

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Faculdade de Arquitetura  
Departamento de Design e Expressão Gráfica  
Curso de Design de Produto

**MOBILIDADE URBANA COM FOCO NA CLASSE C**  
**Automóvel Urbano para a nova Classe Média**

Lucas Ladwig

Porto Alegre

2012



Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Faculdade de Arquitetura  
Departamento de Design e Expressão Gráfica  
Curso de Design de Produto

Mobilidade Urbana com Foco na Classe C  
Automóvel Urbano para a Nova Classe Média

Trabalho de Conclusão de Curso submetido  
ao curso de Design de Produto da  
Faculdade de Arquitetura da UFRGS como  
quesito parcial para a obtenção do grau de  
Designer.

Professor Orientador:  
Fábio Gonçalves Teixeira

Porto Alegre

2012

**BANCA EXAMINADORA**

**Lucas Ladwig**

**MOBILIDADE URBANA COM FOCO NA CLASSE C  
AUTOMÓVEL URBANO PARA A NOVA CLASSE MÉDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso I  
submetido ao curso de Design de Produto,  
da Faculdade de Arquitetura da UFRGS,  
como quesito parcial para a obtenção do  
grau de Designer.

Professor Orientador:  
Fábio Gonçalves Teixeira

Aprovado em Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de janeiro de 2013.

---

Prof. Dr. Fabio Gonçalves Teixeira – Orientador  
UFRGS

---

Prof. Dr. Fábio Pinto da Silva  
UFRGS

---

Prof. Dr. Régio Pierre da Silva  
UFRGS

---

Prof. Me. Roberto Scarpellini de Mello  
ULBRA



## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo o projeto conceitual de um veículo urbano para a classe média brasileira. Em um primeiro momento, foi caracterizado o público-alvo e depois foram levantados os atributos desejáveis na compra de um carro, por meio de pesquisa bibliográfica, para a priorização dos requisitos do usuário (QFD).

A seleção das tecnologias relevantes para o projeto foi a base para que o produto fosse desenvolvido. Um sistema de propulsão baseado no Gás Natural Veicular foi proