar que a disposição interna é totalmente voltada para o grande fluxo de passageiros. Os bancos são de fibra de vidro e metal, e sua disposição na lateral do veículo permite que o corredor interno seja mais largo e facilite o embarque e desembarque de passageiros. O sistema de movimento contínuo e com paradas e acelerações mais suaves que em ônibus permite que um número maior de pessoas possa viajar de pé e ainda com certo conforto. Ao utilizar este modelo de trem, foi possível notar que os assentos não oferecem tanto conforto quanto os similares de ônibus, característica que é específica do fabricante, podendo variar de acordo com a empresa produtora do veículo.

A visita ao sistema de trens urbanos de Porto Alegre foi importante, pois permitiu observar um sistema de transporte coletivo alternativo aos ônibus urbanos. Com o foco no grande fluxo de passageiros, os trens apresentam soluções interessantes que podem ser adaptadas e aplicadas também nos ônibus urbanos, sendo necessário apenas o cuidado em relação às particularidades de cada tipo de transporte, que podem ou não viabilizar determinadas soluções.

Figura 31: Interior do vagão do Trensurb



Fonte: PAC 2

3.6. Mercado de ônibus no Brasil

O mercado de ônibus no Brasil se divide entre a comercialização de chassis e carrocerias, e compreende os diversos tipos e tamanhos de veículos de transporte de passageiros, desde os micro-ônibus até os destinados ao turismo e viagens especiais.

Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus (FABUS, 2013), no ano de 2013 foram fabricados para o mercado interno do Brasil um total de 32.693 ônibus, divididos entre as 7 fabricantes nacionais associadas. Em comparação com o ano de 2012, quando foram fabricadas 32.548 unidades, praticamente não houve aumento. Já em relação ao ano de 2011, que estabeleceu um recorde de produção desde que a associação foi criada, com 35.531 veículos produzidos, houve uma queda de cerca de 9%.

Entre as fabricantes, a Marcopolo se destaca como a líder isolada no ano de 2013, com um total de 13.045 unidades produzidas (incluindo a empresa Ciferal que pertence ao grupo Marcopolo), ou cerca de 40% do mercado. A segunda colocada é a CAIO Induscar com 9.262 veículos fabricados, aproximadamente 28% do mercado total.

Os dados do mercado interno de ônibus no Brasil podem ser conferidos integralmente na tabela 5 abaixo:

Tabela 5: Mercado de ônibus no Brasil

| EMPRESA ASSOCIADA | Urbanos Novos - Usados | Rodoviários Novos - Usados | Intermunicipal Novos - Usados | Micro-Ônibus Novos - Usados | SUB-TOTAL Novos - Usados | TOTAL |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------|
| MARCOPOLO | 450 0 450 | 4153 0 4153 | 1456 0 1456 | 1236 0 1236 | 7295 0 7295 | 7295 |
| CIFERAL | 5750 0 5750 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 5750 0 5750 | 5750 |
| COMIL | 1256 0 1256 | 1128 0 1128 | 498 0 498 | 444 0 444 | 3326 0 3326 | 3326 |
| CAIO INDUSCAR | 8706 0 8706 | 350 0 350 | 0 0 0 | 206 0 206 | 9262 0 9262 | 9262 |
| IRIZAR | 0 0 0 | 804 0 804 | 0 0 0 | 0 0 0 | 804 0 804 | 804 |
| NEOBUS | 984 0 984 | 471 0 471 | 0 0 0 | 2320 0 2320 | 3775 0 3775 | 3775 |
| MASCARELLO | 602 0 602 | 760 0 760 | 451 0 451 | 668 0 668 | 2481 0 2481 | 2481 |
| T O T A L: | 17748 0 17748 | 7666 0 7666 | 2405 0 2405 | 4874 0 4874 | 32693 0 32693 | 32693 |
| % em relação Total: | 54,29% | 23,45% | 7,36% | 14,91% | 100,00% | |

Fonte: FABUS (2013)

3.6.1. Mercado de ônibus urbanos no Brasil

De acordo com os dados divulgados pela FABUS (2013), os ônibus urbanos foram responsáveis por mais de 50% da produção para o mercado interno no ano de 2013, sendo mais que o dobro do que a de ônibus do tipo rodoviário. Neste segmento específico, a empresa líder em produção é a CAIO Induscar, com 8.706 unidades, seguida pela Marcopolo, com 6.100 veículos (incluindo a empresa Ciferal que pertence ao grupo Marcopolo). Do total de 7 empresas associadas à FABUS, a Irizar é a única que não produz veículos deste tipo, tendo sua produção voltada exclusivamente para ônibus rodoviários.

O mercado interno de ônibus urbanos teve um acréscimo de 2,4% nas vendas no ano de 2013 em comparação com 2012, segundo dados divulgados pela Associação Nacional das Empresas de Transportes (NTU, 2014), sendo a segunda maior quantidade total nos últimos 13 anos em que a entidade realizou o

levantamento, perdendo apenas para o ano de 2011, onde fatores relacionados às mudanças no combustível diesel impulsionaram as vendas.

De modo geral, o mercado de ônibus urbanos é bastante estável, em grande parte devido à necessidade de renovação da frota de veículos estabelecida em editais, licitações e concessões de linhas urbanas nas grandes cidades do país, o que obriga as empresas de transporte a comprarem novos produtos periodicamente.

O número de empresas fabricantes é reduzido se comparado a outros setores de veículos automotores. Existem basicamente 5 marcas no mercado brasileiro (considerando a Ciferal como parte do grupo Marcopolo). As variedades de modelos, no entanto, são grandes. Além disso, a personalização e versatilidade de opções dentro de um mesmo modelo e os diferentes tipos de chassi que podem ser combinados com cada carroceria acabam por oferecer aos compradores produtos adequados às suas variadas necessidades.

3.6.2. Exportações

O número de ônibus exportados no Brasil é modesto, se comparado com a produção para o mercado interno. Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus (FABUS, 2013), no ano de 2013 foram exportados 4.097 ônibus no Brasil. Ao contrário do mercado interno, os ônibus rodoviários são a maioria e compõem mais da metade das vendas neste setor, enquanto os ônibus urbanos ocupam o segundo lugar com uma diferença considerável.

Entre as fabricantes, a Marcopolo domina completamente as exportações de ônibus, com 1.752 unidades produzidas, praticamente o triplo da CAIO, que é a segunda colocada, seguida de perto pela Comil. Os dados completos sobre as exportações de ônibus no Brasil podem ser conferidos na Tabela 6.

Como é possível observar, as exportações de ônibus no Brasil são bem menores do que o número de veículos destinados ao mercado interno, ainda assim são desempenhos consideráveis, dado o tipo de produto, seu custo elevado e grandes dimensões, que acabam por também influenciar na venda de ônibus para outros países.

Tabela 6: Exportações de ônibus em 2013

| Empresa | Urbano | Rodoviário | Intermunicipal | Mini e Micro | Total |
|----------------|---------------|-------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Marcopolo | 175 | 1006 | 127 | 444 | 1752 |
| Ciferal | 12 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| Comil | 61 | 411 | 79 | 65 | 616 |
| CAIO | 501 | 82 | 0 | 52 | 635 |
| Irizar | 0 | 459 | 0 | 0 | 459 |
| Neobus | 69 | 124 | 0 | 118 | 311 |
| Mascarello | 48 | 150 | 6 | 108 | 312 |
| Total | 866 | 2232 | 212 | 787 | 4097 |

Fonte: Adaptado de FABUS (2013)

3.7. Ergonomia em ônibus urbanos

A Ergonomia pode ser definida como o estudo das interações entre os seres humanos e os elementos de um sistema. Além disso, aplica princípios teóricos, dados e métodos de projetos visando otimizar o bem-estar humano e o sistema como um todo (IEA, 2000).

No caso específico de ônibus urbanos a ergonomia auxilia na avaliação e dimensionamento correto dos elementos internos do veículo, como assentos, corredores, degraus, apoios e outros dispositivos. Neste projeto é possível dividir a pesquisa ergonômica em três áreas distintas do veículo: o salão de passageiros, o posto de trabalho do cobrador, e o posto de comando do motorista.

É importante ressaltar, no entanto, que a legislação brasileira estabelece diversas regras e medidas para os componentes internos de ônibus urbanos, que a princípio, devem ser observados e respeitados, visando o bem-estar dos passageiros e o cumprimento da lei. Sendo assim, a fundamentação teórica sobre ergonomia no presente projeto se dará de forma sucinta, focando nos aspectos mais relevantes e em problemas indicados pelos usuários. Os dimensionamentos em geral seguirão os parâmetros estabelecidos pela legislação, salvo exceções.

3.7.1. Passageiros

A legislação brasileira para ônibus urbanos determina diversos parâmetros em relação à ergonomia dos passageiros, assentos, corredores, e degraus, que possuem dimensões determinadas que proporcionem um nível de conforto aceitável.

Ainda assim é possível analisar e aproveitar sugestões e medidas que melhorem ainda mais a ergonomia do passageiro. Lida (1977) estabelece e explica algumas melhorias que podem ser aplicadas atualmente no projeto de um ônibus urbano.

O ônibus deve possuir o maior número possível de assentos, pois o desgaste físico é muito maior quando o passageiro viaja de pé. A almofada do assento deve possuir comprimento entre 350 e 380mm, permitindo assim que o assento seja mais curto que as coxas do usuário e diminuindo a fadiga. Outras medidas de assento estabelecidas por Lida (1977) já estão especificadas na legislação de forma bastante semelhante, não sendo necessária sua análise novamente. Os assentos devem ser posicionados preferencialmente virados para a frente do veículo, pois assim proporcionam mais proteção aos passageiros. No entanto, assentos laterais podem também ser utilizados de forma segura, desde que comportem no máximo 2 passageiros e que possuam apoios para braço nos dois lados.

Quanto aos apoios de mãos (balaústres), Lida (1977) recomenda que sejam sempre na vertical ou horizontal, já que inclinações de 45° permitem que a mão do usuário escorregue e cause acidentes. Para os degraus é proposto como dimensão ideal de conforto a altura de 180mm e profundidade de 280mm.

Em relação à visibilidade, ruído e conforto térmico, é necessário que o passageiro de pé consiga visualizar a janela em uma linha horizontal para se orientar. O nível de ruído deve ser controlado de forma a não causar danos à audição, mas, por outro lado, não é recomendado diminuir drasticamente o nível de ruído, pois desta forma qualquer outro barulho de baixa intensidade acaba sobressaindo e causando desconforto (Lida, 1977). A temperatura e umidade relativa do ar devem ser controladas, e devem proporcionar conforto térmico para os passageiros independentemente das condições externas ao veículo.

Essas são as soluções mais básicas para proporcionar um pouco mais de conforto ao passageiro do ônibus urbano. Diversas outras medidas e soluções apontadas por Lida (1977) já fazem parte da legislação brasileira e devem ser

seguidas obrigatoriamente. Já em outros quesitos não é possível aprofundar as soluções adotadas, pois não é possível quantificar as melhorias na prática. O nível de ruído e conforto térmico, por exemplo, exigiriam testes complexos em ambientes controlados e com o uso de protótipos em tamanho real, processo esse que não cabe no presente projeto, sendo possível apenas sugerir melhorias e estipular componentes que possam proporcionar um maior conforto para os usuários.

3.7.2. Motorista

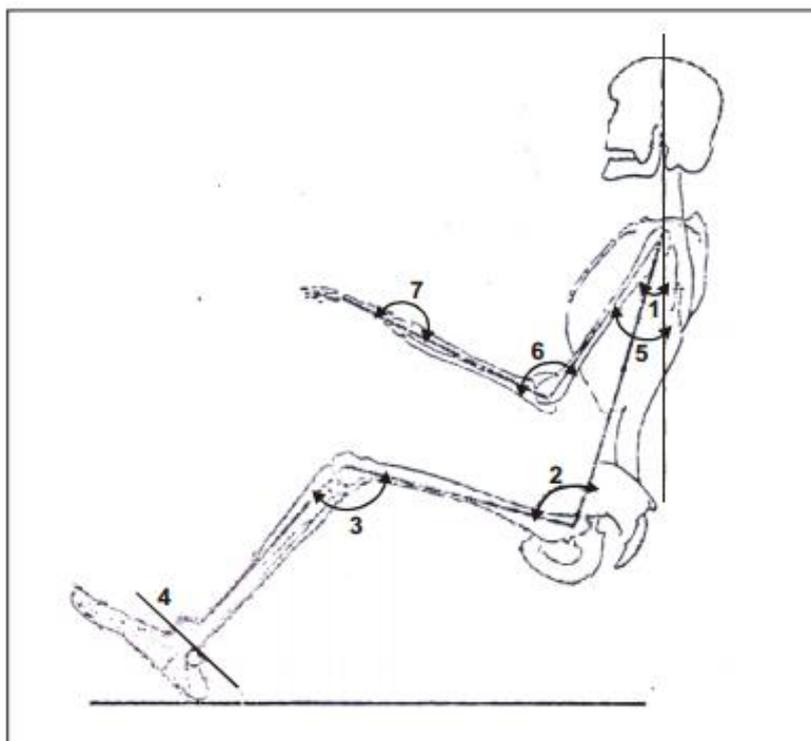
O motorista de ônibus é o responsável por conduzir o veículo que transporta os passageiros de um local para outro (Gorni, 1997). Apesar de ser uma tarefa de alta complexidade e de grande importância, os motoristas em geral ficam expostos a uma série de constrangimentos no seu posto de trabalho, tais como temperatura inadequada, assentos desconfortáveis, falta de visibilidade, esforços repetitivos e ainda fatores externos como variação climática, congestionamentos, problemas em estradas e outros.

No projeto de um novo ônibus urbano que visa também melhorar o conforto oferecido aos seus operadores, é importante considerar também o desenho do posto de trabalho do motorista. Segundo Kompier (1996), alguns aspectos devem ser considerados para o projeto de uma cabine ideal para o motorista do ônibus:

- O assento deve possuir ajustes de altura e distância, com apoio lombar e comandos de fácil acesso;
- O volante deve possuir ajustes de distância e profundidade, e seu diâmetro não pode exceder 460 milímetros;
- O veículo deve possuir um sistema de climatização eficiente;
- Os pedais devem estar bem posicionados e se possível possuir ajustes de distância;
- Os motoristas devem conseguir entrar e sair facilmente do posto de trabalho;
- Todos os comandos e displays do painel devem ser de fácil leitura, evitando induzir o motorista ao erro e ao desvio prolongado de atenção;
- Boa visibilidade interna e externa.

Para o assento do motorista, especificamente, diversos ângulos e dimensões devem ser considerados, gerando assim os chamados ângulos de conforto. Menezes (1978) estabelece estas medidas para motoristas, que podem ser observados na Figura 32 abaixo:

Figura 32: Ângulos de conforto



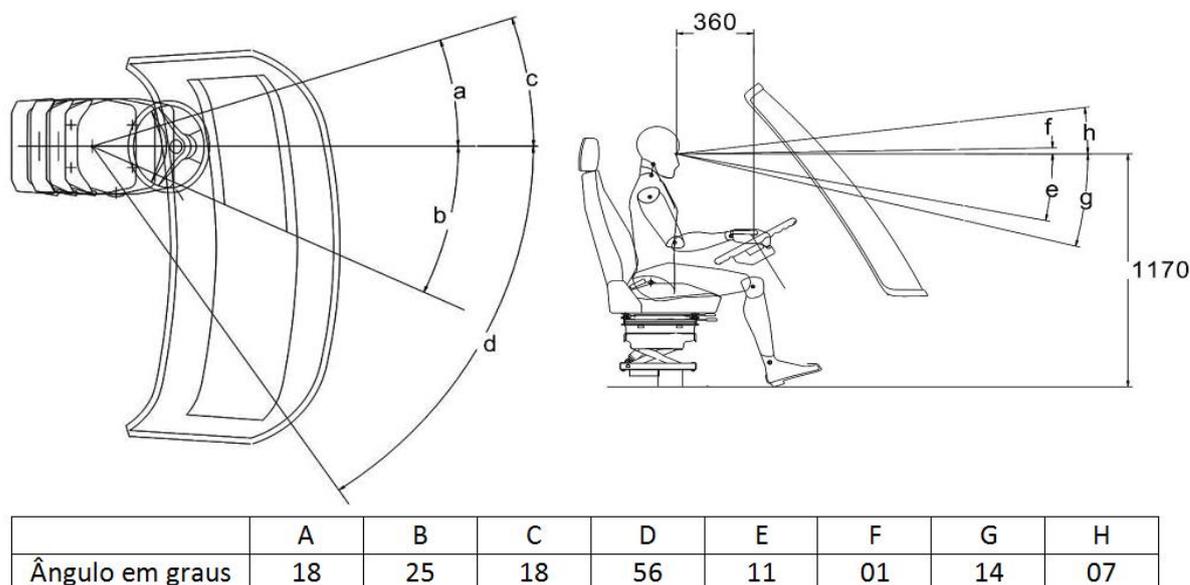
| | | | | |
|-----------|---|---|---|-----------|
| 20 graus | < | 1 | > | 30 graus |
| 95 graus | < | 2 | > | 120 graus |
| 95 graus | < | 3 | > | 135 graus |
| 90 graus | < | 4 | > | 110 graus |
| 20 graus | < | 5 | > | 45 graus |
| 80 graus | < | 6 | > | 120 graus |
| 170 graus | < | 7 | > | 190 graus |

Fonte: Menezes (1978)

Já o campo de visão adequado para o motorista pode ser conferido na Figura 33 abaixo, que ilustra os ângulos verticais e horizontais adequados para o condutor,

podendo ser utilizado para um melhor posicionamento do assento e também de retrovisores e comandos e displays do painel do veículo.

Figura 33: Ângulos de conforto do campo de visão do motorista



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2012)

Seguindo estas orientações, é possível propor uma melhoria no posto de trabalho do motorista de ônibus urbano. Diversos quesitos envolvidos possuem alta complexidade e para obter uma melhoria plena demandariam um estudo mais aprofundado e extenso. Sendo assim, dado o tempo disponível e a priorização dos requisitos do projeto, não é possível realizar uma análise mais detalhada do tema, seguindo assim apenas os itens essenciais aqui apresentados.

3.7.3. Cobrador

Em um ônibus urbano o cobrador é o operador responsável por vender passagens e liberar o acesso ao interior do veículo através da roleta. Apesar de similar a outros tipos de trabalho, neste caso específico o operador está exposto a diversos constrangimentos em seu posto de trabalho, como vibrações, temperaturas inadequadas, iluminação insuficiente e outros (Guimarães, 2012).

Em diversas outras localidades o papel do cobrador de ônibus já foi extinto, sendo a função delegada ao próprio motorista ou então a sistemas eletrônicos automatizados. Esta possível solução para reduzir os problemas ergonômicos na

operação de um ônibus encontra, no entanto, grande resistência no Brasil. O uso de sistemas eletrônicos causaria um grande custo inicial para as empresas de ônibus, e distribuir esta função para o motorista se mostrou inadequado inclusive em análises e estudos ergonômicos realizados por Santos (2004) e Guimarães (2012). O acúmulo de funções para o motorista acaba por agravar ainda mais sua qualidade de trabalho e ocasiona ainda mais atrasos nos horários de chegada.

Sendo assim, com a manutenção do posto de trabalho do cobrador, é necessário observar alguns parâmetros para a melhoria da ergonomia neste local. Os aspectos a serem considerados se assemelham fortemente aos apresentados anteriormente para o posto de trabalho do motorista. Quesitos como climatização, ruídos e iluminação pode ser projetados em conjunto para atender as necessidades de cobradores, motoristas e passageiros, gerando assim um benefício igual para todos os usuários.

Em relação ao assento, as melhorias adotadas para o motorista podem também ser aplicadas ao posto de trabalho dos cobradores, simplificando assim o projeto de ambos. Um detalhamento mais aprofundado de todos os aspectos ergonômicos não é possível, dado o tempo disponível e o foco de atuação do projeto.

4. PESQUISA E PLANEJAMENTO

Na fase de pesquisa e planejamento foram realizadas as análises de similares (sincrônica e diacrônica), e também o questionário com usuários, com o objetivo de avaliar os modelos de ônibus vendidos no Brasil e também de obter a opinião dos usuários sobre o transporte coletivo por ônibus.

Encerrando assim a primeira metade do projeto após as etapas de Proposta, Metodologia e Fundamentação teórica, para então posteriormente partir para o projeto conceitual e o detalhamento e comunicação do projeto.

4.1. Questionário com usuários

Com o objetivo de auxiliar na identificação dos principais problemas do transporte coletivo por ônibus no Brasil, foi elaborado e aplicado um questionário com usuários deste tipo de transporte. O questionário foi aplicado em meio digital, sendo divulgado através de redes sociais para o público em geral, tendo como único requisito o participante ter utilizado o transporte coletivo por ônibus recentemente. Entre os dias 13/08/2014 e 19/08/2014 o questionário obteve 93 respostas de usuários de diversas cidades do Brasil. O questionário completo aplicado pode ser visto no Apêndice 1.

Os resultados da aplicação do questionário, que podem ser conferidos integralmente no Apêndice 2, mostraram que os usuários avaliam o transporte público por ônibus no Brasil com uma nota média de 4,5 em uma escala de 0 a 10, o que é semelhante aos resultados de uma pesquisa realizada pela ANTP (2012), onde os usuários avaliaram o transporte por ônibus com uma nota de 5,5. Ambos os resultados demonstram a insatisfação com o serviço oferecido atualmente.

Entre os principais problemas apontados pelos usuários estão: a lotação de pessoas no corredor do veículo (71%); o tempo de espera na parada de ônibus (69%); os impactos causados por solavancos, curvas acentuadas, aceleração e frenagem do veículo (39%), e o isolamento acústico, climatização e higiene no local (27%). Já entre os problemas menos relevantes estão a dificuldade para entrar e sair do veículo e problemas de mau funcionamento das portas (6%); dificuldade para sentar e levantar no assento da janela (6%), e a dificuldade para se segurar corretamente (6%).

É importante ainda destacar que, para 53% dos entrevistados, o transporte coletivo seria a sua escolha de deslocamento caso apresentasse condições adequadas de funcionamento, por razões como o custo-benefício, a praticidade em não ser necessário estacionar ou conduzir o veículo, e também por considerarem o tipo de transporte ideal para as grandes cidades, pois reduz os congestionamentos, o número de veículos circulando e a poluição.

As opiniões demonstradas no questionário foram de grande valia, pois indicaram quais os principais problemas a serem abordados no desenvolvimento de um novo ônibus urbano que vise à melhoria do transporte coletivo, e também por indicar que caso haja esta melhoria, os usuários o utilizariam mais ainda em suas atividades diárias como trabalho, estudos e lazer.

4.2. Análise de similares

Com o objetivo de comparar as principais vantagens e desvantagens dos modelos de ônibus urbanos mais relevantes, foi realizada a análise de similares sincrônica e diacrônica. A sincrônica contando com os principais modelos vendidos atualmente, e a diacrônica com os veículos que fizeram parte da história dos ônibus urbanos no Brasil.

4.2.1. Análise Diacrônica de Similares

Dentre os diversos modelos de ônibus urbanos já fabricados e vendidos no Brasil, foram escolhidos 3 modelos de décadas distintas e que de alguma forma foram significativos para este segmento no país (Quadro 7). O primeiro deles é o Mercedes-Benz O-321, fabricado entre 1954 e 1970. Este modelo foi o primeiro fabricado no país pela Mercedes-Benz (que viria a se tornar a líder de mercado nos anos seguintes) e representava um grande avanço no segmento, principalmente na carroceria e no conforto oferecido aos passageiros. O segundo é o modelo Torino da Marcopolo, que na década de 80 fez parte do projeto inovador chamado Padron, que estabeleceu novos parâmetros de qualidade e requisitos para ônibus urbanos no Brasil. E por último, o ônibus Marcopolo Viale, que foi produzido por 15 anos, praticamente sem alterações e com números de venda expressivos, tendo saído de linha em 2013.

Quadro 7: Modelos de ônibus para análise diacrônica

| | |
|---|--|
| <p>Mercedes-Benz O-321</p> |  <p>A classic Mercedes-Benz O-321 bus, light blue with a red stripe, parked on a street. The destination sign above the windshield reads 'CAPRIOLI 48'. A license plate on the front reads 'MB O-321 HLS Manobla 1962-1966'.</p> |
| <p>Marcopolo Torino Padron Volvo B-52</p> |  <p>A white and blue Marcopolo Torino Padron Volvo B-52 bus. The destination sign above the windshield reads 'VOLVO'. The front of the bus has 'PADRON 01' and 'VOLVO MARCOPOLO' written on it. An inset image shows the interior of the bus.</p> |
| <p>Marcopolo Viale MB OF- 1722M (1998)</p> |  <p>A modern white and blue Marcopolo Viale MB OF-1722M bus. The destination sign above the windshield reads '515 SÃO JOÃO'. The side of the bus has 'RIO ITA' and 'RJ 152.491' written on it.</p> |

Fonte: Reiven Daniel (2012), MOB Ceará (2014) e Alex Cornelio (2007)

Após a escolha dos modelos a serem analisados, foram elaborados o Quadro 8 e a Tabela 7, nos quais é possível observar de forma comparativa as principais características de cada modelo. A tabela contém números relativos às dimensões e

capacidades dos veículos, enquanto o quadro trata dos atributos mecânicos e de desempenho.

Tabela 7: Análise diacrônica de similares

| Parâmetro | Mercedes-Benz O-321 | Marcopolo Torino Padron Volvo B-52 | Marcopolo Viale MB OF-1722M (1998) |
|------------------|----------------------------|---|---|
| Ano de produção | 1954 - 1970 | 1983 - 1989 | 1998 - 2013 |
| Configuração | Monobloco | Chassi e Carroceria | Chassi e Carroceria |
| Comprimento | 10,66 m | 12 m | 13,2 m |
| Largura | 2,6 m | 2,6 m | 2,5 m |
| Altura | 3,3m | 3,3 m | 3,32 m |
| Passageiros | 38 sentados | 37 sentados | 42 sentados |

Fonte: Adaptado de Via Circular (2014) e MOB Ceará (2014)

Quadro 8: Análise diacrônica de similares

| Parâmetro | Mercedes O-321 | Marcopolo Torino Padron Volvo B-52 | Marcopolo Viale MB OF-1722M (1998) |
|------------------|---|---|--|
| Motor | Dianteiro, 6 cilindros em linha | Central, 6 cilindros em linha, turbo | Dianteiro, 4 cilindros em linha, turbocooler |
| Cilindrada | 5,1 L | 9,6 L | 4,8 L |
| Potência | 110 cv | 250 cv | 218 cv |
| Torque | 30 kgfm | 92 kgfm | 83 kgfm |
| Transmissão | Manual, 5 marchas | Automática, 5 marchas | Manual, 6 marchas |
| PBT | 9.600 kg | 16.000 kg | 16.000 kg |
| Peso/Potência | 87 kg/cv | 64 kg/cv | 73 kg/cv |
| Freios | Hidráulico, tambor nas 4 rodas | A ar, tambor nas 4 rodas | A ar, tambor nas 4 rodas |
| Suspensão | Molas semi-elípticas com amortecedores telescópicos | Pneumática | Feixe de molas semi elípticas |
| Rodas | De aço, aro 22,5 | De aço, aro 22,5 | De aço, aro 22,5 |

Fonte: Adaptado de Via Circular (2014) e MOB Ceará (2014)

O Mercedes-Benz O-321 foi o primeiro ônibus produzido pela marca no país, sendo do tipo monobloco, com chassi e carroceria construídos inteiramente pela Mercedes-Benz. Para a época, possuía bom desempenho e interior bastante

confortável, com uma configuração de suspensão que priorizava o conforto dos passageiros. Comparado a outros modelos disponíveis no mercado, era um veículo bastante moderno, e logo se tornou um sucesso de vendas, sendo usado tanto em aplicações urbanas quanto rodoviárias, dada a sua versatilidade (Transporte Mundial, 2002). O O-321 seguiu em produção até o ano de 1970, tendo deixado um legado de avanços no segmento de ônibus, e iniciando a história da empresa que viria a se tornar a líder de mercado de chassis de ônibus.

Já o Marcopolo Torino foi um dos 5 modelos que participou do projeto Padron, instituído no início da década de 80 e que tinha como objetivo padronizar a construção de ônibus urbanos no país, até então não regulamentada. O veículo possuía diversos equipamentos e configurações que favoreciam o conforto de passageiros e operadores, como a utilização de motores centrais ou traseiros, portas de embarque mais largas, relação de peso e potência, câmbio automático e outros (MOB Ceará, 2014). O projeto foi um marco na indústria de ônibus urbanos, estabelecendo um novo padrão de qualidade, e logo o Marcopolo Torino se tornou um sucesso de vendas. Atualmente o modelo já está em sua sétima geração, e apesar da evolução da tecnologia, muitos dos equipamentos que o tornaram bem sucedido foram retirados ao longo dos anos, devido aos custos de venda e manutenção. Ainda assim, sua contribuição foi essencial, elevando a outro nível a produção de ônibus urbanos no Brasil.

O Marcopolo Viale, por sua vez, não se destaca por introduzir inovações e modificações com os modelos citados anteriormente, mas sim por oferecer um excelente equilíbrio entre custos e conforto. Produzido por 15 anos, o modelo se baseava na simplicidade, tanto no interior quanto nos chassis adotados. Apesar disso, a fabricante conseguia oferecer muitas variações deste modelo, versões articuladas, bi-articuladas, com dois andares, piso alto e baixo, e até mesmo versão trólebus, feito que o tornava um produto muito versátil e que acabou virando o favorito em muitas regiões do país (Transporte Mundial, 2005). O Viale acabou saindo de linha apenas em 2013, após a chegada de modelos mais modernos como o Gran Viale e o Viale BRT, mas sua combinação de simplicidade e versatilidade continua sendo utilizada com sucesso em outros modelos da fabricante como o Torino G7 e até mesmo de outras empresas.

Com a análise de similares diacrônica realizada, foi possível observar a evolução e aprimoramento pelo qual o segmento passou. O seu auge pode ser

considerado a década de 80, quando com o projeto Padron houve até certo excesso, como o uso de motores com 9600 cilindradas e 250 cavalos de potência, que para a aplicação podem ser considerados superdimensionados, causando custos e emissão de poluentes desnecessários. No fim da década de 90, no entanto, parece ter havido um melhor equilíbrio entre os componentes e configurações, que permanecem até hoje e se mostram adequados para o uso nas grandes cidades do país. Passados quase 20 anos sem grandes alterações, os modelos atuais têm surgido com novas e pequenas atualizações, mantendo o conceito base que foi estabelecido ao longo de toda a história, buscando sempre mais eficiência e equilíbrio entre custos e conforto para usuários e operadores.

4.2.2. Análise Sincrônica de Similares

O mercado brasileiro de ônibus urbanos oferece diversas opções de modelos. Atualmente, apenas entre as 5 maiores fabricantes, estão disponíveis cerca de 18 veículos diferentes e suas variações, além de diversas opções de chassi para cada um. Para a análise sincrônica de similares foram selecionados 7 modelos de 4 fabricantes diferentes, sendo um modelo de dois andares (Marcopolo Viale DD Sunny), três modelos do tipo convencional com números expressivos de venda (Marcopolo Gran Viale, CAIO Apache Vip e Mascarello GranVia), um modelo do tipo BRS (Marcopolo Viale BRS), um modelo articulado (Neobus Mega BRT) e um modelo biarticulado (CAIO Millenium BRT).

Para cada carroceria são oferecidas diversas opções de chassis de diferentes marcas. Com o objetivo de facilitar e resumir a análise de similares, foram escolhidos os modelos mais utilizados atualmente para cada tipo de carroceria. Os chassis analisados são os modelos da Mercedes-Benz OF 1721 e O-500U e da Volvo os modelos B340M e B360S.

As marcas e modelos de chassi e carroceria foram selecionados para a análise de similares de acordo com características diferenciadas, números de vendas no Brasil e contexto histórico dos modelos.

Quadro 9: Modelos avaliados na análise sincrônica de similares

| | |
|--|--|
|  |  |
| <p>Marcopolo Viale DD Sunny</p> | <p>Marcopolo Gran Viale</p> |
|  |  |
| <p>Caio Apache Vip</p> | <p>Mascarello GranVia</p> |
|  |  |
| <p>Marcopolo Viale BRS</p> | <p>Neobus Mega BRT Articulado</p> |
|  | |
| <p>CAIO Millenium BRT Biarticulado</p> | |

Fonte: CAIO (2014), Marcopolo (2014), Marcos Martins (2011), Mascarello (2014) e Neobus (2014)

A análise sincrônica de similares pode ser dividida em duas partes, a primeira relativa aos modelos de carroceria, e a segunda aos diferentes tipos de chassi utilizados para cada veículo.

Os modelos de carroceria avaliados, apesar de diferentes, possuem diversas semelhanças, em grande parte devido à legislação bastante rígida que determina os parâmetros de diversos componentes. Quesitos como poltronas, posto do motorista e cobrador são bastante semelhantes entre os veículos analisados. Todos os modelos avaliados, além das versões analisadas, oferecem diversas variações de tamanho, número de assentos, tipo de piso e configuração de carroceria, o que torna difícil definir um modelo de ônibus apenas pela nomenclatura, já que um mesmo produto pode ter diferentes formas de acordo com as necessidades do cliente.

As maiores diferenças estão na configuração da carroceria, com destaque para o Marcopolo Viale DD Sunny, que possui dois andares, configuração bastante incomum no país, e que só pode ser utilizado para turismo ou linhas especiais. Sua grande vantagem é oferecer um número maior de assentos sem ocupar mais espaço nas ruas. Sua altura elevada, no entanto, se torna um problema em determinados locais, dificultando sua circulação. Já os modelos Viale BRS, Mega BRT e Millenium BRT, possuem como grande diferença o foco no alto fluxo de passageiros, pois apesar de seu maior comprimento, o número de assentos não é proporcionalmente maior, mas sim corredores e áreas de circulação, permitindo assim a entrada e saída de grande número de passageiros em trajetos menores.

Já os modelos convencionais são os mais presentes nas ruas brasileiras, justamente por apresentarem um maior equilíbrio entre facilidade de operação e número de passageiros transportados. Sistemas mais simples e básicos permitem transportar o usuário com o conforto básico e custo reduzido.

Pela análise dos diferentes modelos de carroceria aqui avaliados, é possível observar que diversas melhorias e tecnologias podem ser implantadas para o benefício dos passageiros e operadores. Diversos quesitos pouco evoluíram nas últimas décadas, em grande parte pela legislação, mas também pela questão dos custos ao cliente. No entanto, uma característica atual e que deve ser mantida é a versatilidade de todos os modelos, sendo necessário projetar o veículo já considerando a possibilidade de oferecer variações de dimensões, configurações, chassis e interiores para o cliente. Fator que é de suma importância, tendo em vista

que cada região do país possui diferentes sistemas de transporte coletivo e de trânsito, podendo assim se adaptar à maior parte dessas variações.

Os principais quesitos analisados e dados sobre os diferentes modelos de carroceria avaliados podem ser conferidos de forma comparativa no Quadro 10, permitindo assim uma melhor visualização das características de cada produto.

Quadro 10: Análise sincrônica de similares (carrocerias)

| Modelo | Categoria | C x L x A | Passageiros sentados | Configuração |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Marcopolo Viale DD Sunny | Dois andares - Turismo | 12,2 m x 3,93 m x 2,5 m | 67 | Motor traseiro – Piso baixo |
| Marcopolo Gran Viale | Convencional | 12,5 m x 3,4 m x 2,5 m | 39 | Motor traseiro – Piso baixo |
| CAIO Apache Vip | Convencional | 13,2 m x 3,3 m x 2,5 m | 43 | Dianteiro – Piso alto |
| Macarello GranVia | Convencional | 13 m x 3,0 m x 2,6 m | 43 | Dianteiro – Piso alto |
| Marcopolo Viale BRS | Convencional BRS | 15 m x 3,4 m x 2,6 m | 43 | Motor traseiro – Piso baixo |
| Neobus Mega BRT | Articulado BRT | 18,6 m x 3,4 m x 2,6 m | 58 | Motor central – Piso alto |
| CAIO Millenium BRT | Biarticulado BRT | 26,6 m x 3,5 m x 2,5 m | 47 | Motor Central – Piso Baixo |

Fonte: Adaptado de CAIO, Marcopolo, Mascarello e Neobus (2014)

Os chassis analisados possuem aplicações diversificadas. O modelo OF-1721 possui foco no baixo custo de operação para ônibus convencionais. Já o O-500U oferece maior conforto para os passageiros e operadores. Os dois modelos da Volvo, por sua vez, são feitos especificamente para a aplicação em ônibus articulados e biarticulados. Para isso possuem motores maiores e recursos que facilitam a condução do veículo com dimensões avantajadas.

Todos possuem a mesma configuração de motor, variando apenas o número de cilindros e cilindrada, com a potência e torque crescendo de acordo com a aplicação do veículo. É possível observar ainda a maior eficiência dos motores mais atuais. O motor do chassi B360S, apesar de menor, possui maior potência do que o seu antecessor, presente no chassi B340M.

De um modo geral, é possível observar que cada chassi possui características específicas para atender as diferentes aplicações de ônibus urbanos. O conceito construtivo, de materiais e mecânica, no entanto, é bastante semelhante entre todos, tendo pouca diferença quando comparado a modelos de algumas décadas atrás.

Para o projeto de um novo ônibus urbano, é importante observar quais os componentes mais adequados para o modelo, e também variações de posicionamento no chassi. Novas tecnologias também devem ser avaliadas e se possível implantadas para proporcionar o maior benefício possível para usuários e operadores. As principais características e números de desempenho de cada chassi analisado podem ser conferidos de forma comparativa no Quadro 11 abaixo.

Quadro 11: Análise sincrônica de similares (chassis)

| Parâmetro | Mercedes-Benz OF-1721 | Mercedes-Benz O-500U | Volvo B340M | Volvo B360S |
|-------------------|--|---|--|--|
| Motor | Dianteiro, 4 cilindros em linha, Turbocooler | Traseiro, 6 cilindros em linha, Turbocooler | Central, 6 cilindros em linha, turbocooler | Central, 6 cilindros em linha, turbocooler |
| Cilindrada | 4,8 L | 7,2 L | 12,1 L | 9,4 L |
| Potência | 208 cv | 256 cv | 340 cv | 360 cv |
| Torque | 79,6 kgfm | 91,8 kgfm | 173 kgfm | 163 kgfm |
| Transmissão | Manual, 6 marchas | Automática, 6 marchas | Automática, 6 marchas | Automática, 6 marchas |
| PBT | 17.000 kg | 18.500 kg | 30.000 kg | 42.000 kg |
| Peso/ Potência | 81 kg/cv | 72 kg/cv | 88 kg/cv | 116 kg/cv |
| Freios | A ar, tambor nas 4 rodas | A ar, disco nas 4 rodas | A ar, disco nas 4 rodas | A ar, disco nas 4 rodas |
| Suspensão | Feixe de molas | Pneumática | Pneumática | Pneumática |
| Piso | Alto | Baixo | Alto | Baixo |
| Carrocerias | Apache Vip e GranVia | Sunny DD, Gran Viale e Viale BRS | Mega BRT Articulado | Millenium BRT Biarticulado |

Fonte: Adaptado de Mercedes-Benz (2014) e Volvo (2014)

A análise sincrônica de similares foi de suma importância, pois permitiu observar os principais modelos de carroceria e chassis vendidos atualmente no Brasil e suas características. Foi possível identificar ainda quais componentes e conceitos devem ser mantidos e quais podem ser removidos ou substituídos por novas tecnologias e soluções.

De modo geral a indústria brasileira de ônibus urbanos se mostra bastante avançada e em sintonia com os modelos produzidos ao redor do mundo. Melhorias e aprimoramentos, no entanto, podem e devem ser introduzidos para continuar o processo de evolução deste tipo de veículo.

4.3. Necessidades e Requisitos

4.3.1 Necessidades

Com base no questionário aplicado com usuários (seção 4.1) e em itens pesquisados sobre o transporte coletivo por ônibus no Brasil, é possível observar que o público que utiliza este tipo de transporte não está satisfeito com o serviço oferecido. A necessidade geral do usuário é realizar seus deslocamentos diários com um mínimo de conforto, de maneira que o uso do transporte coletivo seja apenas um meio de locomoção e não uma situação desconfortável e desgastante.

Além disso, é importante para os passageiros informações sobre o trajeto, paradas do percurso e previsão do tempo de espera até a chegada do veículo, pois proporcionariam maior facilidade de planejamento para o usuário ao escolher o horário e linha de ônibus para seus deslocamentos diários. Já por parte dos compradores e operadores do veículo, as necessidades principais recaem sobre questões como preço, manutenção, conforto para motorista e cobrador, facilidade de uso e ainda a estética externa do ônibus.

As necessidades de usuários, compradores e operadores dentro deste contexto geral são apresentados mais detalhadamente no Quadro 12:

Quadro 12: Necessidades detalhadas

| Necessidade | Detalhamento |
|--|---|
| Ser seguro | O veículo deve possuir o máximo de equipamentos de segurança possíveis para a prevenção e diminuição dos riscos em caso de acidentes, e também para o caso de crimes, como assaltos, tornando assim a viagem do passageiro mais tranquila e com menos riscos. |
| Oferecer conforto durante o trajeto | É essencial para os passageiros um mínimo de conforto durante o trajeto, seja ele realizado em pé ou em um dos assentos disponíveis, diminuindo assim o desgaste físico e problemas gerados pelo desconforto durante o trajeto. |
| Mostrar ao usuário o trajeto e horário | Para uma melhor localização e escolha do ônibus a ser utilizado, é necessário oferecer ao usuário informações sobre o trajeto do ônibus e também seus horários, de maneira a facilitar seu deslocamento. |
| Conseguir se deslocar facilmente no interior do veículo. | A facilidade para se deslocar dentro do veículo é essencial para que os passageiros possam embarcar e desembarcar do veículo com rapidez, e ainda viajarem em pé sem atrapalhar o fluxo de usuários. |
| Possuir um interior agradável | O interior agradável para o usuário representa um nível aceitável de ruído, temperatura controlada e um ambiente corretamente higienizado. Além disso, cores e texturas podem contribuir para a sensação de bem-estar durante o uso do transporte coletivo. |
| Oferecer custos adequados | Para o comprador do veículo, é essencial oferecer custos adequados para a compra, manutenção e operação. |
| Ser fácil de usar | Tanto para os usuários quanto operadores, é essencial que o produto seja de fácil utilização, incluindo dispositivos controlados pelo motorista e cobrador, assentos, alarme de sinalização de parada e outros. |
| Ter visual atrativo | Uma aparência agradável e diferenciada é sempre desejada em veículos como forma de destaque e contribui positivamente, agregando valor ao produto e facilitando sua aceitação no mercado. |

Fonte: Autor

Como é possível observar, todas as necessidades listadas têm como objetivo proporcionar benefícios e melhorias no transporte coletivo por ônibus, para usuários, operadores e compradores. O atendimento a todas elas é essencial para que o objetivo geral do projeto seja atendido.

4.3.2. Requisitos de usuário

Para estabelecer os requisitos de usuário, foi utilizado o método de conversão de necessidades em requisitos de usuário proposto por Back et al. (2008). A partir

da análise de cada necessidade listada na seção anterior, foram definidos os requisitos de usuário, como pode ser observado no Quadro 13:

Quadro 13: Requisitos de usuário

| Necessidade | Requisito de usuário |
|---|--------------------------------|
| Ser seguro | Segurança |
| Oferecer conforto durante o trajeto | Conforto |
| Mostrar ao usuário o trajeto e horário | Informações para o usuário |
| Conseguir se deslocar facilmente no interior do veículo | Interior de fácil movimentação |
| Possuir um interior agradável | Ambiente interno agradável |
| Oferecer custos adequados | Economia de custos |
| Ser fácil de usar | Boa usabilidade |
| Ter visual atrativo | Estética atrativa |

Fonte: Autor

4.3.3. Requisitos de Projeto

Depois de estabelecidos os requisitos de usuário, a próxima etapa consiste na sua conversão em requisitos de projeto, que servirão como diretrizes e parâmetros a serem seguidos e contemplados para atender corretamente o objetivo geral do projeto.

Cada requisito de usuário foi analisado e convertido em um ou mais requisitos de projeto preliminares, de acordo com as necessidades e possibilidades, conforme pode ser observado no Quadro 14.

Como é possível verificar, os 8 requisitos de usuário listados anteriormente foram desdobrados em 25 requisitos de projeto preliminares, os quais foram analisados, e aqueles semelhantes ou iguais foram agrupados de forma a reduzir o número total, resultando assim nos 20 requisitos de projeto que podem ser conferidos no Quadro 15.

Quadro 14: Requisitos de projeto preliminares

| Requisito de usuário | Requisito de projeto |
|--------------------------------|---|
| Segurança | Possuir dispositivos de segurança passiva |
| Segurança | Possuir dispositivos de segurança ativa |
| Segurança | Possuir sistema de monitoramento por câmeras e GPS |
| Segurança | Estar em conformidade com a legislação vigente para ônibus urbanos |
| Conforto | Dispor de assentos anatômicos que atendam a usuários dos percentis de 5 feminino a 95 masculino |
| Conforto | Ter sistema de climatização interna |
| Conforto | Possuir configurações mecânicas que minimizem movimentos bruscos do veículo |
| Conforto | Possuir disposição de componentes internos otimizada |
| Informações para o usuário | Possuir sistema de monitoramento por GPS |
| Informações para o usuário | Disponibilizar informações para o usuário através de dispositivo |
| Interior de fácil movimentação | Possuir disposição de componentes internos otimizada |
| Interior de fácil movimentação | Possuir um package geral otimizado |
| Ambiente interno agradável | Ter sistema de climatização interna |
| Ambiente interno agradável | Possuir componentes internos de fácil limpeza |
| Ambiente interno agradável | Possuir dispositivos que minimizem o ruído interno |
| Ambiente interno agradável | Possuir formas, cores e texturas internas atrativas |
| Economia de custos | Possuir mecânica com custos de manutenção e operação reduzidos |
| Economia de custos | Possuir um package geral otimizado |
| Economia de custos | Ter sistemas de reaproveitamento de energia |
| Economia de custos | Possuir otimização de peso total e resistência de componentes |
| Boa usabilidade | Possuir comandos e dispositivos intuitivos |
| Boa usabilidade | Possuir disposição de componentes internos otimizada |
| Boa usabilidade | Ter informativos e avisos sobre todos os componentes necessários |
| Estética atrativa | Possuir formas, cores e texturas externas atrativas |
| Estética atrativa | Possuir formas, cores e texturas internas atrativas |
| Estética atrativa | Ter algum diferencial visual em relação a produtos similares |

Fonte: Autor

Quadro 15: Requisitos de projeto

| Identificação | Requisito de projeto |
|----------------------|---|
| 01 | Possuir dispositivos de segurança passiva |
| 02 | Possuir dispositivos de segurança ativa |
| 03 | Possuir sistema de monitoramento por câmeras e GPS |
| 04 | Estar em conformidade com a legislação vigente para ônibus urbanos |
| 05 | Dispor de assentos anatômicos que atendam a usuários dos percentis de 5 feminino a 95 masculino |
| 06 | Ter sistema de climatização interna |
| 07 | Possuir configurações mecânicas que minimizem movimentos bruscos do veículo |
| 08 | Possuir disposição de componentes internos otimizada |
| 09 | Disponibilizar informações para o usuário através de dispositivo |
| 10 | Possuir um package geral otimizado |
| 11 | Possuir componentes internos de fácil limpeza |
| 12 | Possuir dispositivos que minimizem o ruído interno |
| 13 | Possuir formas, cores e texturas internas atrativas |
| 14 | Possuir mecânica com custos de manutenção e operação reduzidos |
| 15 | Ter sistemas de reaproveitamento de energia |
| 16 | Possuir comandos e dispositivos intuitivos |
| 17 | Ter informativos e avisos sobre todos os componentes necessários |
| 18 | Possuir formas, cores e texturas externas atrativas |
| 19 | Ter algum diferencial visual em relação a produtos similares |
| 20 | Possuir otimização de peso total e resistência de componentes |

Fonte: Autor

4.3.4. Priorização de requisitos

Para a priorização dos requisitos de projeto foi utilizada a matriz de Desdobramento da Função Qualidade (QFD), proposta por Back et al. (2008), com pequenas modificações e variações para uma melhor adequação ao projeto.

O objetivo do QFD é elencar em ordem de prioridade os requisitos de projeto, a partir do nível de contribuição e atendimento dos requisitos de usuário de cada um. Além disso, leva-se em conta a importância de cada grupo de requisitos de usuário a

partir do questionário aplicado (Seção 4.1), pesquisas e legislação. O peso atribuído a cada grupo de requisitos de usuário pode ser conferido no Quadro 16 abaixo, variando entre 1 = Pouco importante, 2 = Importante, e 3 = Muito importante:

Quadro 16: Peso atribuído aos requisitos de usuário

| Requisitos de usuário | Peso atribuído |
|--------------------------------|-----------------------|
| Segurança | 3 – Muito Importante |
| Conforto | 3 – Muito Importante |
| Informações para o usuário | 2 - Importante |
| Interior de fácil movimentação | 2 - Importante |
| Ambiente interno agradável | 3 – Muito Importante |
| Economia de custos | 1 – Pouco Importante |
| Boa usabilidade | 2 – Importante |
| Estética atrativa | 1 – Pouco Importante |

Fonte: Autor

Além destes dados, foram utilizados ainda os requisitos de projeto listados no Quadro 4, para então a elaboração da matriz de Desdobramento da Função Qualidade, onde estão dispostos os requisitos de usuário e de projeto, bem como o peso atribuído, e as relações de importância entre os requisitos, sendo 1 = baixa relação, 3 = média relação, e 5 = alta relação. A matriz que pode ser conferida integralmente na tabela 8 abaixo:

Tabela 8: Matriz QFD

| | | Requisitos de Projeto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| Requisito de usuário | Peso | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| Segurança | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Conforto | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Informações para o usuário | 2 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Interior de fácil movimentação | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ambiente interno agradável | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Economia de custos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Boa usabilidade | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Estética atrativa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 |
| Pontuação total do requisito de projeto: | | 29 | 29 | 31 | 29 | 41 | 35 | 29 | 41 | 25 | 43 | 35 | 29 | 33 | 21 | 21 | 31 | 31 | 21 | 21 | 33 | |

Fonte: Autor

A partir da elaboração do QFD, é possível priorizar os requisitos de projeto por ordem de importância para o atendimento dos requisitos de usuário, facilitando assim o projeto do produto visando o correto atendimento dos objetivos desejados. Os requisitos de projeto podem ser vistos em ordem de prioridade na tabela 9 abaixo:

Tabela 9: Priorização dos requisitos de projeto

| Ordem | Requisito de projeto | Pontuação |
|--------------|--|------------------|
| 1º | Possuir um package geral otimizado | 43 |
| 2º | Possuir disposição de componentes internos otimizada | 41 |
| 2º | Dispor de assentos anatômicos que atendam a usuários dos percentis de 5 a 95 | 41 |
| 3º | Ter sistema de climatização interna | 35 |
| 3º | Possuir componentes internos de fácil limpeza | 35 |
| 4º | Possuir formas, cores e texturas internas atrativas | 33 |
| 4º | Possuir otimização de peso total e resistência de componentes | 33 |
| 5º | Possuir comandos e dispositivos intuitivos | 31 |
| 5º | Ter informativos e avisos sobre todos os componentes necessários | 31 |
| 5º | Possuir sistema de monitoramento por câmeras e GPS | 31 |
| 6º | Possuir itens de segurança passiva | 29 |
| 6º | Possuir itens de segurança ativa | 29 |
| 6º | Estar em conformidade com a legislação vigente para ônibus urbanos | 29 |
| 6º | Possuir configurações mecânicas que minimizem movimentos bruscos do veículo | 29 |
| 6º | Possuir dispositivos que minimizem o ruído interno | 29 |
| 7º | Disponibilizar informações para o usuário através de dispositivo | 25 |
| 8º | Utilizar mecânica com custos de manutenção e operação reduzidos | 21 |
| 8º | Ter sistemas de reaproveitamento de energia | 21 |
| 8º | Ter algum diferencial visual em relação a produtos similares | 21 |
| 8º | Possuir formas, cores e texturas externas atrativas | 21 |

Fonte: Autor

4.4. Síntese

As diversas pesquisas e análises realizadas nesta primeira metade do trabalho foram de suma importância para o desenvolvimento do projeto, pois permitiram um melhor entendimento de todo o contexto do setor de ônibus urbanos no Brasil e de todas as variáveis envolvidas. Foram levantados e analisados dados referentes a similares nacionais e internacionais, mercado, usuários, oportunidades, limitações, legislação e diversos outros tópicos.

De modo geral foi possível observar o grande avanço e melhora do transporte coletivo por ônibus ao longo dos anos. Apesar disso, as pesquisas e questionário com usuário mostraram que no Brasil a qualidade do serviço ainda é insuficiente, e os veículos apresentam diversos quesitos nos quais podem ser aprimorados. Diversas soluções e alternativas puderam ser observadas através da pesquisa de campo e na análise sobre transporte coletivo em outros países, fornecendo assim alternativas interessantes para o projeto.

Dado o tamanho do mercado de ônibus urbanos e o nível de desenvolvimento que a indústria do setor atingiu no país, foi possível encontrar diversas fontes e referências para elaboração da fase de pesquisa. Os fabricantes disponibilizam diversos dados sobre seus variados produtos, sendo de grande utilidade para a análise de similares e outros quesitos. Além disso, associações como a ANTP e NTU foram de grande ajuda ao fornecer diversas pesquisas e relatórios anuais sobre o sistema de transporte coletivo por ônibus no Brasil.

Toda esta primeira fase do projeto permitiu a elaboração de um conceito muito mais embasado e correto em relação ao cumprimento dos objetivos do projeto. Servindo também de base e referencial para todas as etapas seguintes até a conclusão do projeto.

4.5. Conceito do Produto

Ônibus urbano, automotor, com capacidade para pelo menos 70 passageiros, concebido como um produto destinado a atender o mercado brasileiro. O veículo deverá possuir uma configuração interna otimizada, sistema de climatização, componentes de fácil limpeza e aparência agradável.

O exterior do ônibus deverá possuir formas atrativas que destaquem o produto de seus similares e que sejam agradáveis para os usuários. O visual marcante deverá ser um dos diferenciais do veículo.

Todos os sistemas de segurança disponíveis atualmente para ônibus urbanos deverão estar presentes no projeto. Itens de segurança ativa e passiva, além de câmeras de vigilância, monitoramento por GPS, sensores de estacionamento e outros. O sistema de monitoramento poderá ainda ser utilizado para fornecer informações de itinerário, horários e tempo de espera para os usuários.

O produto deverá manter o sistema modular e a oferta de diversas variações de um mesmo modelo que já é utilizado atualmente pelos seus similares. Além disso, o veículo deverá ser projetado de acordo com os processos produtivos e materiais utilizados pelas fabricantes atualmente, visando minimizar o aumento excessivo de custos em relação aos modelos existentes.

O chassi e o conjunto motriz utilizados serão modelos disponíveis atualmente no mercado, de acordo com as especificações de cada fabricante, sendo escolhidos de acordo com as especificações do projeto e de modo que contemplem os objetivos do projeto.

4.6. Considerações finais

Na primeira etapa do Trabalho de Conclusão de Curso - TCC 1 - foi possível compreender e analisar os principais quesitos relacionados aos ônibus urbanos no Brasil. Através do contexto histórico, pesquisas e questionários com usuários, foi possível observar os principais problemas relacionados a este produto. A pesquisa bibliográfica, análise de similares e de mercado serviram para fornecer o referencial teórico necessário para o desenvolvimento de um novo ônibus urbano.

A primeira etapa do projeto se encerra com a definição do conceito do produto, que fornecerá todas as diretrizes para o prosseguimento do projeto na segunda etapa. Nesta segunda metade serão desenvolvidos o projeto conceitual e comunicação do projeto, que incluem geração de alternativas estéticas e de package, seleção das melhores alternativas, modelagem em software 3D, detalhamento e desenho técnico de componentes, definição de materiais e processos de produção, protótipo e material de comunicação do produto, completando assim o desenvolvimento do projeto.

5. PROJETO CONCEITUAL

5.1. Package

O package do veículo consiste na arquitetura de seus componentes, o dimensionamento e posicionamento dos principais elementos como sistemas motrizes, passageiros, compartimento de carga e outros. Segundo Macey e Wardle (2008), a geração de alternativas de package é uma forma de obter um maior número de configurações possíveis para o veículo em um curto período de tempo.

Para o projeto de um ônibus urbano o método proposto por Macey e Wardle (2008) foi adaptado, já que alguns quesitos diferem de forma significativa entre veículos leves e pesados. A geração de alternativas de package aqui apresentada foi dividida em dois grandes segmentos, o chassi e o salão de passageiros, buscando assim priorizar dois quesitos muito importantes no projeto de um ônibus urbano.

5.1.1. Geração de alternativas de package do chassi

Segundo a metodologia de Macey e Wardle (2008), devem ser definidos os principais componentes do veículo para então testar alternativas de seu posicionamento e dimensionamento. No caso de um ônibus urbano, o dimensionamento dos componentes possui mais liberdade dentro das dimensões máximas estabelecidas pela legislação, por se tratar de um veículo com medidas muito maiores que um veículo de passeio.

Portanto, para o presente projeto foram avaliados apenas o posicionamento e tipo de componentes. De acordo com processos produtivos e componentes oferecidos atualmente no mercado, foram selecionados os quesitos a serem analisados. A partir deles foi elaborado o Quadro 17, no qual é possível observar as opções disponíveis e testar diversas combinações.

A partir dele foram geradas combinações que representam ônibus urbanos já disponíveis no mercado brasileiro e também opções diferenciadas, com conjuntos de componentes pouco utilizados, buscando assim avaliar opções tradicionais e possíveis inovações.

Quadro 17: Opções de componentes para o package do chassi

| Quesito | Opção 1 | Opção 2 | Opção 3 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| Posição do motor | Dianteiro | Central | Traseiro |
| Tipo de carroceria | Convencional | Articulado | Biarticulado |
| Pavimentos | Simple | Duplo | - |
| Piso | Baixo | Parcial | Alto |

Fonte: Autor

Na geração de alternativas foram considerados problemas técnicos e incompatibilidades de determinadas combinações. Por exemplo, um chassi com motor posicionado na dianteira e piso do tipo baixo é uma configuração incompatível, pois é necessário um espaço mínimo para alocar o eixo cardã, que transmite a força do motor até as rodas traseiras do ônibus.

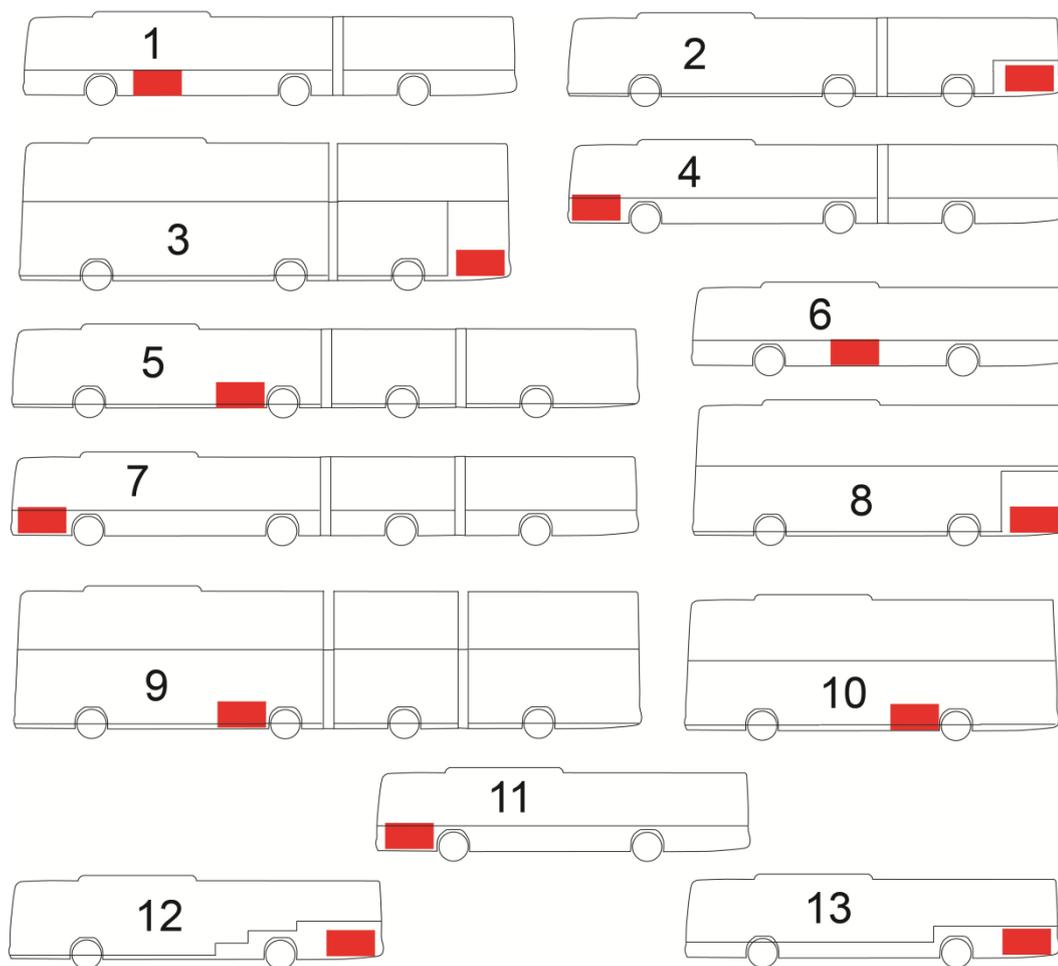
Com o objetivo de projetar um veículo economicamente viável, passível de produção e de acordo com os processos produtivos brasileiros, estas opções foram descartadas na geração de alternativas de package do chassi, restando assim 12 configurações, que podem ser conferidas de forma ilustrativa na figura 34.

As alternativas geradas variam de opções mais tradicionais, como a opção número 11, que combina motor dianteiro, carroceria convencional e piso alto, até opções mais inusitadas como a solução número 9, que possui motor central, carroceria biarticulada, dois pavimentos e piso baixo.

O processo de geração de alternativas de package permitiu justamente avaliar a viabilidade de determinadas configurações e também gerar soluções que fogem do convencional, aumentando assim em um curto período de tempo as opções disponíveis para avaliação.

A partir das opções geradas é possível realizar a seleção e escolha da alternativa que melhor satisfaz os objetivos do projeto, sendo de extrema importância pois o chassi constitui a base de todo o veículo, determinando parâmetros para a carroceria e salão de passageiros.

Figura 34: Geração de alternativas de package do chassi



Fonte: Autor

5.1.2. Geração de alternativas de package e do interior

A geração de alternativas do interior do veículo foi realizada de forma diferenciada, pois existem muitas variáveis a serem consideradas e definidas no projeto, e que podem variar de acordo com as configurações e versões diferentes que um ônibus urbano pode ter.

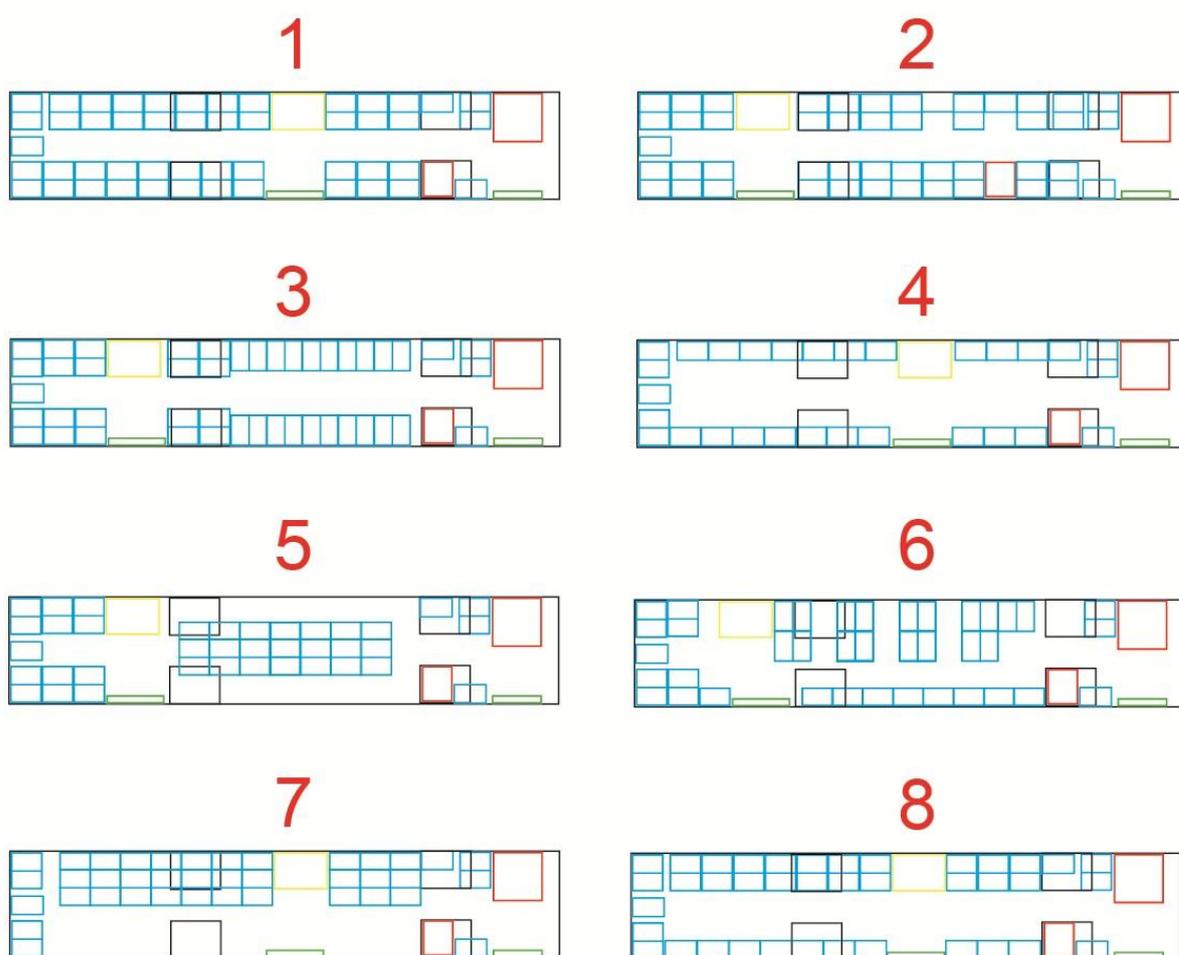
Sendo assim, a metodologia utilizada para esta etapa segue as diretrizes propostas por Macey e Wardle (2008), porém com algumas modificações. Foi estabelecida uma carroceria padrão com 13,2 metros de comprimento e 2,6 metros de largura, baseadas nos modelos mais utilizados atualmente no mercado brasileiro.

Dentro deste espaço foram geradas alternativas de posicionamento de componentes, sempre contendo os seguintes itens: área do motorista e cobrador,

portas de embarque e desembarque, espaço reservado para pessoas com deficiência e assentos para passageiros.

As alternativas geradas podem ser conferidas na figura 35, e variam desde configurações convencionais (1 e 2), até versões diferenciadas e ainda não utilizadas.

Figura 35: Geração de alternativas do salão de passageiros



Fonte: Autor

A geração de alternativas desta forma permite que seja feita uma seleção da melhor alternativa independente das configurações de carroceria e do chassi, pois o conceito geral por trás de cada solução pode ser adaptado para diferentes dimensões, configurações de motor e assoalho.

5.1.3. Matriz de seleção – Método de Pugh

Para a avaliação e seleção das melhores alternativas de package geradas foi utilizado um método de seleção através de uma matriz de avaliação proposto por Pugh (1996). O método de Pugh compara as diversas alternativas de produto geradas, com um conceito de referência já existente, facilitando a escolha de uma solução que se sobressaia.

Para a aplicação do método é necessário, além das propostas de alternativas, um conceito de referência existente e critérios de avaliação. Com isso, é elaborada uma matriz, na qual os critérios de avaliação são colocados nas linhas, e as alternativas e o conceito de referência nas colunas (Pugh, 1996).

Após isso, é feita uma avaliação comparativa, sendo atribuídos símbolos positivos, negativos ou iguais, sempre em relação ao conceito de referência já existente. Ao preencher toda a matriz, é feita a contagem dos pontos, observando a relação entre pontos positivos e negativos. Ao final do processo é possível classificar as alternativas e selecionar as melhores opções. Por fim, se necessário, podem ser geradas novas alternativas aprimoradas a partir da alternativa vencedora, focando nos pontos negativos ou iguais que tenham sido indicados para este conceito.

5.1.3.1. Seleção da melhor alternativa de package do chassi

Após a geração de alternativas de chassi, foi realizada a seleção da melhor alternativa através do método de Pugh. Como conceito de referência foi selecionada a alternativa número 11 (Figura 34), que corresponde ao tipo de ônibus convencional mais utilizado no Brasil atualmente.

As demais alternativas foram avaliadas comparativamente com o conceito de referência, podendo ser atribuídos as seguintes notas: -3 (muito inferior), -1 (inferior), 0 (igual), +1 (superior) e +3 (muito superior). Foram comparados 6 quesitos considerados relevantes para o cumprimento dos objetivos do projeto. São eles: número de passageiros, conforto para os usuários, custo, manobrabilidade, conforto para o operador e versatilidade.

Após a atribuição das notas, foram somados os 6 quesitos de cada alternativa, sendo classificados de acordo com sua nota total. Os resultados completos podem ser conferidos abaixo na Tabela 10:

Tabela 10: Matriz de seleção de alternativas do chassi

| Quesitos | 11 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 13 |
|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Número de passageiros | - | +1 | +1 | +3 | +1 | +3 | 0 | +3 | +1 | +3 | +1 | -1 | 0 |
| Conforto usuários | - | +1 | +3 | +3 | 0 | +1 | +1 | 0 | +3 | +3 | +3 | +3 | +1 |
| Custo | - | -1 | -1 | -3 | -1 | -3 | 0 | -3 | -3 | -3 | -3 | -1 | 0 |
| Manobrabilidade | - | -1 | -1 | -1 | -1 | -3 | 0 | -3 | -1 | -3 | -1 | 0 | 0 |
| Conforto operador | - | +1 | +3 | +3 | 0 | +1 | +1 | 0 | +3 | +1 | +1 | +3 | +3 |
| Versatilidade | - | +1 | +1 | +3 | +1 | +3 | -1 | +3 | +1 | +3 | +1 | -1 | 0 |
| Total | - | 2 | 6 | 8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 |

Fonte: Autor

Como é possível observar, a alternativa número 3 obteve a melhor avaliação com um total de 8 pontos. A solução consiste em um ônibus urbano de dois andares e com uma articulação, sendo o piso do tipo baixo e com motor traseiro. Em segundo lugar ficou a alternativa número 2 com 6 pontos, e em terceiro, empatadas com 4 pontos, as alternativas 8, 9 e 13.

Apesar de selecionada, a alternativa escolhida ainda pode sofrer alterações visando atender ainda mais os requisitos do projeto, podendo ser aproveitados quesitos e soluções de outras alternativas que tenham recebido avaliações positivas em determinados tópicos.

5.1.3.2. Seleção da melhor alternativa do interior

Na aplicação do método de Pugh para a seleção da melhor alternativa do interior do veículo, foi escolhido como conceito de referência a alternativa número 1

(Figura 35). A solução corresponde ao salão de passageiros de ônibus convencionais no Brasil.

As notas foram atribuídas seguindo o mesmo critério e classificação da seleção de alternativas do chassi, mudando apenas os quesitos avaliados, que foram os seguintes: número de passageiros, largura do corredor, facilidade de circulação, posição dos assentos, entrada e saída do veículo e manutenção e limpeza de componentes.

As 7 alternativas restantes foram avaliadas comparativamente de acordo com os quesitos e classificadas de acordo com a somatória de suas notas. O resultado completo pode ser conferido na Tabela 11 abaixo:

Tabela 11: Matriz de seleção de alternativas do salão de passageiros

| Quesito | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Número de passageiros | - | 0 | -1 | -3 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Largura do corredor | - | 0 | +1 | +3 | +1 | 0 | +1 | +1 |
| Facilidade de circulação | - | 0 | +1 | +3 | +1 | -1 | +3 | +1 |
| Posição dos assentos | - | 0 | -1 | +3 | -1 | -3 | -1 | +1 |
| Entrada e saída | - | +1 | -1 | 0 | +1 | -1 | +1 | 0 |
| Manutenção e limpeza | - | 0 | +1 | +3 | -1 | -3 | +1 | +1 |
| Total | | 1 | 0 | 9 | 0 | -9 | 4 | 3 |

Fonte: Autor

A alternativa selecionada foi a número 4, com um total de 9 pontos, seguida pela alternativa número 7 com 4 pontos e a alternativa número 8 com 3 pontos. A solução escolhida pode ser adaptada de acordo com as configurações e dimensões

do projeto, e ainda receber melhorias ou conceitos de outras soluções avaliadas positivamente, visando o maior atendimento dos requisitos de projeto possível.

5.2. Geração de alternativas da carroceria

A geração de alternativas da carroceria consiste em soluções para visual externo e interno da carroceria do ônibus. O processo ocorreu simultaneamente com a geração de alternativas do interior e do chassi, permitindo assim uma maior exploração das alternativas sem considerar ainda limitantes relacionados às definições técnicas do veículo.

Sendo assim, foram geradas e selecionadas alternativas de acordo com os componentes mecânicos e dimensões, visando o atendimento dos objetivos do projeto.

5.2.1. Painéis semânticos

Para auxiliar na geração de alternativas, foram elaborados painéis semânticos sobre temas visuais e aspectos dos usuários de ônibus urbanos. Segundo Baxter (2000), o uso deste tipo de ferramenta serve de referência para a geração de alternativas.

Foram gerados três painéis semânticos que podem ser conferidos nas Figuras 36, 37 e 38 abaixo. O primeiro e o segundo trazem referências de produtos similares, conceitos e tendências, separados entre visual externo e interno. Sendo assim, foram utilizadas imagens de ônibus atuais, protótipos experimentais e também de caminhões, que possuem proporções bastante semelhantes ao de ônibus urbanos e visuais diferenciados.

Já o terceiro painel representa o estilo de vida dos usuários e o que o transporte coletivo por ônibus representa para eles, explorando assim os valores simbólicos do ônibus a ser projetado. Foram utilizadas imagens que representam a relação entre casa, trabalho e estudo do usuário, tempo e aproveitamento da viagem através da leitura ou outras atividades.

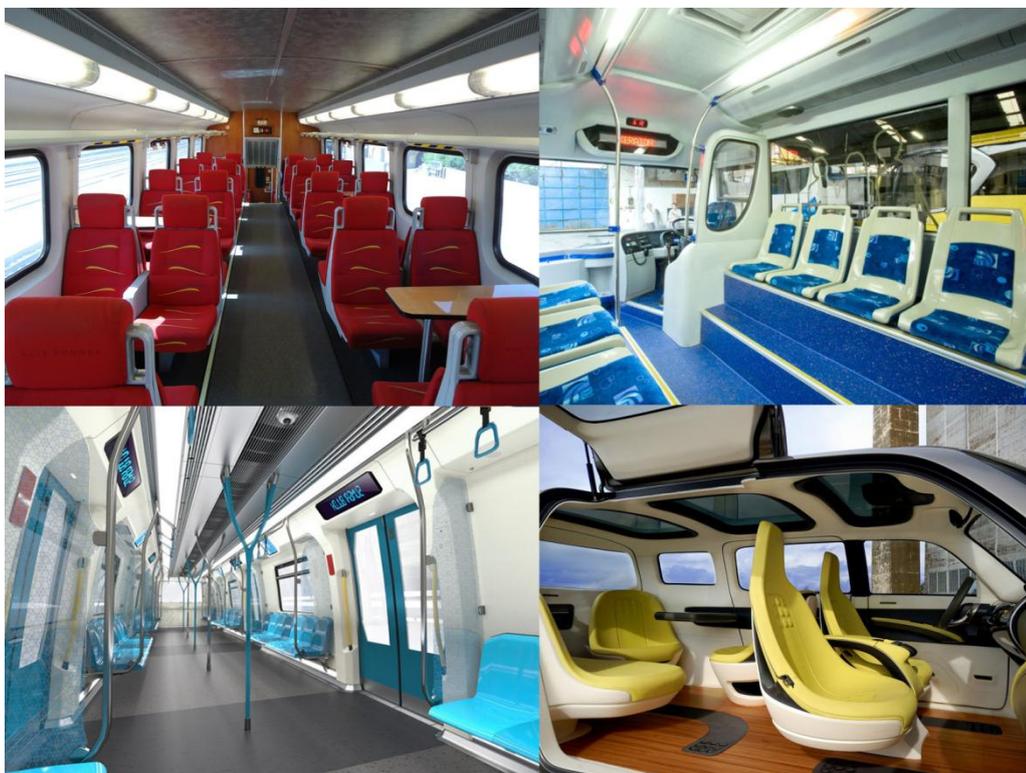
Com os painéis semânticos elaborados, foi possível então iniciar a geração de alternativas para o visual externo e interno da carroceria do ônibus.

Figura 36: Painel semântico do tema visual externo



Fonte: Imagens compiladas pelo autor

Figura 37: Painel semântico do tema visual interno



Fonte: Imagens compiladas pelo autor

Figura 38: Painel semântico estilo de vida do usuário



Fonte: Imagens compiladas pelo autor

5.2.2. Geração de alternativas

Foram geradas alternativas da aparência externa e de componentes do interior do veículo através de desenhos manuais, seguindo os parâmetros do projeto definidos anteriormente. Sendo assim, a geração de alternativas foi limitada por restrições de materiais, processos produtivos e legislação. Apesar disso, foram buscadas formas diferenciadas e que proporcionassem um visual atrativo para o veículo.

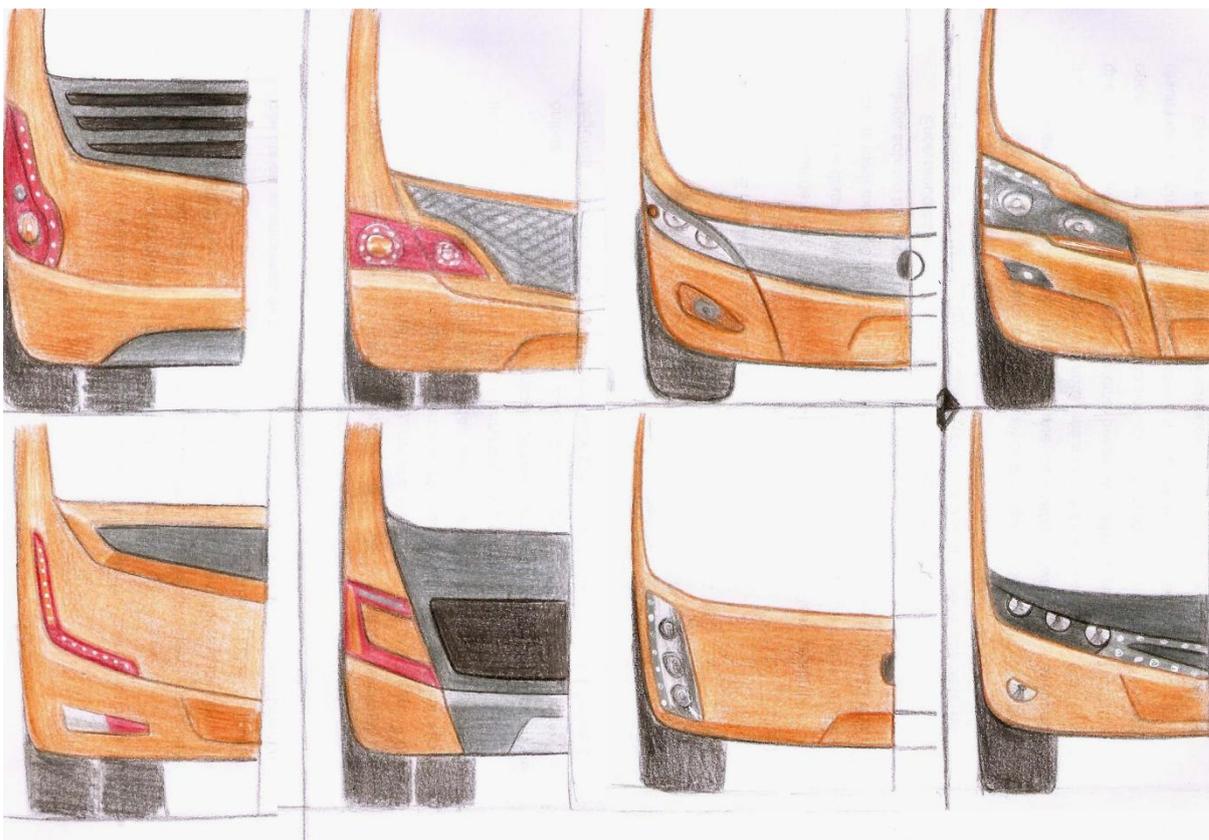
As principais alternativas geradas e selecionadas podem ser conferidas nas Figuras 39, 40 abaixo:

Figura 39: Desenhos do interior



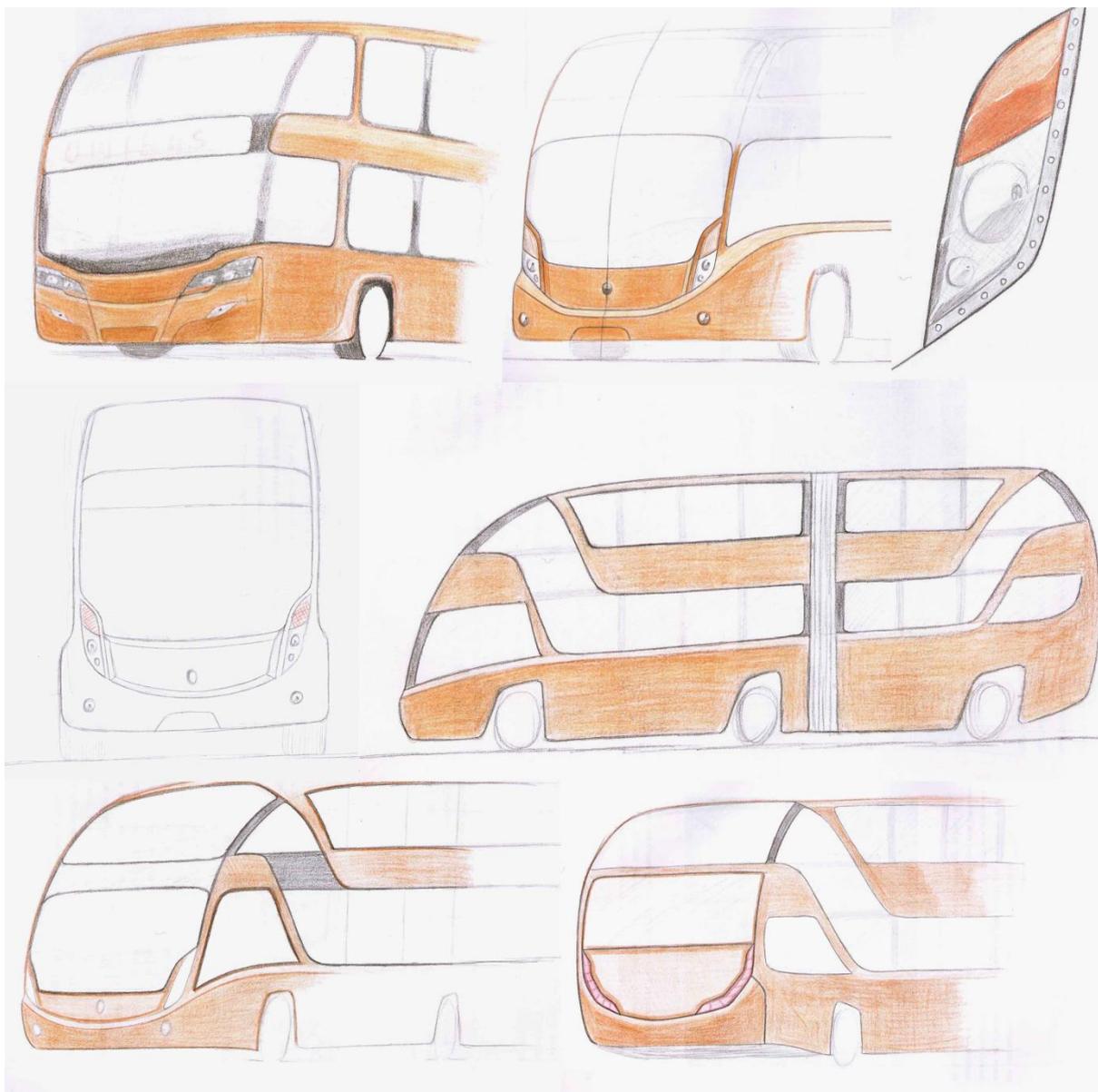
Fonte: Autor

Figura 40: Alternativas de traseira de dianteira



Fonte: Autor

Figura 41: Geração de alternativas diversas



Fonte: Autor

Como é possível observar, não foi gerado um grande número de alternativas. No entanto, as opções geradas permitiram avaliar quesitos estéticos como a posição de faróis, lanternas, área envidraçada e composição geral do veículo. Sendo assim, as alternativas obtidas foram suficientes para direcionar a geração de alternativas para uma solução estética de acordo com o restante do projeto.

Outros desenhos esquemáticos e mais simples também foram executados, porém, devido à baixa relevância para o projeto, foram omitidos, preservando assim apenas os esboços mais importantes.

5.2.3. Definição da solução final

A solução final da carroceria consiste em uma combinação das alternativas geradas anteriormente. O desenho externo consiste em linhas fluidas, com vincos demarcados na carroceria e uma discreta linha de ombro na lateral da carroceria.

Na dianteira o destaque são os grandes faróis na posição vertical, que contribuem para diminuir a sensação da altura do veículo. A lateral por sua vez é marcada pela grande área envidraçada, com transições entre os dois pavimentos na parte dianteira e traseira, seguindo a posição das escadas que levam para o segundo piso.

A traseira segue os esboços apresentados na geração de alternativas, com lanternas com luzes do tipo LED, de maneira a formar um conjunto bastante fino e esguio. Complementam ainda a traseira o espaço para anúncios publicitários e as saídas de ar necessárias para a refrigeração do motor.

As principais linhas do exterior do veículo podem ser conferidas na figura 42 abaixo. A ilustração digital elaborada servirá de referência para a modelagem final da carroceria em software 3D, bem como as alternativas geradas de componentes do interior, como assentos e o posto do motorista.

Figura 42: Ilustração digital do exterior



Fonte: Autor

6. DETALHAMENTO E COMUNICAÇÃO DO PROJETO

O detalhamento e comunicação do projeto consiste na última grande etapa do projeto, na qual são desenvolvidos todos os quesitos necessários para a finalização do veículo. Nesta etapa são especificados todos os componentes técnicos e dimensões, é executada a modelagem em software 3D do produto e também o modelo real em escala reduzida. Por fim são feitas as considerações finais e avaliação final do projeto.

6.1. Descrição da solução final

O produto final desenvolvido para atender os objetivos do presente projeto consiste em um ônibus urbano articulado com dois pavimentos. Esta configuração foi escolhida visando um melhor aproveitamento do espaço horizontal utilizado pelo veículo. O primeiro pavimento possui foco na circulação dos passageiros, facilitando assim o embarque e desembarque dos usuários, enquanto o segundo pavimento possui o maior número possível de assentos para proporcionar conforto para quem realizar uma viagem mais longa.

Os componentes técnicos utilizados foram selecionados de acordo com as opções disponíveis no mercado atualmente, e possuem características que priorizam o conforto de passageiros e operadores. Os principais aspectos da legislação vigente no Brasil foram observados e seguidos, exceto pela altura máxima permitida para ônibus urbanos que foi superada, mas permaneceu dentro do limite para veículos em geral que é de 4,40 metros.

Buscou-se o maior detalhamento possível de componentes internos e externos do veículo, a fim de gerar uma solução final completa e dentro da realidade de ônibus urbanos no Brasil.

A título de identificação do produto, foi atribuído a ele o nome de “2+2”, com caráter técnico e não comercial, já que representa a configuração de 2 pavimentos e duas seções distintas (dianteira e traseira). O desenvolvimento de uma marca e nome comercial para divulgação ficam em aberto para o prosseguimento futuro do projeto.

6.2. Características técnicas

Os componentes técnicos escolhidos para o projeto foram determinados de acordo com os itens pesquisados anteriormente na fundamentação teórica e análise de similares, sempre buscando o equilíbrio entre os benefícios gerados para os usuários e os custos de produção e manutenção, atendendo assim aos principais objetivos do projeto.

Foram definidas as configurações de motor, caixa de câmbio, rodas, pneus, freios, suspensão e chassi, baseadas em modelos e características já existentes no mercado atualmente. Por se tratar de um ônibus urbano, que permite diversas outras configurações de carroceria e tamanho, é possível que outros componentes mecânicos sejam utilizados alternativamente, sendo esta a sugestão de características técnicas para a versão padrão articulada com dois pavimentos.

6.2.1 Motor

O sistema de propulsão escolhido para equipar o veículo é do tipo híbrido em paralelo, que combina um motor Diesel de 4 cilindros e baixa litragem com um sistema de motor elétrico e baterias. A potência gerada pelos dois propulsores varia de acordo com as especificações de cada fabricante. Como referência, foi utilizado o sistema fabricado pela Volvo, que gera 370 cavalos de potência, sendo 210 provenientes do motor Diesel e 160 do motor elétrico (VOLVO, 2014), sendo esse desempenho adequado para as características do presente projeto.

O motor elétrico atua principalmente em baixas rotações e velocidades, enquanto o motor diesel fica responsável por desenvolver rotações e velocidades mais altas. A combinação destes dois sistemas permite um maior aproveitamento e eficiência de cada tipo de motor, resultando em um menor consumo de combustível e desgaste de componentes.

O sistema híbrido proporciona ainda níveis menores de emissões de poluentes, ruídos e vibrações, o que significa um maior conforto para passageiros e operadores. Os sistemas de híbridos em série ou totalmente elétricos foram cogitados, mas o sistema de híbrido em paralelo se mostra como uma tendência atualmente, sendo produzido e testado por diversas fabricantes de chassis de ônibus.

6.2.2. Caixa de câmbio

A caixa de câmbio escolhida é do tipo automática, com 6 velocidades e gerenciamento eletrônico em conjunto com o sistema de propulsão híbrido. O sistema proporciona um maior conforto para o motorista e menor desgaste dos componentes, o sistema do tipo automático é ainda uma exigência da legislação brasileira para ônibus do tipo articulado (ABNT, 2009).

6.2.3. Suspensão

A suspensão utilizada no veículo é do tipo totalmente pneumática, controlada eletronicamente, com barras estabilizadoras e de reação. Por se tratar de um ônibus com dois pavimentos e altura elevada, é essencial o uso deste tipo de suspensão que permite diversas regulagens, possibilitando a variação de altura em relação ao solo para manobras, embarque de passageiros e transposição de obstáculos na via.

O modelo escolhido proporciona maior conforto para os usuários e uma diminuição dos impactos transferidos aos passageiros. O sistema atende a legislação brasileira, que determina o uso de suspensão parcialmente ou totalmente pneumática em ônibus articulados (ABNT, 2009).

6.2.4. Freios

O sistema de freios escolhido é do tipo a disco com sistema antitravamento (ABS). Este tipo de freio proporciona maior segurança e durabilidade dos componentes, sendo o sistema de ABS obrigatório em todos os ônibus urbanos articulados de acordo com a legislação brasileira (ABNT, 2009).

Foram adicionados ainda sistemas complementares, como o freio de porta, sistema de frenagem inteligente, que combina o freio de serviço com o freio motor, e sistema de recuperação de energia em frenagens, que gera e armazena energia através do sistema de freios.

Todos estes sistemas foram escolhidos visando sempre a maior segurança, conforto, eficiência e durabilidade do veículo, de acordo com as possibilidades técnicas e componentes disponíveis no mercado atualmente.

6.2.5. Rodas e Pneus

O conjunto de rodas e pneus escolhido segue o padrão utilizado nos ônibus e veículos de carga disponíveis no mercado atualmente. Sendo assim, todas as dimensões, formas e detalhes foram executados de acordo com os modelos já existentes.

A roda utilizada no conjunto consiste em um modelo de aço estampado, com 22,5 polegadas de diâmetro e 8 polegadas de largura, e 10 parafusos para fixação. O modelo escolhido permite sua utilização nos eixos direcionais, de tração e de apoio, com a possibilidade de uso em par para eixos com rodado duplo, sem necessidade de adaptação, bastando para isso o uso de pneus adequados para cada tipo de aplicação.

O pneu escolhido para o uso em conjunto com o modelo de roda, possui especificação 275/80R22,5, que representa um pneu com largura de 275 milímetros, perfil lateral de 80% da largura (220 milímetros) e diâmetro interno de 22,5 polegadas. Podem ser utilizados diversos modelos e fabricantes que disponibilizam componentes com essas características, permitindo assim o uso adequado para cada eixo do veículo e aplicação.

O visual do conjunto poderia ter sido modificado em busca de uma estética diferenciada, porém não haveria nenhuma outra vantagem para operadores e passageiros, e ainda geraria um maior custo de fabricação, manutenção, reparo e reposição, já que os modelos atuais são largamente utilizados no mercado e contam com uma gama enorme de produtos com as mesmas especificações para reposição e reparo. Sendo assim, optou-se por manter as configurações já existentes.

6.2.6. Chassi

O chassi utilizado no projeto é do tipo treliçado com piso baixo. Por se tratar de um veículo articulado, a sua estrutura é dividida em duas partes, a dianteira e a traseira, que são conectadas por uma rótula de ligação.

O chassi e a estrutura da carroceria foram modelados em software 3D, seguindo os padrões e dimensões utilizados em produtos já existentes, visando à maior aproximação com a realidade possível, para posteriormente ser executada uma análise estrutural de resistência dos componentes. Foram previstos os

posicionamentos dos principais componentes mecânicos, bem como seu funcionamento em conjunto com o chassi e a carroceria do veículo.

É importante ressaltar, no entanto, que no mercado brasileiro atual existem diversas opções de fabricantes que disponibilizam vários modelos de chassis para ônibus urbanos, com configurações personalizadas e que permitem que seja utilizado um produto já existente para o presente projeto, sem a necessidade de um projeto mais detalhado e construção de um chassi especificamente para o veículo projetado.

6.2.7. Análise estrutural

Com o objetivo de realizar um estudo sobre peso, dimensões, resistência e materiais do veículo, foi realizada uma análise estrutural de resistência virtual do chassi e da estrutura da carroceria.

Este processo consiste na modelagem em software 3D dos componentes, com as formas e volumes mais próximas da realidade possíveis, para posteriormente a realização de uma simulação e otimização de parâmetros, como o fator de segurança, resistência à tensão e peso total.

O estudo executado, no entanto, não possui nenhum valor científico e deve ser considerado apenas como um exercício complementar ao projeto, pois o projeto e construção do chassi e carroceria de um veículo exigem engenheiros especializados e diversos outros conhecimentos específicos, pois lidam diretamente com a segurança do produto e usuários.

6.2.7.1. Modelagem do chassi

A modelagem 3D do chassi e da estrutura da carroceria foi executada no software de modelagem paramétrica SolidWorks 2012. De acordo com as características dos chassis da análise de similares, foram utilizados tubos com perfil retangular, dispostos de forma treliçada.

Os componentes foram desenhados de acordo com as dimensões da carroceria e do package definido, tendo assim suas dimensões e formas adequadas e compatíveis com as formas gerais do veículo.

Foram feitas diversas versões do chassi e da estrutura da carroceria, partindo de um modelo base simplificado e efetuando melhorias de acordo com os resultados das simulações de resistência de cada componente, sendo finalizado quando os índices de resistência, fator de segurança e peso total obtiveram um maior equilíbrio possível.

6.2.7.2. Materiais

Os materiais para a simulação de resistência dos componentes foram escolhidos seguindo o padrão utilizado nos similares já existentes no mercado. Sendo assim, no chassi foi utilizado o aço como material e na estrutura da carroceria foi selecionado o alumínio.

O tipo específico de cada material foi selecionado de acordo com a biblioteca disponível no software onde foi efetuada a simulação dos componentes. Para isso foram consultados catálogos de materiais para a escolha do tipo que mais se aproximasse às aplicações dos componentes testados, evitando assim o uso de materiais com características e desempenho muito distantes dos utilizados na realidade.

As características gerais dos materiais selecionados podem ser conferidas na Tabela 12 abaixo:

Tabela 12: Materiais selecionados

| Parâmetro | Aço AISI 1045 | Liga de alumínio 6063-T6 |
|----------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Tipo de modelo | Linear elástico isotrópico | Linear elástico isotrópico |
| Limite de escoamento | 530 MPa | 215 MPa |
| Resistência à tração | 625 MPa | 240 MPa |
| Densidade | 7859 Kg/m ³ | 2700 Kg/m ³ |

Fonte: SolidWorks 2012

6.2.7.3. Simulação

A simulação de resistência dos componentes foi executada no complemento do software SolidWorks 2012, denominado SimulationXpress. Com o auxílio do

SimulationXpress foram definidas as cargas e restrições do modelos, para então executar o estudo de resistência e obter os resultados relativos ao deslocamento máximo sofrido, à tensão de Von Misses, ao fator de segurança e peso total dos componentes.

Foram executados dois tipos de testes, o primeiro no chassi do veículo, onde foi analisada a torção do componente com base nos pontos de apoio da suspensão. Já na estrutura da carroceria, foi realizada uma simulação de compressão do assoalho do segundo pavimento em relação ao restante da carroceria

6.2.6.4. Carga

A carga aplicada nas simulações foi estipulada através de cálculos simples e estimativas relacionadas ao peso do veículo. O cálculo para estabelecer as cargas aplicadas partiu do Peso Bruto Total permitido pela legislação brasileira para ônibus articulados, que é de 26 toneladas. Esse valor foi então dividido por 2, no caso do chassi, por haver a seção dianteira e traseira, e por 4 no caso da estrutura da carroceria, por existir além disso os pavimentos superior e inferior dianteiro e traseiro, resultando assim em 13 toneladas para o chassi e 6,5 toneladas para a estrutura da carroceria.

Para a conversão do peso em uma força, foi multiplicado o valor da massa em quilogramas pela aceleração da gravidade, simplificado de 9.8 m/s^2 para 10 m/s^2 , resultando assim em forças de 130.000 N e 65.000 N. Por fim, para simular uma carga dinâmica através do valor da carga estática, foi utilizado um fator de multiplicação de 3 vezes estabelecido por Pawlowski (1964), resultando assim nos valores finais de 390.000 N para o chassi e 195.000 N para a estrutura da carroceria.

Estas cargas foram aplicadas em dois pontos distintos. No chassi, a face utilizada foi o ponto de apoio da suspensão, simulando assim a torção da carroceria ao passar sobre uma irregularidade na pista. Já para a estrutura da carroceria foi utilizado o próprio assoalho do segundo pavimento, a fim de verificar a resistência à compressão do veículo.

É importante ressaltar que os valores são apenas uma estimativa, e o valor real depende de diversos outros fatores como a distribuição de componentes, processos de produção e montagem, entre outros.

6.2.7.5. Restrições

As restrições do estudo de resistência dos componentes são as faces fixas do modelo, que não se deslocam, fazendo assim com que o chassi do veículo sofra deformação e torção devido à força da carga aplicada em outra face.

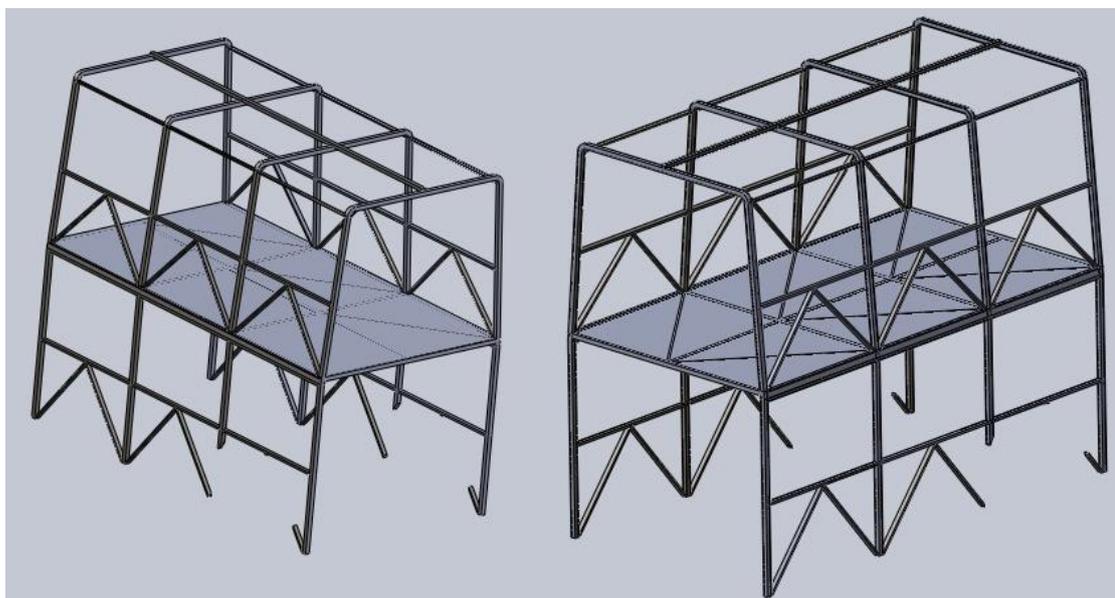
No chassi, as faces escolhidas para a aplicação da restrição de movimentos são os outros três pontos de apoio da suspensão, simulando assim a torção do chassi ao passar por algum obstáculo em desnível na via. A estrutura da carroceria, por sua vez, possui como restrição de movimento todo o assoalho, simulando assim a compressão do componente em relação ao seu próprio peso, acessórios e passageiros.

6.2.7.6. Resultados

Após todo o processo de análise estrutural de componentes do projeto, foi possível chegar a versões finais do chassi e da estrutura da carroceria, com características de desempenho otimizadas para o atendimento das necessidades do veículo.

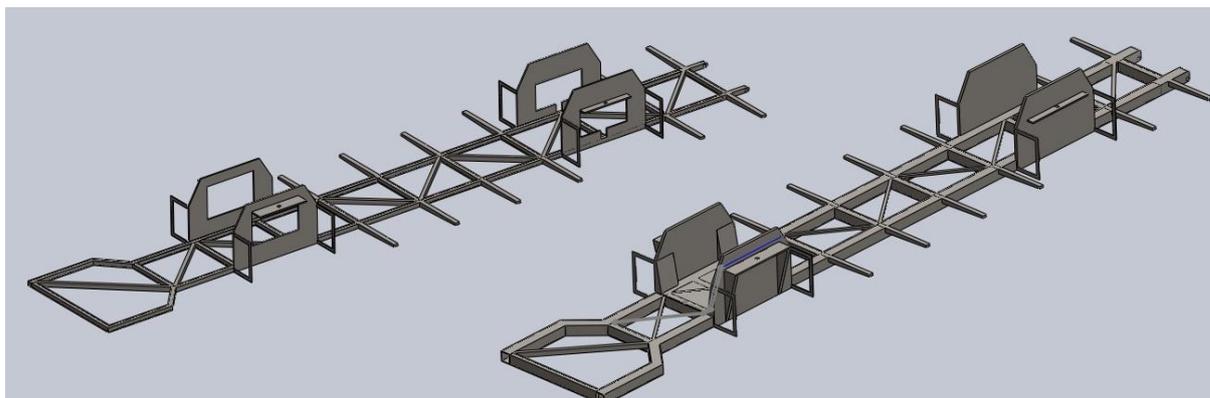
A comparação visual entre os modelos iniciais e finais dos componentes pode ser observada nas Figuras 43 e 44 abaixo:

Figura 43: Comparação da estrutura da carroceria



Fonte: Autor

Figura 44: Comparação do chassi



Fonte: Autor

As modificações realizadas no chassi tiveram como objetivo aumentar o fator de segurança e diminuir o deslocamento provocado pela torção do componente. Através da adição de reforços estruturais e do aumento das dimensões dos componentes do chassi, foi possível aumentar quase 15 vezes o fator de segurança, passando de um valor de 0.07 para 1.03, valor considerado adequado para a simulação. Como consequência destas melhorias, o deslocamento máximo também sofreu redução, passando de 915 mm para apenas 31 mm, uma diferença de quase 3000%. Por outro lado, foi inevitável o aumento da massa total do componente, que cresceu de 1926 kg para 3944 kg, praticamente duplicando sua massa.

Já na estrutura da carroceria, o processo de otimização teve como objetivo a diminuição da massa total do componente, já que desde o modelo preliminar o coeficiente de segurança e o deslocamento se mostraram adequados. Como resultado, a massa do componente sofreu uma redução de 215 kg, dos 545 kg iniciais. Em contrapartida, o deslocamento máximo aumentou de 12 mm para 25 mm e o fator de segurança diminuiu de 2,45 para 1,45. Essas alterações, apesar de diminuir o desempenho do componente, não comprometem sua segurança e o correto atendimento das necessidades do veículo.

O resumo dos resultados de ambas as simulações pode ser conferido na tabela 13:

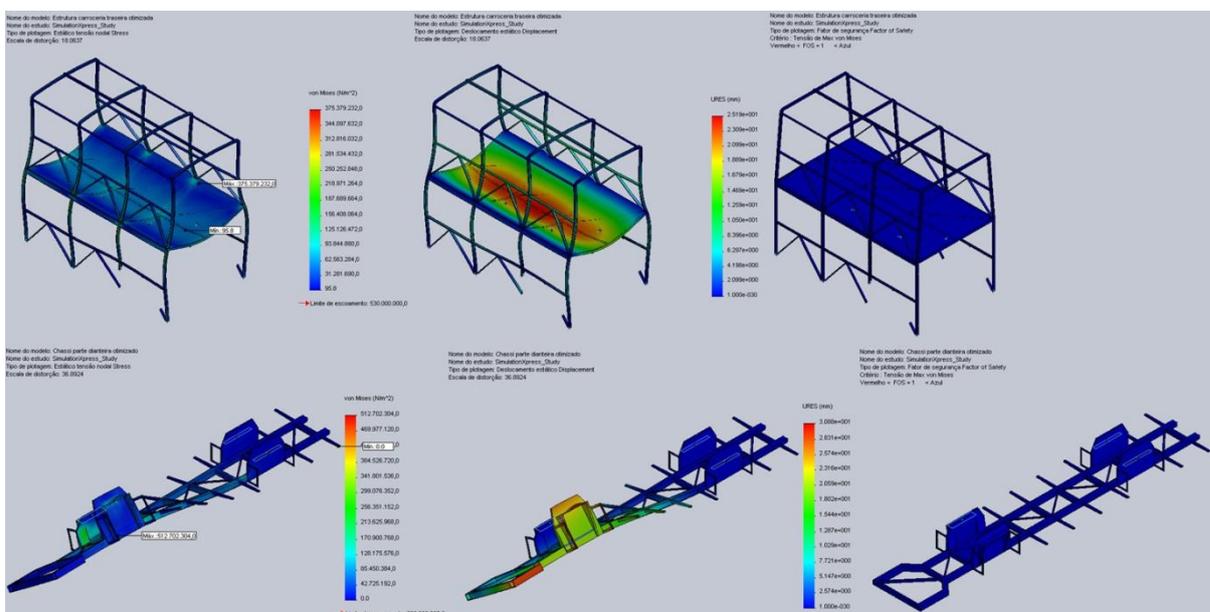
Tabela 13: Resumo dos resultados da análise estrutural

| Parâmetro | Chassi inicial | Chassi final | Estrutura da carroceria inicial | Estrutura da carroceria final |
|---------------------|----------------|--------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Massa | 1926 kg | 3944 kg | 545 kg | 215 kg |
| Deslocamento máximo | 915 mm | 31 mm | 12 mm | 25 mm |
| Fator de segurança | 0.07 | 1.03 | 2,45 | 1,45 |

Fonte: Autor

É possível ainda observar algumas imagens geradas durante o processo de análise estrutural na Figura 45 abaixo:

Figura 45: Imagens ilustrativas da análise estrutural



Fonte: Autor

A realização de toda a análise estrutural possibilitou estimar dimensões e formas de componentes do projeto de forma mais próxima à realidade, com algum fundamento técnico e não apenas esteticamente. Ainda assim é importante ressaltar que o estudo de resistência realizado é apenas um exercício complementar ao projeto e que os projetos reais do chassi e da estrutura da carroceria demandariam estudos muito mais aprofundados e detalhados.

6.3 Package final

O package final do ônibus consiste em uma combinação das soluções escolhidas na geração de alternativas do chassi e do interior. O modelo final possui algumas modificações de acordo com as limitações técnicas, legislação e características próprias do veículo.

6.3.1. Posicionamento de componentes

O posicionamento dos componentes de veículo é resultado da definição do package final do veículo. O sistema de propulsão híbrido, composto por um motor a combustão, um motor elétrico, baterias e sistema de transmissão, ficou situado na parte traseira do ônibus, logo após o terceiro eixo. Esse posicionamento permitiu eliminar o uso de eixo cardan e isolar completamente estes componentes do salão de passageiros, proporcionando assim um menor nível de ruído e vibrações para o interior do veículo. A estimativa volumétrica da disposição do sistema de propulsão pode ser conferida na Figura 46 abaixo:

Figura 46: Posicionamento do sistema de propulsão



Fonte: Autor

Já no interior, o posto de trabalho do motorista e cobrador não foi alterado significativamente em relação aos modelos similares disponíveis no mercado atualmente. Como melhoria, o espaço utilizado por cada operador foi determinado

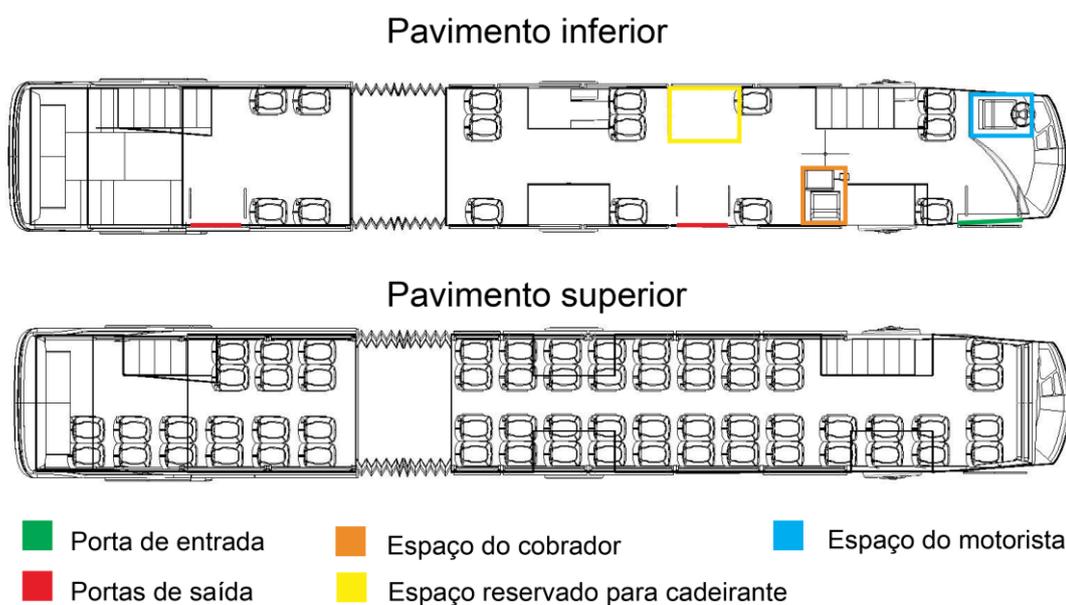
com as dimensões máximas possíveis, permitindo assim um maior conforto e possibilidade de ajustes dos assentos utilizados.

O salão de passageiros, por sua vez, foi dividido em duas grandes áreas, o piso inferior e superior. No primeiro piso as poltronas foram distribuídas de forma a facilitar o embarque, desembarque e circulação de passageiros. Para isso foram utilizados bancos simples em menor quantidade. Já no andar superior foram posicionados o maior número possível de assentos com um corredor mais estreito, já que não é permitido aos usuários viajar de pé nesta área. Foram instaladas ainda duas escadas de acesso ao piso superior, a primeira delas posicionada sobre a caixa de roda dianteira esquerda e a segunda sobre a caixa de roda traseira esquerda, facilitando assim a movimentação nas seções dianteira e traseira.

A combinação do posicionamento destas duas grandes áreas do salão de passageiros permite manter um bom número de passageiros que podem viajar sentados e também facilita a circulação dos passageiros em todo o veículo, evitando assim bloqueios e aglomerações ao redor das portas de saída, por exemplo.

A disposição geral dos componentes do interior do veículo pode ser conferida na Figura 47 abaixo:

Figura 47: Disposição dos componentes do interior



Fonte: Autor

O package geral do veículo pode ser conferido através da Figura 48:

Figura 48: Package geral do veículo



Fonte: Autor

6.4. Ficha técnica

Como forma de resumir e facilitar a consulta das características do ônibus urbano projetado foi elaborada uma ficha técnica com os principais dados do veículo. A ficha técnica completa do ônibus pode ser conferida abaixo no Quadro 18:

Quadro 18: Ficha técnica do ônibus

| Quesito | Ônibus urbano, articulado, dois pavimentos |
|-----------------------------|--|
| Motor | Traseiro, Híbrido em paralelo, motor Diesel 4 cilindros 5.0 e motor elétrico auxiliar. 360 cavalos de potência (estimados) e 163 Kgfm de torque (estimados) |
| Câmbio | Automático, 6 velocidades + Ré, gerenciado eletronicamente, tração traseira no terceiro eixo |
| Peso Bruto Total | 26 toneladas (estimado) |
| Relação Peso/Potência | 13,84 Cv/Tonelada |
| Relação Torque/Potência | 6,26 Kgfm/Tonelada |
| Suspensão, Freios e Direção | Suspensão totalmente pneumática, controlada eletronicamente, freios a disco em todas as rodas, com sistema antitravamento e direção hidráulica do tipo esferas recirculantes |
| Rodas e Pneus | Rodas de aço estampado 8" x 22,5" com pneus 275/80R22,5 |
| Dimensões externas (AxLxC) | 4,38 m x 2,60 m x 18,36 m |
| Capacidade de passageiros | 75 sentados e 61 de pé |

Fonte: Autor

6.5. Aparência externa

O visual externo do veículo seguiu as definições da solução escolhida na geração de alternativas da carroceria. Devido a sua altura elevada, foram utilizados recursos para causar o efeito visual de um veículo mais largo. Na lateral o veículo é marcado por uma linha de cintura pronunciada logo abaixo da área envidraçada do primeiro piso. Na região onde estão situadas as escadas de acesso ao segundo piso foi feita a conexão dos vidros inferiores com superiores.

Na dianteira predominam os faróis verticais, que contam com dupla parábola e luzes de presença de Led. O veículo possui uma frente limpa e com poucos recortes devido a ausência de entradas de ar, já que o conjunto motriz está situado na traseira. Na parte superior dianteira fica situado um para-brisa panorâmico, que proporciona uma boa visibilidade para os passageiros. O contorno na cor preta se conecta aos vidros laterais, gerando assim maior uniformidade no desenho do veículo.

A traseira por sua vez possui lanternas em forma de “L”, contornada pelas saídas de ar do motor. Na parte inferior, uma peça na cor preta simula um extrator de ar e ajuda a reduzir a sensação de altura. A parte superior da traseira possui pintura na cor preta que se conecta com as laterais, assim como na dianteira, produzindo o mesmo efeito visual. O espaço para peças publicitárias foi mantido na posição central, assim como em ônibus convencionais.

O resultado final do conjunto se caracteriza por linhas harmônicas e superfícies lisas, com um visual diferenciado devido à linha de cintura pronunciada e as conexões entre áreas envidraçadas distintas. Apesar disso, suas formas não demandam uma mudança significativa no processo produtivo do veículo, sendo possível chegar às formas estipuladas utilizando os mesmos materiais e processos de produção empregados em ônibus convencionais, contribuindo assim para manter o preço de produto em um patamar aceitável.

O resultado final da aparência externa do veículo pode ser conferido na seção 6.6., que contém renderings do modelo 3D, e na seção 6.8 através do modelo em escala do ônibus.

6.6. Renderings

A partir do modelo 3D desenvolvido no software SolidWorks 2012, foram executados renderings da aparência externa e interna do veículo, com simulação de materiais, pinturas e texturas de componentes.

As imagens geradas representam o aspecto visual final projetado para o veículo, servindo de referência também para a geração do modelo em escala e proporcionando uma melhor percepção da estética do veículo projetado.

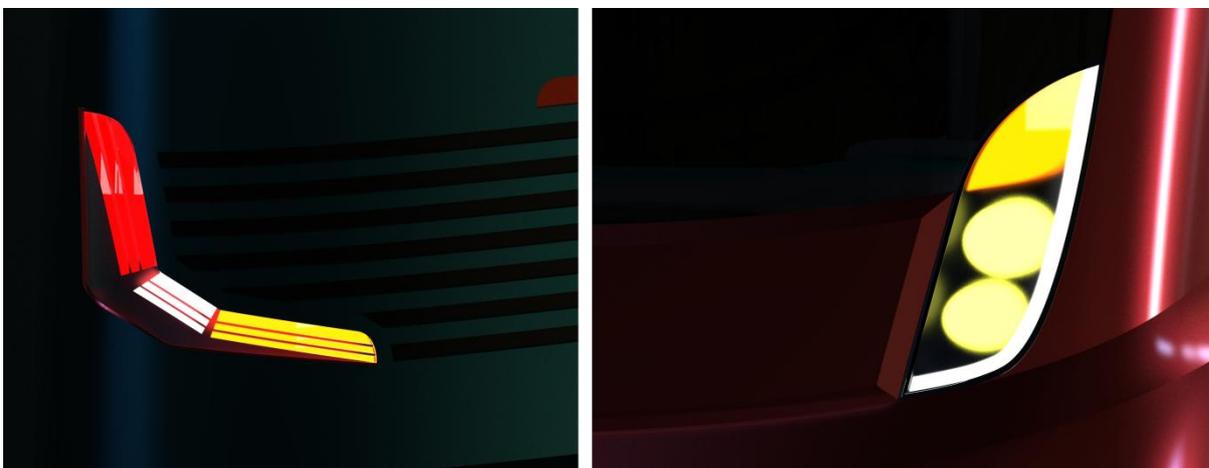
Os renderings gerados podem ser conferidos nas Figuras 49, 50, 51, 52 e 53 abaixo:

Figura 49: Dianteira e traseira do ônibus 2+2



Fonte: Autor

Figura 50: Detalhe da lanterna traseira e faróis dianteiros



Fonte: Autor

Figura 51: Piso superior e inferior do veículo



Fonte: Autor

Figura 52: Caracterização de uso do veículo



Fonte: Autor

Figura 53: Rendering final do ônibus 2+2



Fonte: Autor

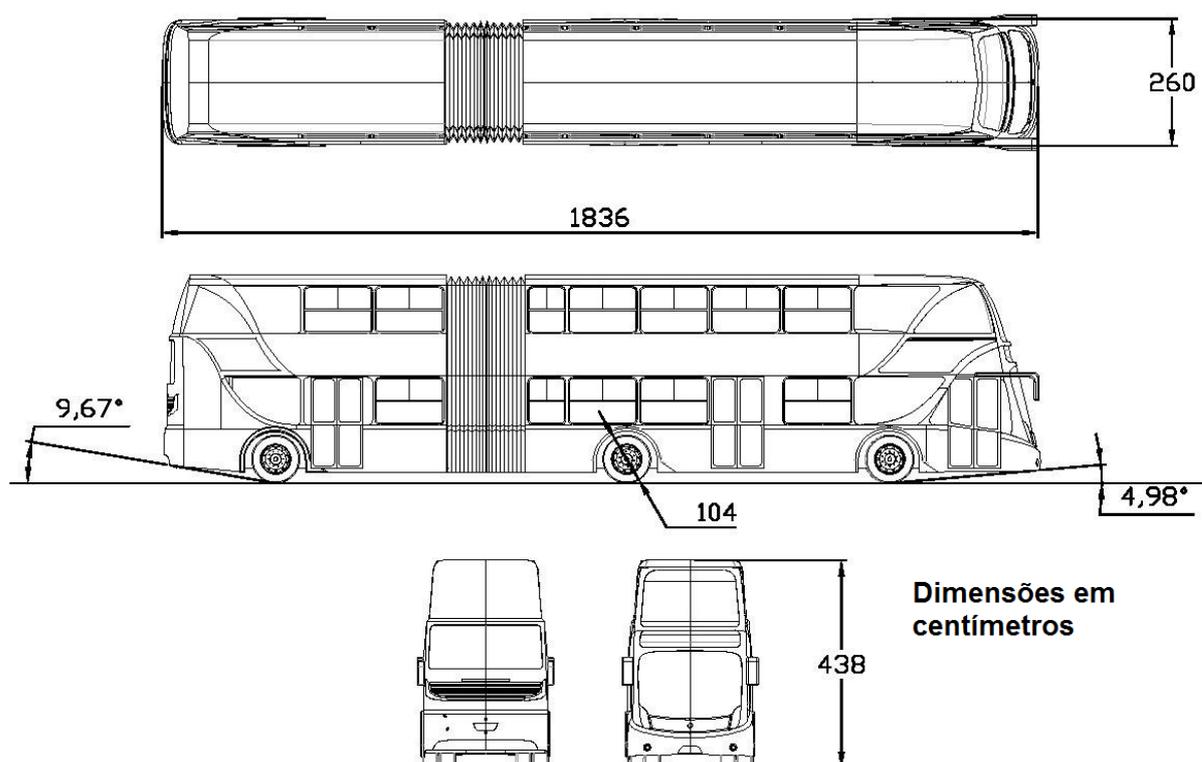
6.7. Vistas ortográficas

A partir da modelagem 3D do produto finalizada, foram geradas vistas ortográficas gerais do veículo e seu interior, apenas com as dimensões principais como altura, largura, comprimento, ângulos e outros.

O detalhamento dos componentes individualmente para produção não foi efetuado, pois dada a complexidade do produto seria inviável executar o detalhamento de centenas de componentes no período estipulado para o projeto.

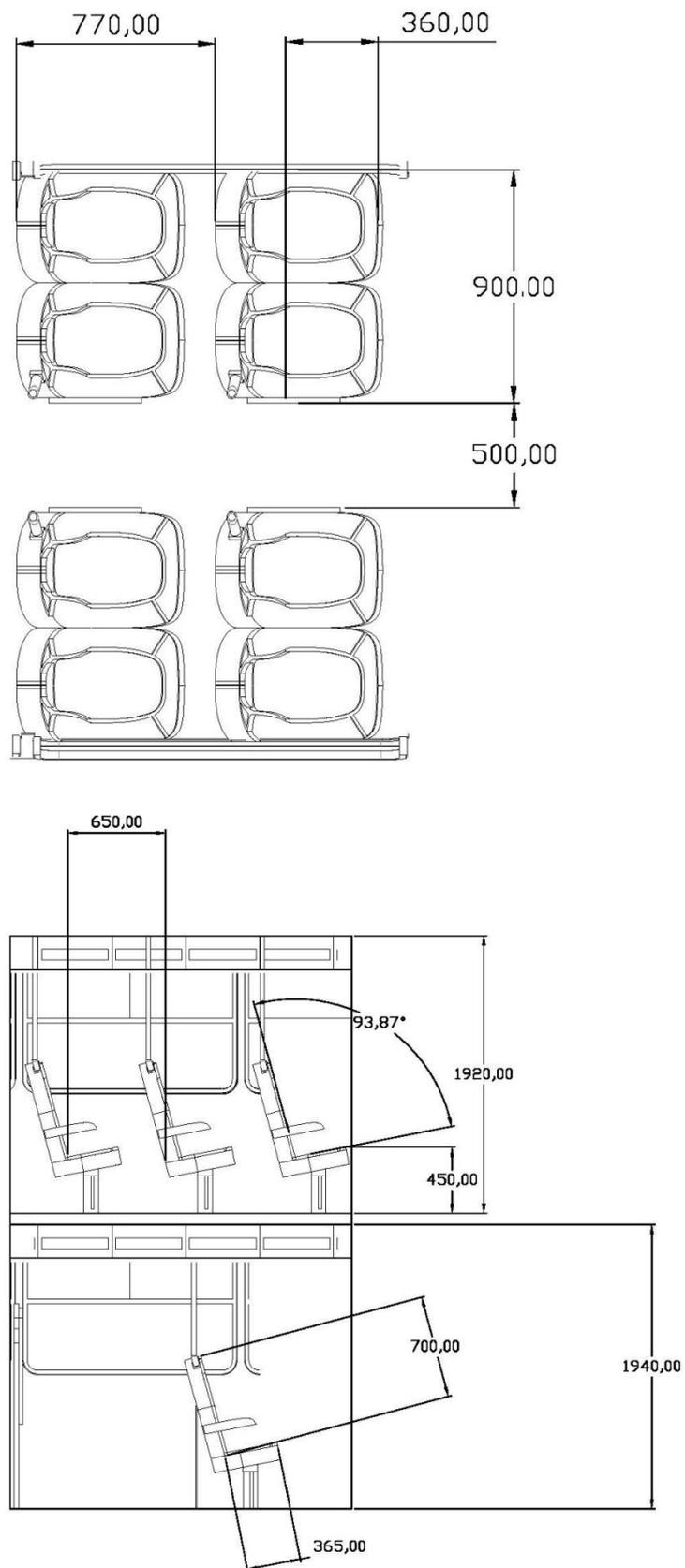
As principais vistas ortográficas do veículo podem ser conferidas na Figura 49 abaixo:

Figura 54: Vistas ortográficas do veículo



Fonte: Autor

Figura 55: Vistas ortográficas do interior



Fonte: Autor

6.8. Modelo físico em escala

Após a finalização da modelagem virtual do ônibus foi iniciada a produção de um modelo físico em escala, para uma melhor análise e verificação do desenho externo do veículo e das proporções de sua carroceria.

O modelo foi construído através de diversas camadas geradas por corte a laser, seguindo desenhos gerados a partir da modelagem tridimensional executada anteriormente. Feito de papel Paraná, o modelo recebeu acabamento com massa acrílica, pintura e adesivos contendo detalhes menores.

A escala utilizada foi de 1:40, pois dada as grandes dimensões do produto, principalmente no comprimento, foi necessário utilizar uma redução considerável.

A execução do modelo físico foi de grande importância, pois permitiu uma melhor observação da volumetria do produto e uma alternativa para a apresentação e divulgação do produto juntamente com a modelagem virtual e os renderings gerados. O modelo produzido pode ser observado na Figura 56 abaixo:

Figura 56: Modelo físico em escala



Fonte: Autor

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O transporte coletivo por ônibus é, sem dúvidas, um sistema muito importante e presente na vida da grande maioria da população brasileira, sendo responsável pelo deslocamento diário de milhões de pessoas que o utilizam para os mais diversos fins. Desenvolver melhorias nos veículos que realizam este serviço se faz necessário para o bem estar, conforto e segurança de seus usuários.

O projeto de um novo modelo de ônibus urbano se mostrou bastante extenso e complexo, pois envolve diversas áreas de conhecimento e atuação. Foi necessário conciliar e administrar o tempo disponível entre o desenvolvimento de componentes mecânicos, interior, carroceria externa, e outros. Sendo assim, o projeto foi detalhado em um nível que permitisse a observação de sua viabilidade produtiva e do funcionamento teórico de seus principais componentes. O detalhamento necessário para considerar o produto pronto para sua produção tornaria o projeto extenso além do prazo estipulado e exigiria diversos outros estudos técnicos e a presença de profissionais de diversas áreas além do Design.

Dada essa complexidade, alguns quesitos não puderam ser completamente explorados, caso dos postos de trabalho do motorista e cobrador, sistema de pagamento da passagem, balaústres e outros, que foram estipulados de acordo com a legislação vigente, sem, no entanto, apresentar melhorias significativas em relação aos produtos similares existentes no mercado. Principalmente nos tópicos relacionados à ergonomia dos usuários e operadores, seria necessário um estudo muito complexo e extenso, que compreenderia análise da tarefa, análise de similares, entrevistas com usuários e diversas outras etapas, que consumiriam um tempo considerável do projeto para que fossem desenvolvidas melhorias significativas no produto. Dessa forma, esses aspectos tornam-se pontos importantes a serem desenvolvidos caso haja uma futura continuidade do projeto.

Um ponto que apresentou dificuldade acima do esperado foi o contato com profissionais relacionados ao mercado e utilização de ônibus urbanos. Houve diversas tentativas de realizar entrevistas e questionários com empresas e pessoas ligadas ao setor, porém nenhuma obteve sucesso. Sendo assim utilizadas fontes alternativas como conversas informais com funcionários, sites especializados em ônibus urbanos e consulta a revistas que abordam assuntos relacionados ao objetivo do projeto.

Apesar destes pontos apresentados, considera-se que o projeto atendeu seus objetivos, resultando em uma proposta de um novo modelo de ônibus urbano que apresenta melhorias e aprimoramentos em relação aos modelos existentes no mercado brasileiro atualmente. Para isso, o projeto cumpre os principais requisitos que foram determinados através de modificações na estrutura do veículo, utilização de dois pavimentos e uma articulação, uso de um sistema de propulsão mais eficiente posicionado em compartimento isolado em relação ao salão de passageiros, posicionamento dos assentos otimizado de forma a permitir maior facilidade de circulação no interior do veículo, e diversas outras melhorias utilizadas opcionalmente em ônibus urbanos como sistema de monitoramento por GPS, itens de segurança passiva e ativa, sistema de climatização, entre outros.

O compromisso assumido de manter o veículo dentro da realidade brasileira em relação ao cumprimento da legislação vigente, processos produtivos, materiais e componentes mecânicos foi realizado de maneira satisfatória. Ainda que isso tenha imposto diversas limitações e restrições, que foram seguidas ou contornadas de maneira alternativa, o projeto proporcionou um produto final consistente e mais próximo da sua aplicação real.

Por fim, é preciso ressaltar que a validação das melhorias propostas no presente projeto demandaria um desenvolvimento muito mais extenso, dada a complexidade e quantidade de componentes presentes em um ônibus urbano, sendo necessários estudos aprofundados, execução de testes controlados e até mesmo a construção de um protótipo funcional em tamanho real, etapas estas que fogem ao escopo de projeto devido à sua complexidade muito mais elevada. No entanto, após todas as etapas do presente projeto, espera-se que o produto aqui desenvolvido seja uma proposta viável de melhoria no transporte coletivo por ônibus no Brasil.

8. REFERÊNCIAS

ABNT. **Norma NBR 15570.** 2009. Disponível em: http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_22.pdf. Acesso em: 01 ago. 2014.

ABNT. **Norma NBR 14022.** 2006. Disponível em: http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_25.pdf. Acesso em: 01 ago. 2014.

ANTP. **Pesquisa de imagem 2012.** 2012. Disponível em: http://www.antp.org.br/_5dotSystem/userFiles/pesquisa-imagem/apres_ANTP_14-08_2013.pdf. Acesso em: 06 ago. 2014.

BACK, Nelson et al. **Projeto integrado de produtos.** Barueri, SP; Manole, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BOSTON ARCHITECTURAL COLLEGE. **Os 5 melhores sistemas de transporte público do mundo.** 2013. Disponível em: <http://upidiomas.wordpress.com/2013/07/05/os-5-melhores-sistemas-de-transporte-publico-do-mundo/>. Acesso em: 29 set. 2014.

BRAIN, Marshall. **How Car Engines Work.** 2014. Disponível em: <http://auto.howstuffworks.com/engine.htm>. Acesso em: 27 set. 2014.

BRASIL, República Federativa do Brasil. **Lei Federal nº 9.503, Código de Trânsito Brasileiro.** Disponível em: <http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/91797/codigo-de-transito-brasileiro-lei-9503-97>. Acesso em: 29 ago. 2014.

CAIO. **CAIO Carrocerias de ônibus urbanos.** 2014. Disponível em: <http://www.caio.com.br/?lg=P>. Acesso em: 13 out. 2014.

CONMETRO. **Resolução nº 1.** 1993. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000117.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2014.

CONTRAN. **Resolução nº 210.** 2006. Disponível em: http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/resolucao_210.rtf. Acesso em: 29 ago. 2014.

EDUCAÇÃO. **Sistema de transmissão.** 2012. Disponível em: <http://www.educacaoetransito.com.br/internaed8.html>. Acesso em: 28 set. 2014.

EMBARQ. **A importância do transporte coletivo por ônibus.** 2013. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2013/05/24/a-importancia-do-transporte-coletivo-por-onibus-2/>. Acesso em: 21 set. 2014.

FABUS. **Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus.** 2014. Disponível em: <http://www.fabus.com.br/index-1.htm>. Acesso em: 04 set. 2014.

FABUS. **Mapa de exportações de carrocerias 2013.** 2013. Disponível em: <http://www.fabus.com.br/pdfs/2013-17.pdf>. Acesso em: 04 set. 2014.

FABUS. **Mapa de produção de carrocerias 2011.** 2011. Disponível em: <http://www.fabus.com.br/pdfs/2011-03A.pdf>. Acesso em: 04 set. 2014.

FABUS. **Mapa de produção de carrocerias 2012.** 2012. Disponível em: <http://www.fabus.com.br/pdfs/2012-03A.pdf>. Acesso em: 04 set. 2014.

FABUS. **Mapa de produção de carrocerias 2013.** 2013. Disponível em: <http://www.fabus.com.br/pdfs/2013-03A.pdf>. Acesso em: 04 set. 2014.

GORNI, Luiz. **Diagnóstico ergonômico: análise da tarefa do motorist para o desenvolvimento de novos arranjos em painéis.** COPPE/UFRJ, 1997.

GUIMARÃES, Iochane. **Um levantamento das demandas ergonômicas em uma empresa de transporte coletivo urbano.** 2012. Disponível em: http://wp.ufpel.edu.br/labserg/files/2014/02/o_guimaraes_2012.pdf. Acesso em: 22 fev. 2015.

HSW. **How Stuff Works.** 2014. Disponível em: <http://www.hsw.uol.com.br/>. Acesso em: 27 set. 2014.

IEA - International Ergonomics Association. **What is ergonomics?.** 2000. Disponível em: <http://www.iea.cc/whats/index.html>. Acesso em: 22 fev. 2015.

ISUZU. **Isuzu Erga Bus.** 2014. Disponível em: http://www.isuzu.co.jp/product/bus/erga_rt/. Acesso em: 29 set. 2014.

IIDA, Itiro. **Aspectos ergonômicos do ônibus urbano.** MIC/STI, 1977.

JADA. **Japan Automobile Dealers Association.** 2014. Disponível em: <http://www.jada.or.jp/contents/data/hanbai/large.html>. Acesso em: 29 set. 2014.

KOMPIER, Michiel. **Bus Driver: Occupational stress and stress prevention.** Universidade de Nijmegen, 1996.

MACEY & WARDLE, Stuart; Geoff. **H-Point, the fundamentals of car design and packaging.** Design Studio Press, 2008.

MARCOPOLO. **Marcopolo Carrocerias de ônibus urbanos. 2014.** Disponível em: <http://www.marcopolo.com.br/marcopolo/>. Acesso em: 13 out. 2014.

MASCARELLO. **Mascarello Carrocerias de ônibus urbanos. 2014.** Disponível em: <http://www.mascarello.com.br/ptb>. Acesso em: 13 out. 2014.

MENEZES, J. B. **Uma proposta de metodologia para arranjo e dimensionamento de estação de trabalho. 1976.** COPPE/UFRJ, 1976.

MERCEDES-BENZ. **Dados técnicos de ônibus urbanos. 2014.** Disponível em: <http://www.mercedes-benz.com.br/onibus/onibus-urbano/dados-tecnicos>. Acesso em: 24 set. 2014.

MNE. **Ministério de Minas e Energia: Ônibus brasileiro a hidrogênio. 2011.** Disponível em: http://www.mme.gov.br/programas/onibus_hidrogenio. Acesso em: 27 set. 2014.

MOB CEARÁ. **Conheça o histórico Projeto Padron. 2014.** Disponível em: <http://mobceara.blogspot.com.br/2014/01/conheca-o-historico-projeto-padron.html>. Acesso em: 22 set. 2014.

NAKANO, Kazuo. **Para especialistas, investimento em transporte público é única solução para trânsito de SP. 2011.** Disponível em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2011-05-01/para-especialistas-investimento-em-transporte-publico-e-unica-solucao-para-transito-de-sp>. Acesso em: 21 set. 2014.

NEOBUS. **Neobus Carrocerias de ônibus urbanos. 2014.** Disponível em: <http://www.neobus.net.br/br>. Acesso em: 13 out. 2014.

NTU. **Anuário 2013/2014.** 2014. Disponível em: <http://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub635424909762848110.pdf>. Acesso em: 04 set. 2014.

NTU. **Museu Virtual do Transporte Urbano NTU.** 2004. Disponível em: <http://www.museudantu.org.br/principal.asp>. Acesso em: 21 set. 2014.

PORTAL DO TURISTA PORTO ALEGRE. **O portal do turismo.** 2014. Disponível em: http://www.portoalegre.travel/site/linha_turismo.php. Acesso em: 31 out. 2014.

PAWLOWSKI, Janusz. **Vehicle Body Engineering.** Business Books, 1964.

PUGH, Stuart. **Creating Innovative Products Using Total Design.** Prentice Hall, 1996.

REVISTA ÔNIBUS. **O transporte coletivo no Brasil.** Mai. 2004. Disponível em: http://revistaonibus.com.br/flip/onibus_26/index.html. Acesso em: 22 set. 2014.

SANTOS, Alda. **Ergonomia dos ônibus urbanos – estudo de caso na cidade de Santos.** 2004. Disponível em: http://bdttd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/11/TDE-2004-11-24T15:30:27Z-252/Publico/DissAPS.pdf. Acesso em: 22 fev. 2015.

SETTRAN. **A história do transporte no mundo.** 2014. Disponível em: http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/9722.pdf. Acesso em: 21 set. 2014.

STIEL, Waldemar Côrrea. **Ônibus: uma história do transporte coletivo e do desenvolvimento.** Comdesenho, 2001.

TECHNIBUS. **100 anos do transporte urbano no Brasil.** Technibus, 1997.

TRANSPORTE MUNDIAL. **Catálogo de ônibus e microônibus 2005.** Motor Press Brasil, 2005.

TRANSPORTE MUNDIAL. **Transporte Mundial Agosto/Setembro.** Motor Press Brasil, 2002.

TRENSURB. **Empresa Trensurb.** 2014. Disponível em: http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=3. Acesso em: 31 out. 2014.

VIA CIRCULAR. **Dados de Chassis e Carrocerias.** 2014. Disponível em: http://viacircular.com.br/site/?page_id=7. Acesso em: 11 out. 2014.

VOLVO. **Dados técnicos de chassis de ônibus urbanos. 2014.** Disponível em: <http://www.volvobuses.com/BUS/BRAZIL/PT-BR/Pages/pt-br.aspx>. Acesso em: 13 out. 2014.

MATERIAL COMPLEMENTAR

APÊNDICE 1 – Questionário aplicado com usuários

Pesquisa realizada pelo aluno Yoshinori Ebina do curso de Design de Produto da UFRGS, com o intuito de realizar um levantamento sobre a qualidade do transporte público por ônibus no Brasil, para ser utilizado no Trabalho de Conclusão do Curso.

Qual a sua idade?

Abaixo de 18 anos

De 18 a 29 anos

De 29 a 44 anos

De 45 a 60 anos

Acima de 60 anos

Qual o seu sexo?

Feminino

Masculino

Qual a sua renda familiar média?

1 - Até R\$ 854,00

2 - Até R\$ 1.113,00

3 - Até R\$ 1.484,00

4 - Até R\$ 2.674,00

5 - Até R\$ 4.681,00

6 - Até R\$ 9.897,00

7 - Até R\$ 17.434,00

Acima de R\$ 17.434,00

Você mora em qual estado e cidade?

Com qual frequência você utiliza o transporte coletivo por ônibus?

6 a 7 dias por semana

5 dias por semana

De 2 a 4 dias por semana

1 vez por semana

Menos de 1 vez por semana

Para realizar quais atividades você usa o transporte coletivo por ônibus?

Trabalhar

Estudar

Atividades de lazer

Outros:

Em uma escala de 0 a 10, que nota você daria para o transporte coletivo por ônibus da sua cidade?

Quais destes problemas, você costuma enfrentar quando anda de ônibus?

Tempo de espera, ônibus atrasados ou adiantados.

Todos os assentos já ocupados.

Superlotação de pessoas em pé nos corredores.

Assentos desconfortáveis.

Dificuldade para se segurar corretamente.

Impactos causados por solavancos, curvas acentuadas, aceleração e freadas.

Transportar volumes como bolsas, mochilas e outros

Ônibus de uma mesma linha circulando juntos, sendo um lotado e outro vazio.

Dificuldade para sentar e levantar no assento da janela.

Ruído, falta de climatização e problemas de higiene.

Dificuldade para entrar e sair do veículo e problemas de mau funcionamento das portas.

Outros:

Dos problemas escolhidos anteriormente, escolha 3 que você considere os mais graves e que devem ser corrigidos imediatamente.

Tempo de espera, ônibus atrasados ou adiantados.

Todos os assentos já ocupados.

Superlotação de pessoas em pé nos corredores.

Assentos desconfortáveis.

Dificuldade para se segurar corretamente.

Impactos causados por solavancos, curvas acentuadas, aceleração e freadas.

Transportar volumes como bolsas, mochilas e outros

Ônibus de uma mesma linha circulando juntos, sendo um lotado e outro vazio.

Dificuldade para sentar e levantar no assento da janela.

Ruído, falta de climatização e problemas de higiene.

Dificuldade para entrar e sair do veículo e problemas de mau funcionamento das portas.

Outros:

Na situação hipotética de todos os meios de transporte oferecerem condições ideais de funcionamento, com variação apenas no custo de cada um, qual das opções você escolheria para realizar suas atividades diárias?

Automóvel ou motocicleta.

Bicicleta

Transporte coletivo

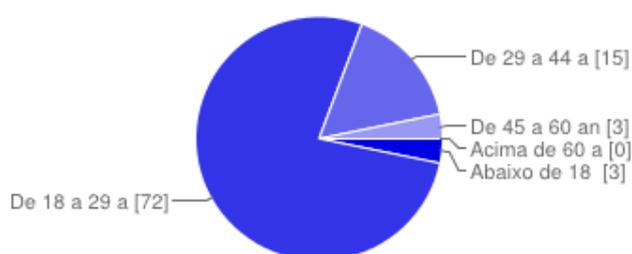
Outros:

Explique a sua preferência da pergunta anterior em relação aos outros meios de transportes.

Espaço para sugestões, relatos e críticas sobre o transporte coletivo por ônibus no Brasil e em quê e como ele pode melhorar.

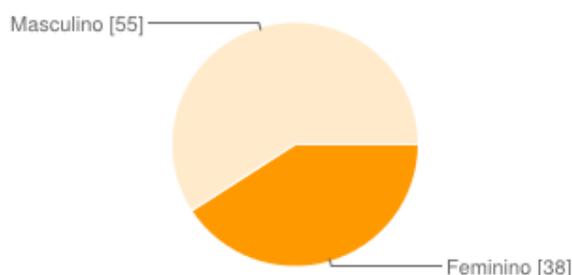
APÊNDICE 2 – Resultados do questionário aplicado com usuários

Qual a sua idade?



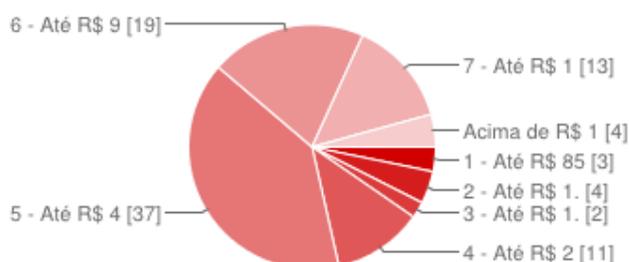
| | | |
|-------------------|----|-----|
| Abaixo de 18 anos | 3 | 3% |
| De 18 a 29 anos | 72 | 77% |
| De 29 a 44 anos | 15 | 16% |
| De 45 a 60 anos | 3 | 3% |
| Acima de 60 anos | 0 | 0% |

Qual o seu sexo?



| | | |
|-----------|----|-----|
| Feminino | 38 | 41% |
| Masculino | 55 | 59% |

Qual a sua renda familiar média?



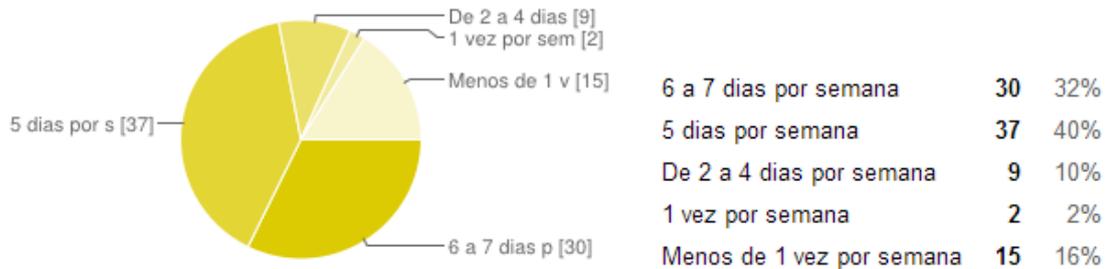
| | | |
|------------------------|----|-----|
| 1 - Até R\$ 854,00 | 3 | 3% |
| 2 - Até R\$ 1.113,00 | 4 | 4% |
| 3 - Até R\$ 1.484,00 | 2 | 2% |
| 4 - Até R\$ 2.674,00 | 11 | 12% |
| 5 - Até R\$ 4.681,00 | 37 | 40% |
| 6 - Até R\$ 9.897,00 | 19 | 20% |
| 7 - Até R\$ 17.434,00 | 13 | 14% |
| Acima de R\$ 17.434,00 | 4 | 4% |

Você mora em qual cidade e estado?

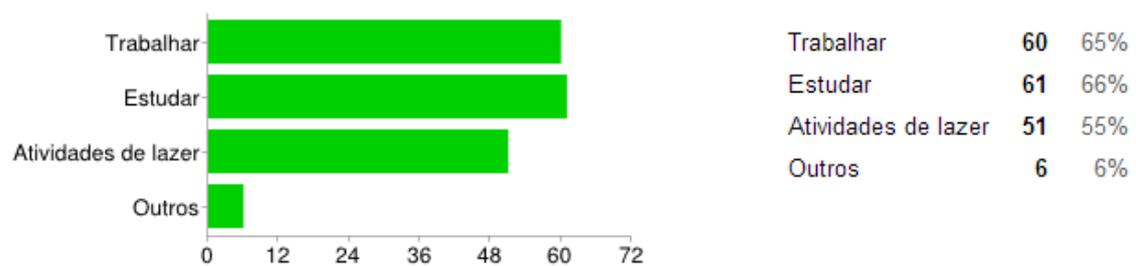
Porto Alegre, RS – (34); Belo Horizonte, MG – (20); São Paulo, SP – (5); Curitiba, PR – (4); Belém, PA – (3); MG, Contagem – (2); Santa Luzia, MG – (2); Rio de Janeiro, RJ – (2); Duque de Caxias, RJ – (1); Sapucaia do Sul, RS – (1); Vitória da Conquista, Bahia – (1); Campina Grande, PB – (1); Sorocaba, SP – (1); Vitória, ES – (1); Santo André, SP – (1); Vila Velha, ES – (1); São José dos Pinhais, PR – (1); Rio Grande, RS – (1); Campinas, SP – (1); Natal, RN – (1); Mongaguá, SP – (1); Raposos, MG – (1); Goiânia,

GO – (1); Viçosa, MG – (1); Magé, RJ – (1); Aracaju, SE – (1); Brasília, DF – (1); Ubá, MG – (1); São Leopoldo, RS – (1).

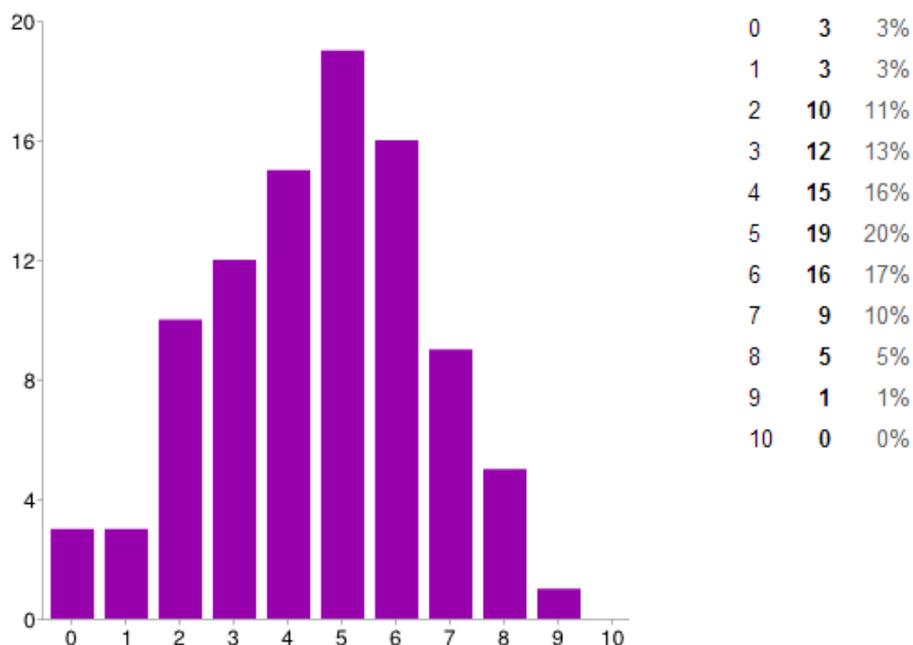
Com qual frequência você utiliza o transporte coletivo por ônibus?



Para realizar quais atividades você usa o transporte coletivo por ônibus?



Em uma escala de 0 a 10, que nota você daria para o transporte coletivo por ônibus da sua cidade?



Quais destes problemas, você costuma enfrentar quando anda de ônibus?



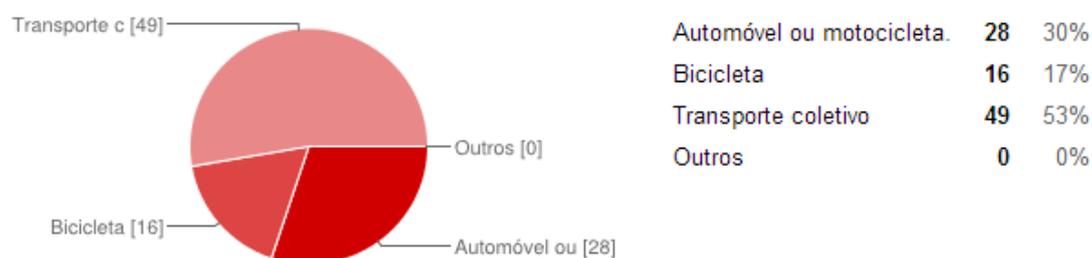
| | | |
|--|----|-----|
| Tempo de espera, ônibus atrasados ou adiantados. | 80 | 86% |
| Todos os assentos já ocupados. | 64 | 69% |
| Superlotação de pessoas em pé nos corredores. | 76 | 82% |
| Assentos desconfortáveis. | 38 | 41% |
| Dificuldade para se segurar corretamente. | 50 | 54% |
| Impactos causados por solavancos, curvas acentuadas, aceleração e freadas. | 64 | 69% |
| Transportar volumes como bolsas, mochilas e outros | 55 | 59% |
| Ônibus de uma mesma linha circulando juntos, sendo um lotado e outro vazio. | 63 | 68% |
| Dificuldade para sentar e levantar no assento da janela. | 38 | 41% |
| Ruído, falta de climatização e problemas de higiene. | 53 | 57% |
| Dificuldade para entrar e sair do veículo e problemas de mau funcionamento das portas. | 33 | 35% |
| Outros | 14 | 15% |

Dos problemas escolhidos anteriormente, escolha 3 que você considere os mais graves e que devem ser corrigidos imediatamente.



| | | |
|--|----|-----|
| Tempo de espera, ônibus atrasados ou adiantados. | 64 | 69% |
| Todos os assentos já ocupados. | 14 | 15% |
| Superlotação de pessoas em pé nos corredores. | 66 | 71% |
| Assentos desconfortáveis. | 12 | 13% |
| Dificuldade para se segurar corretamente. | 6 | 6% |
| Impactos causados por solavancos, curvas acentuadas, aceleração e freadas. | 36 | 39% |
| Transportar volumes como bolsas, mochilas e outros | 10 | 11% |
| Ônibus de uma mesma linha circulando juntos, sendo um lotado e outro vazio. | 21 | 23% |
| Dificuldade para sentar e levantar no assento da janela. | 6 | 6% |
| Ruído, falta de climatização e problemas de higiene. | 25 | 27% |
| Dificuldade para entrar e sair do veículo e problemas de mau funcionamento das portas. | 6 | 6% |
| Outros | 5 | 5% |

Na situação hipotética de todos os meios de transporte oferecerem condições ideais de funcionamento, com variação apenas no custo de cada um, qual das opções você escolheria para realizar suas atividades diárias?



Explique a sua preferência da pergunta anterior em relação aos outros meios de transportes:

| Resposta | Justificativa |
|-----------------|---|
| 1 | Evitaria congestionamentos |
| 2 | O trânsito ganha fluidez e a viagem ocorre de forma mais rápida sem o acúmulo do estresse pela quantidade de motoristas despreparados. |
| 3 | Não quero dividir espaço com estranhos, prefiro fazer meus trajetos sozinho ou em companhia de quem conheço. |
| 4 | O Transporte Público Ideal é mais acessível e democrático meio de transporte. Um transporte público assim traria o melhor custo-benefício para o usuário. |
| 5 | Acredito que com um padrão de qualidade nos meios de transportes coletivos, o trânsito iria fluir melhor, pois muitos optariam por esse meio e deixariam seus carros em casa, essa é uma opção saudável para meio ambiente. O transporte coletivo tem a vantagem de rotas e vias exclusivas (muitas das vezes), e isso seria um ponto positivo também para os horários. |
| 6 | Exercício e Não polui... E não tem que dividir espaço com um monte de mané mexendo no facebook no celular |
| 7 | Escolheria o transporte coletivo, pois ocupa menos espaço e a velocidade de locomoção é maior. Não escolho o transporte individual, pois ocupa mais espaço. |
| 8 | Ônibus são mais rápidos que bicicletas e por transportarem mais pessoas menos poluentes que carros |
| 9 | Preferiria andar de Bicicleta se o trajeto fosse seguro e curto, pela facilidade de ter o transporte mais barato e menos poluente à mão. No caso de distâncias maiores, o transporte público seria o ideal. |
| 10 | Prático, não preciso me preocupar com o trânsito e nem saber dirigir. |
| 11 | Bicicleta. Pelas questões de independência e por ser mais saudável. |
| 12 | Se fosse seguro andar de bicicleta, eu andaria (seguro tanto ao andar em uma faixa apropriada e respeito dos motoristas de automóveis quanto em ter certeza de não ser assaltada/violentada, o que é ridiculamente comum hoje em dia). Variando apenas em dias de chuva, se tivesse uma ciclovias com área coberta seria perfeito, mas se não tivesse em dias de chuva andaria de ônibus ou trem. |
| 13 | Não ter que lidar com outras pessoas. Rapidez. Conforto. |
| 14 | Prazer e privacidade. |
| 15 | Moro numa cidade plana, com poucos morros, ideal para a construção de ciclovias. Ao mesmo tempo, a cidade para a qual me locomovo (Vitória) é uma ilha 100% ocupada, sendo impossível expandir mais a cidade. Dessa forma, Vitória tem poucas vias de acesso, e com a utilização de bicicletas, o impacto do trânsito seria menor. |
| 16 | Liberdade para transitar e a questão do tempo. Algumas profissões exigem do profissional rapidez para se locomover. |
| 17 | rapidez |
| 18 | Porque nao tem dificuldade para estacionar, é barato, menos preocupações. |

| | |
|----|--|
| 19 | O ideal, na verdade, seria a bicicleta, pois estaria fazendo um exercício enquanto me locomovo. Porém, em uma cidade como Porto Alegre, onde existem vários morros, ficaria complicado usar bicicleta. Por isso, preferiria usar o transporte coletivo. |
| 20 | Facilidade, custo e individualidade |
| 21 | Maior segurança e independência (caso em condições ideais) |
| 22 | Comodidade e economia, se oferecido transporte público de qualidade. |
| 23 | Economia de tempo em relação ao deslocamento da minha residência até o local de estudo e vice-versa e independência das condições climáticas |
| 24 | em condições ideais o uso do transporte coletivo diminuiria o trânsito, a emissão de poluentes, teria um custo menor que o carro e um conforto e agilidade maior que a bicicleta. |
| 25 | Tempo de trajeto menor, pois teria que evitar deslocamentos a pé e baldeações. |
| 26 | Transporte coletivo, pois em condições ideais, seria um transporte rápido e barato que liga toda a cidade, facilitando assim os deslocamentos e tornando menos cansativo o trânsito cada vez mais caótico das grandes cidades. |
| 27 | Devido à quantidade enorme de automóveis e motocicletas circulando nas ruas, e aos corredores exclusivos para ônibus, muitas vezes é mais rápido chegar em algum lugar usando o transporte coletivo. E na minha opinião, as linhas de ônibus em Porto Alegre abrangem a área da cidade de forma razoável, então se tivessem horários mais organizados e adequados e tivessem mais veículos, seria muito mais prático o uso do transporte coletivo. |
| 28 | Na minha cidade em que as distâncias são relativamente curtas, a bicicleta seria a melhor opção, mas infelizmente falta estrutura e segurança, como ciclovias para esse veículo. |
| 29 | Mais barato |
| 30 | Redução do cansaço e do estresse no trânsito, redução dos congestionamentos. |
| 31 | O fato de você não esperar. |
| 32 | Pq tem mais conforto. |
| 33 | Utilizando o transporte coletivo, enquanto estiver em viagem, posso fazer outras coisas como: ler, estudar, ou até mesmo me distrair sem preocupação; coisas que eu não poderia fazer se estivesse utilizando os outros tipos de transportes. |
| 34 | Barato, Saudável e escapa do engarrafamento, mas não uso por não haver condições de se locomover na cidade. |
| 35 | Proximidade com local de trabalho e de estudos. |
| 36 | Se o transporte coletivo for tão confortável e/ou ágil quanto os outros, seria mais cômodo usá-lo do que os outros. |
| 37 | Nada da declarar |
| 38 | Amenizar a questão de trânsito nas grandes cidades e regiões metropolitanas que se encontram em situação caótica, devido ao desproporcional número de veículos em relação as condições de vias adequadas para perfeito escoamento. |
| 39 | Se condições ideais quer dizer sem trânsito, então o melhor é ir de carro. |
| 40 | O transporte coletivo deveria ser mais seguro e confortável. É uma boa opção para quem fica o dia todo fora de casa, no trabalho, faculdade, curso, etc. Não é certo dirigir cansado demais e isso evita acidentes. Ônibus seria o ideal. |

| | |
|----|---|
| 41 | Gosto de motocicleta. |
| 42 | Me leva exatamente onde preciso ir e não a necessidade de esperar pelo transporte. |
| 43 | carros são muito caros e com a situação do transito em porto alegre, não me vejo (atualmente) tendo um veículo próprio para a minha locomoção. Apesar de achar a bicicleta uma boa saída, eu não utilizaria ela como meio de transporte para trabalho, pois acho que, novamente, não me adaptaria à situação do transito em porto alegre, acho perigoso, e também desconfortavel no inverno/verao. O transporte publico proporciona, ao meu ver, maior segurança, menos estresse (é só entrar no ônibus e ser levado), e no meu caso, que moro relativamente perto do trabalho, ele ainda é o maio mais rápido de locomoção do que carro ou bicicleta |
| 44 | Pois não possuo bicicleta aqui em Porto Alegre, e nem teria como ter uma por não ter onde guardar ela. |
| 45 | motocicletas |
| 46 | Ocorrem muitos acidentes graves com ciclistas e motociclistas, automóveis são péssimos para se locomover no trânsito da minha cidade. |
| 47 | facilidade, nao precisar estacionar |
| 48 | O transporte coletivo se funcionasse de maneira correta, seria muito menos cansativo e estressante que dirigir no trânsito das grandes cidades e menos cansativo que bicicleta para longas distâncias. |
| 49 | Praticidade, segurança. |
| 50 | Com todos os tipos de transporte funcionando perfeitamente, sobra de comparação as inerências de cada um e a bicicleta é o único que não polui, desconsiderando sua produção e manutenção. Só fica como contra as consequências do esforço físico, que podem ser facilmente cuidadas. |
| 51 | Creio que um transporte coletivo ideal,isto é, que atenda a demanda do indivíduo e a comunidade com frequência e conforto na mesma proporção dos Automóvel o, motocicleta e Bicicleta.Transporte coletivo gera menos trânsito e assim maior rapidez para chegar ao seu destino. |
| 52 | Não poluente, mais saudável e fácil de estacionar num ambiente hipoteticamente ideal |
| 53 | Seria mais comodo do que carro ou bicicleta, e o custo seria menos que o do carro. |
| 54 | Eu adoraria fazer tudo de bicicleta na verdade... Mas a minha cidade tem muitas lombas, e pra eu ir do meu trabalho praças ou da faculdade pra casa, teria que subir muitas lombas, por isso escolhido o transporte público |
| 55 | Além de ser mais comodo por vc não ter que dirigir, procurar locais para estacionar e ficar tranquilo em questões de segurança do seu veículo particular, é um ótimo meio de poder conhecer novas pessoas e expandir seu círculo social e profissional. |
| 56 | Em condição ideal, o transporte público nos traz menos stress com o transito, além de ser mais barato. |
| 57 | Conforto, rapidez, segurança. |
| 58 | Eu gosto da ideia da Bicicleta, mas acho que não serviria para tudo. Porque as vezes não dá pra suar, está levando coisas pesadas, notebook. Ou a distância é grande. Então eu acabaria usando mais ônibus para circular pela cidade. |
| 59 | Prefiro transporte coletivo, já que é mais prático e passo o dia inteiro fora de casa. |
| 60 | Menor custo |
| 61 | Custo e menor stress se o transporte publico atendesse corretamente |

| | |
|----|--|
| 62 | Pelo conforto minha escolha foi automóvel. |
| 63 | Mais seguro e confiável, já que o mesmo seria meu. |
| 64 | Estudo e trabalho longe de casa |
| 65 | Prefiro a bicicleta para usar diariamente, pois não me desloco para locais a grande distância da minha casa, não a utilizo em prática, pois o trânsito é muito agressivo e tenho medo de sofrer algum acidente durante o deslocamento, por isso vou sempre a pé. Em termos nos automóveis e motocicletas, não tenho carro, e não sou uma exímia motorista, preferindo meios em que matar outras pessoas não é uma opção, e que poluam menos. Além disso, estacionar é um problema. Transporte coletivo é a minha segunda opção, ou única, quando tenho que me deslocar grandes distâncias. Se não fosse tão caótico e instável eu confiaria mais nesse meio de transporte. |
| 66 | Principalmente de noite, que o risco de ficar sozinha na parada de ônibus é muito grande. Seja em Porto Alegre ou em outras cidades. |
| 67 | Preço. |
| 68 | Com o preço do transporte público em Porto Alegre, consigo ir e voltar da faculdade com toda segurança e conforto do carro. Nenhuma opção me deixa em frente de casa, teria de caminhar no mínimo 5 quadras, porém, moro numa região violenta, geralmente consigo uma carona da parada de ônibus até em casa. Se eu for pegar ônibus que me deixe em frente de casa, ou que eu saia de frente de casa, seriam dois ônibus para ida e dois para volta, sendo que ainda assim teria de caminhar 3 quadras (durante o dia é tranquilo, na noite é perigoso). Seriam 12 reais por dia em ônibus, com esse valor vou e volto da faculdade, pago estacionamento e sobra. |
| 69 | O transporte público, se for de qualidade é a melhor opção de transporte não só pela diminuição de veículos nas ruas mas também é melhor para o meio ambiente pois menos carros irão jogar CO ₂ na atmosfera |
| 70 | Rapidez e conforto |
| 71 | Devido a praticidade do transporte público |
| 72 | Automóvel pelo fato de não depender do acaso de um assalto, por exemplo, o que é algo comum no RJ, e a bicicleta por ajudar na saúde, realizando algum exercício físico. |
| 73 | Não ter que esperar |
| 74 | Em se tratando de uma situação hipotética, não teria problemas em andar com transporte coletivo, apenas pelo fato que nessa situação o transporte coletivo melhor preencheria todos os requisitos que existem em outros meios de transporte. |
| 75 | Menor impacto ambiental Mais eficiente em transportar muitas pessoas |
| 76 | transporte coletivo ideal é prático, seguro e eficiente, não existe motivo pra usar qualquer outro tipo de transporte caso ele seja ótimo. |
| 77 | Cuidado com o meio ambiente |
| 78 | Usaria com muito mais frequência a bicicleta se houvesse respeito no trânsito, ciclovias de qualidade e segurança no momento de estacionar, pois é bom para a saúde, gratuito e mais rápido de chegar ao meu destino. |
| 79 | É grátis e proporciona condicionamento físico: dois benefícios em uma só atividade. |
| 80 | Pois o transporte público aqui em São Paulo é totalmente ridículo, não só os ônibus, mas também os trens e metrô que vivem lotados e com falhas. Apesar do trânsito ser ruim, o automóvel te dará um conforto que nos transportes públicos não te dão. |
| 81 | É o mais barato, ocupa menos espaço urbano, polui menos, não dá dor de cabeça, não precisa ser registrado, não tenho de pagar IPVA... |

| | |
|----|---|
| 82 | Devido à localização da minha casa - longe do centro, e em lombada íngreme - a bicicleta, que seria o preferido, fica inviabilizada. Havendo um transporte público ideal, não faz sentido a utilização de automóveis particulares, se pensarmos em termos ambientais e de funcionamento do trânsito. |
| 83 | economia e praticidade |
| 84 | Menos impacto ambiental e social do que automóvel e uma boa alternativa para percursos longos ou inviáveis a uma bicicleta |
| 85 | É o transporte menos perigoso, mais ecologicamente amigável e proporciona maior vínculo do usuário com o ambiente/ com a cidade. |
| 86 | Eu não me importaria nenhum pouco de andar de ônibus desde que fosse um serviço decente e que houvesse garantia por parte da segurança pública. Andar de bus de noite e sozinha é pedir pra ser assaltada. |
| 87 | Tenho uma bicicleta e aprecio muito usá-la como meio de transporte. |
| 88 | Porque através de um automóvel não tenho tempo de espera, não fico desconfortável e chego mais rápido até meu destino. |
| 89 | Usaria moto pela facilidade ,praticidade e economia |
| 90 | Porque o automóvel e a motocicleta produz mais gastos do que o transporte coletivo. E a bicicleta não é viável, dependendo do lugar em que você está indo. |
| 91 | Preço se houver praticidade equivalente e boas linhas. Ex.: Uso o T9 para ir a PUCRS e essa linha é conhecida pelo itinerário "enrolado". Ela poderia ser bem mais direta. Antigamente acho que existiam duas linhas de T9 e uma delas era mais rápida. Não sei exatamente como funcionava, pois não morava em Porto Alegre na época. |
| 92 | O transporte coletivo seria certamente o meio mais eficiente de se locomover em grandes massas. O grande problema é que no Brasil, tipicamente, ele é muito ruim e caro, fazendo com que o cidadão comum opte pelo transporte individual, mesmo tendo que permanecer em longos congestionamentos. |
| 93 | Uso exclusivo |

Espaço para sugestões, relatos e críticas sobre o transporte coletivo por ônibus no Brasil e em quê e como ele pode melhorar:

| Resposta | Sugestões |
|----------|--|
| 1 | O maior problema é a superlotação, mas não vejo como solucionar isso... |
| 2 | Mais ônibus circulando e respeito aos horários. |
| 3 | Não é que o transporte de Porto Alegre seja o fim do mundo, haha, mas sei que podia ser muito melhor, com indicações de quais ônibus param naquele ponto (por exemplo) ou ter bons mapas das linhas disponíveis (mesmo que só na internet). Do que andei andei em Curitiba, o transporte coletivo pode não ser 100% mas dá para ver uma melhoria contínua, mesmo andando lá pela primeira vez na vida não foi complicado de saber o que parava aonde. (e as estações tubo são GENIAIS como solução para dias frios + evitar aglomeração na hora de entrar nos ônibus.) |

| | |
|----|---|
| 4 | Falta uma organização melhor das linhas, e um metrô para no lugar de alguns corredores de ônibus. São muitas pessoas para poucos veículos, isso só piora com a demora. Terminais onde pagamos as passagens antes de entrar no ônibus, higiene nas paradas (aqui em Poa estão virando moradia de mendigos) e uma climatização. |
| 5 | Muito mais ônibus do que tem atualmente, de preferência todos climatizados. |
| 6 | Nosso transporte coletivo necessita de muitos reparos. Não é justo cobrar valores absurdos de passagens sendo que o serviço não é bom. Se o transporte melhorar em quesitos como: higiene, segurança, superlotação, profissionais mais qualificados, já seria um bom avanço. |
| 7 | Ajustes nas linhas, controle e punição dos atrasos e adiantamentos, itinerários mais inteligentes. Falta ainda segurança na rua para se locomover pela noite da parada de ônibus até a residência. |
| 8 | Pesquise sobre o sistema desenvolvido pelo brt de belo horizonte. o sistema é bem interessante e eu adoraria q fosse desenvolvido em porto alegre. Boa sorte no tcc yoshi! |
| 9 | Acho que a relação preço qualidade é o principal problema aqui em porto alegre. A passagem é cara demais para o estado dos veículos e a quantidade de pessoas que os usam. |
| 10 | Acho que além de melhorar a estrutura física, também é importante conscientizar as pessoas quanto a atitudes que tornariam o transporte publico melhor para todos. Respeitar a lotação máxima do ônibus, o local de parada do ônibus, assentos preferenciais, etc. |
| 11 | Dificuldade para conseguir descer na parada desejada devido à superlotação de passageiros em horários de pico - O aumento da frota de ônibus com acesso de cadeirantes, e assim, duas portas de saída, talvez facilite essa situação quanto à descida, mas não em relação à superlotação; Aumento da frota de ônibus com ar-condicionados devido ao sofrimento dos passageiros em dias de temperaturas altas, mesmo que acarrete em um aumento da passagem; |
| 12 | Acredito que em muitos lugares, principalmente no nordeste, falta uma política de planejamento urbano e uma má distribuição ou insuficiência dos recursos para a área. A tarifa é muito alta e não corresponde às expectativas de qualidade da população. É preciso ocorrer uma discussão séria sobre o tema para melhora e desafogamento nessa área. |
| 13 | Temos que ter mais programas como acontece no exterior, com passes integrados e que durem algum tempo sendo possível pegar mais de um ônibus com a mesma passagem. Também temos de ter uma planilha assídua de tempo que esteja disponível nas paradas. Mais informações quanto as linhas e ônibus nas paradas. |
| 14 | Assaltos, as TVs poderiam indicar as paradas, mostrar localização do ônibus/quanto tempo ele vai demorar para passar nas paradas, menos assentos fixos e mais assentos móveis (daqueles que levantam) assim quando o ônibus estiver muito cheio as pessoas podem todas ficar de pé... BOA SORTE!! ;D |
| 15 | Sistema integrado via satélite para acompanhar os ônibus em tempo real, assim tendo melhor controle de horários e também fazer pesquisas freqüentes sobre quantidade de passageiros por horário, para poder sempre adequar a quantidade de ônibus aos horários de pico. |
| 16 | Longo tempo de planejamento e no momento da implementação os problemas de mobilidade são outros. |
| 17 | Acredito que aumentar a frota, mesmo que com menor número de possíveis passageiros em certos horários, aumentaria a confiança das pessoas no transporte coletivo e a chance de decidirem por utilizá-lo mais frequentemente. |

| | |
|----|--|
| 18 | O transporte em Sto Andre e em SP É BOM.. Mesmo. Mas tem muita gente usando. O mesmo para Carros e estradas. Precisa é mudar as empresas de lugar. Não adianta entupir as ruas com mais onibus, ou tira mais area verde pra fazer mais faixas nas ruas. OU por mais metro... Tira as empresas daqui. Ou obriga uma certa região a trabalhar em suas proprias regiões, usando bicicletas, sabe? Cria ciclovía, cria algo tipo que tem no Canada onde vc pega a bike e vai ate um lugar, dai deixa la pra outra pessoa usar, etc... Claro que o povo Brasileiro é um lixo e furtaria essas bikes.. Dai caímos na educação e sistemas de segurança... que não são o tema disso aqui, entao whatever rs |
| 19 | Em meu ponto de vista, o que mais falta é uma ampliação dos transportes mais eficientes, como o metrô, deixando um pouco de lado a forte cultura rodoviária do Brasil. Em casos mais específicos, implementar a integração com ônibus e, no caso ideal, incentivar o uso de bicicletas para o deslocamento diário com a construção de ciclovias e outras formas de apoio. |
| 20 | Horários nunca são respeitados ou divulgados. Falta manutenção nos ônibus |
| 21 | A implantação do BRT(ou MOVE) em Belo Horizonte, foi uma boa solução para redução da viagem bairro-centro. As linhas principais desse sistema estão atendendo relativamente bem a demanda, mas podem melhorar muito ainda.O grande problema está nas linhas alimentadoras que ligam os bairros às linhas principais,com ônibus ultrapassados, filas enormes para o embarque nas estações, freqüência baixa de viagens e assim aumentaram o tempo de viagem e o estresse da população. Outra questão são os ônibus suplementares, mini ônibus particulares que visam de uma forma ineficiente e paliativa atender rotas que possuem uma demanda bem maior que ofertam ,tanto de capacidade nos veículos, quanto de freqüência de viagens. |
| 22 | Sugeri ao gerente da companhia metropolitana daqui que fossem disponibilizados mais carros na linha que abastece três faculdades diferentes. Essas pessoas somadas com a quantidade de trabalhadores que saem do posto de trabalho tornavam a viagem complicada, pois com a superlotação, vários alunos perdiam suas primeiras aulas. Pras faculdades, teoricamente é bom, pois vendendo as disciplinas por créditos, é mais interessante que os alunos permaneçam como clientes por mais tempo. Infelizmente ele não entendeu a pergunta e a linha continua precária no horário entre 18 e 20 horas. |
| 23 | Transporte coletivo tem que ser feito sobre trilhos interligados por ônibus. |
| 24 | mais barato e maior quantidade |
| 26 | O ônibus não é a melhor solução. O ideal é investir em trens, metrôs e na promoção de transporte não-poluente, como as bicicletas. |
| 27 | Ampliar os de previsão para as linhas metropolitanas e maior fiscalização e normatização destes ônibus já que também atendem a capital. |
| 28 | Acho que a situação do transporte coletivo, para melhorar, precisaria urgentemente de ações que promovessem a criação de metrô. Mesmo que os ônibus melhores sua qualidade (com climatização, bancos confortaveis, etc), problemas como demora e superlotação ainda persistiriam, pois nossas vias não são preparadas para a quantidade de pessoas que circulam hoje pela nossa cidade. |
| 29 | O transporte coletivo no Brasil deveria passar a agir em conjunto. No meu Estado começaram a pensar isso por conta das graves dificuldades de trânsito causadas pela geografia daqui. Com isso, irão integrar nos próximos anos um serviço de ônibus, BRT e barcos, onde o usuário pagará uma passagem apenas para acessar dois ou mais serviços. Recentemente também, se iniciou o transporte de ônibus exclusivos para ciclistas, que fazem o transporte do usuário e suas bicicletas através das pontos que ligam Vitória as cidades vizinhas (Vitória não tem acesso por terra). Creio que essas interligações possam ser exemplo pras demais capitais. |

| | |
|----|---|
| 30 | O custo do transporte metropolitano ser tão caro na região de Curitiba, sendo a integração efetuada por apenas uma linha/cidade que é inviável a utilização pela distância do itinerário, exigindo da maior parte dos usuários o pagamento de uma segunda tarifa para o acesso de várias regiões. Não há integração eletrônica (através de cartão) no transporte metropolitano entre São José dos Pinhais e Curitiba. |
| 31 | além de orientação sobre como atender o público e respeitar as leis de trânsito. |
| 32 | diminuir o preço da tarifa e aumentar a frota de onibus e numero de linhas |
| 33 | As duas coisas que mais me afetam em andar de ônibus é a falta de segurança nas ruas ao esperar na parada e também dentro do próprio ônibus e a falta de informações sobre rotas e itinerários. Sempre tenho que procurar informação na internet antes de fazer uma rota e caso queira mudar minha programação e ir para um lugar diferente do planejado vai ser muito difícil saber que ônibus pegar porque nas paradas não tem informação nenhuma. É tudo muito confuso e precário, passando uma sensação de humilhação aos usuários. |
| 34 | Transporte coletivo na minha cidade precisa de mais investimentos quanto a linhas, estrutura e educação. Falta ao executivo criar uma forma de desestimular o transporte individual, o que deveria servir de estímulo natural para o transporte coletivo e sua gradual melhora. |

APÊNDICE 3 – Principais vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de motor de combustão interna.

Motores de ciclo alternado:

| | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|-----------------|---|--|
| 2 TEMPOS | <ul style="list-style-type: none"> - Maior potência em relação a motores de 4 tempos de mesmo porte. - Leves quando comparados a motores de 4 tempos. - Possuem um número menor de peças que motores de 4 tempos. - Manutenção mais simples em relação a motores de 4 tempos. - Não necessitam de uma cárter de óleo pois já utilizam lubrificante no seu combustível. | <ul style="list-style-type: none"> - Menor eficiência térmica devido a deficiente mistura entre ar e combustível. - Maiores níveis de emissões. - Consume até 30% mais que motores de 4 tempos. - Menor durabilidade, já que não utiliza um sistema de lubrificação específico. - Aumento de gastos devido a necessidade de adição de óleo. |
| 4 TEMPOS | <ul style="list-style-type: none"> - Maior robustez e durabilidade. - Menor nível de emissão e consumo de combustível. - Podem atingir grandes potências e receber sobre alimentação. - Amplamente utilizados na indústria automotiva. - Ótimo custo-benefício. | <ul style="list-style-type: none"> - Menor potência específica que motores de 2T. - Menor torque que motores Diesel. - Os mais complexos dentre o tipos. |
| DIESEL | <ul style="list-style-type: none"> - Maior robustez e durabilidade (podendo chegar a 1.000.000 de quilômetros rodados sem maiores problemas). - Abundância de torque e disponível em baixas rotações. - Baixo preço do Diesel combustível. - Consumo que pode chegar a até 30 Km/l em veículos de passeio. - Possuem construção mais simplificada que motor de ciclo Otto. | <ul style="list-style-type: none"> - Por possuírem componentes internos mais robustos partem de um preço inicial mais alto. - Seu nível de vibrações e ruído é consideravelmente maior que motores de ciclo Otto. - São maiores e mais pesados. |

Fonte: Adaptado de HSW (2014)

Ciclo contínuo:

| | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|--------------------|--|---|
| JET ENGENIE | <ul style="list-style-type: none">- Geração de enormes quantidades de potência, com eficiência, durabilidade e confiabilidade. | <ul style="list-style-type: none">- Grande tamanho, no caso de aplicação no setor automotivo.- Consumo elevado de combustível.- Nível de emissões poluentes e fumaça.- Necessidade de manutenção especial.- Grande geração de calor (Até 1250 °C) |

Fonte: Adaptado de HSW (2014)

Rotativo:

| | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|-----------------------|---|--|
| MOTOR ROTATIVO | <ul style="list-style-type: none">- Menores vibrações devido ao fato de que só há um movimento rotativo, isso significa ainda menor desgaste e vida útil mais longa.- Menor número de componentes internos.- Maior potência e torque quando comparado a um motor de 4 tempo convencional de mesma cilindrada.- Possuem tamanho reduzido e menor peso, possibilitando um centro de gravidade mais baixo e menor cofre do motor.- São praticante imunes a falhas catastróficas, mesmo perdendo compressão, pressão de óleo ou de resfriamento ele irá continuar funcionando e gerando uma pequena quantidade de potência. | <ul style="list-style-type: none">- Dificuldades quanto à vedação das paredes e os cantos dos rotores.- Maior emissão de poluentes.- Maior consumo de combustível.- Maior temperatura de funcionamento devido à altas rotações de trabalho.- Manutenção, já que seu uso não é tão difundido quanto o de motores “convencionais”. |

Fonte: Adaptado de HSW (2014)

Disposição dos cilindros:

| | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|------------------------|---|---|
| EM LINHA | <ul style="list-style-type: none"> - Facilidade de construção e manutenção. - Menor número de componentes quando comparado a motores em V. - Menor custo de fabricação. | <ul style="list-style-type: none"> - Limitação quanto ao comprimento, sendo assim em geral limitado a no máximo 6 cilindros. - Maiores dimensões quando comparado a motores em V. |
| EM V | <ul style="list-style-type: none"> - Sua principal vantagem é o tamanho reduzido quando comparado a motores em linha. - Possibilidade de configurações com mais de 6 cilindros. - Dependendo de suas configurações e angulação pode funcionar mais suavemente que motores em linha. - Aceita diversas configurações, variando desde V2 até V16. | <ul style="list-style-type: none"> - Construção e fabricação mais complexa. - Maior número de componentes. - Custo mais elevado quando comparado a motores em linha. |
| EM W | <ul style="list-style-type: none"> - Tamanho reduzido quando comparado a motores em linha e em V, permitindo um grande número de cilindros. - Geração de grandes potências em um tamanho relativamente reduzido. | <ul style="list-style-type: none"> - Construção e fabricação muito mais complexa. - Maior número de componentes. - Custo muito mais elevado quando comparado a motores em linha ou em V. - Manutenção mais complicada. - Aplicação viável em motores apenas a partir de 8 cilindros. |
| “FLAT” OU BOXER | <ul style="list-style-type: none"> - Possui tamanho reduzido, principalmente sua altura. - Permite um centro de gravidade mais baixo no automóvel. - Motor melhor balanceado devido a posição dos cilindros. - É mais leve que motores em linha ou em V com a mesma quantidade de cilindros. | <ul style="list-style-type: none"> - Construção e fabricação mais complexa. - Manutenção mais complicada e difícil acesso a alguns componentes. |

Fonte: Adaptado de HSW (2014)

Tipo de admissão:

| | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|----------------------------|---|--|
| ASPIRADO | <ul style="list-style-type: none"> - Custo mais baixo de manutenção. - Menor complexidade de manutenção. - Maior durabilidade do motor. | <ul style="list-style-type: none"> - Menor torque e potência específica. - Custo alto de trabalho no motor para atingir grandes potências. |
| TURBOS COMPRESSORES | <ul style="list-style-type: none"> - Obtenção de altos valores de potência e torque quando comparado a um motor aspirado. - Aproveitamento dos gases de escape para movimentar o rotor. - Possibilidade de uso progressivo ou sequencial, aumentando a pressão do turbo na medida em que se aumenta a velocidade. - Custo relativamente baixo para obtenção de determinados números de potência. | <ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da durabilidade e confiabilidade do motor ao aumentar a pressão do turbo compressor. - Delay entre a aceleração e o aumento de pressão do turbo. (Turbo Lag) - Necessidade de um sistema de resfriamento auxiliar, como um intercooler, devido as altas temperaturas. |
| SUPERCHARGERS | <ul style="list-style-type: none"> - Melhor resposta de aceleração em comparação ao turbo compressor (ausência do “turbo lag”). - Altos valores de potência e torque em comparação a um motor aspirado. - Possibilidade de uso progressivo ou sequencial, aumentando a pressão do compressor na medida em que se aumenta a velocidade. - Custo relativamente baixo para obtenção de determinados números de potência. | <ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da durabilidade e confiabilidade do motor ao aumentar a pressão do supercharger. - Necessidade de um sistema de resfriamento auxiliar, como um intercooler, devido as altas temperaturas. - Uso de potência do motor para movimentar o compressor, gerando perdas maiores que o dos turbo compressores. |

Fonte: Adaptado de HSW (2014)

Tipo de combustível:

| | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|-----------------|---|---|
| GASOLINA | <ul style="list-style-type: none"> - Níveis de emissão de poluentes. - Abundância da fonte do recurso no planeta. - Potência e linearidade obtida em motores a combustão interna. - Armazenamento relativamente fácil e seguro. - Combustível bastante difundido e utilizado em todo o planeta. | <ul style="list-style-type: none"> - Preço quando comparado ao Álcool, Diesel e GNV. - É um combustível fóssil, logo é um recurso não renovável. - Gera menor potência que motores semelhantes a Álcool e menor Torque do que similares a Diesel. |
| ETANOL | <ul style="list-style-type: none"> - A principal vantagem é o fato de ser proveniente de uma fonte de energia renovável. - Seu preço é ligeiramente menor que o da gasolina. - Utiliza a mesma arquitetura de motores movidos a gasolina, podendo inclusive ser do tipo Flex. - Potência e linearidade obtida em motores a combustão interna. - Armazenamento relativamente fácil e seguro. | <ul style="list-style-type: none"> - Piora no consumo de combustível do automóvel. - Problemas relacionados ao uso do motor em baixas temperaturas. |
| GNV | <ul style="list-style-type: none"> - Os custos do gás natural são mais baixos que os de gasolina; em média 1/3 menores do que os de gasolina. - Possui uma menor emissão de poluentes em relação a motores a álcool ou gasolina. - Os motores movidos a GNV têm custos de manutenção mais baixo devido a queima mais limpa. | <ul style="list-style-type: none"> - Autonomia limitada, geralmente menos que a metade de um veículo a gasolina. - O grande espaço ocupado pelos cilindros que armazenam o GNV. - É um combustível fóssil, portanto não renovável. - Número de postos com GNV são inferiores aos de gasolina e Álcool. |
| DIESEL | <ul style="list-style-type: none"> - Seu preço, que é em geral menor que o da Gasolina e do álcool. - Motores movidos a Diesel tendem a ser mais robustos e com maior torque. - Pode-se atingir excelentes resultados de consumo, de 15Km/l até 20Km/l. - Combustível bastante difundido e utilizado no mundo. - Possui excelentes características para o uso em veículos pesados e de trabalho. | <ul style="list-style-type: none"> - É em geral mais poluente que a gasolina, Etanol e GNV. - Seu uso em carros de passeio é proibido no Brasil. - É um combustível fóssil, portanto não renovável. - Motores que utilizam Óleo Diesel não possuem um funcionamento tão suave e linear quanto os movidos a gasolina e etanol. |

Fonte: Adaptado de HSW (2014)

APÊNDICE 4 – Principais vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de caixa de câmbio.

Comparativo de caixas de câmbio:

| | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|------------------------|---|--|
| MANUAL | <ul style="list-style-type: none"> - Menor custo. - Construção e manutenção mais simples. - Maior prazer ao dirigir | <ul style="list-style-type: none"> - Ocasiona maior esforço do motorista, principalmente se utilizado em grandes cidades e congestionamentos. - Tempo de troca de marcha superior a de sistemas automáticos ou de dupla embreagem. |
| AUTOMÁTICA | <ul style="list-style-type: none"> - Maior conforto e segurança. - Trocas de marcha realizadas mais rapidamente do que manualmente. - Maior durabilidade de componentes do motor e transmissão. | <ul style="list-style-type: none"> - Maior consumo de combustível. - Custo elevado quando comparado ao câmbio manual. - Elevado custo e complexidade da manutenção. |
| AUTOMATIZADA | <ul style="list-style-type: none"> - Possui menor custo que o modelo automático. - Oferece conforto e comodidade semelhantes ao de um modelo automático. - Existe a possibilidade de alternância entre modo manual e automatizado. | <ul style="list-style-type: none"> - Manutenção mais cara que a de transmissão manual. - Incômodo gerado por trancos na hora do engate das marchas. - Incerteza do dispositivo sobre qual marcha deve ser engatada. |
| CVT | <ul style="list-style-type: none"> - Aceleração constante, sem troca entre marchas. - O motor funciona sempre em sua melhor faixa de potência. - Menor consumo de combustível. - É mais eficiente que outros tipos de câmbio. | <ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado em relação ao câmbio manual. - Monotonia na condução do veículo. - Manutenção mais complicada e cara. - Sistema ainda pouco difundido. |
| DUPLA EMBREAGEM | <ul style="list-style-type: none"> - Trocas de marchas muito mais rápidas do que em sistemas convencionais. - Pode-se alternar entre o modo manual e automático - Conforto e economia de combustível. - Sistema bastante eficiente e inteligente. | <ul style="list-style-type: none"> - Custo superior ao do câmbio automático convencional. - Manutenção complexa e cara. - Sistema ainda pouco difundido e utilizado. |

Fonte: Adaptado de HSW (2014)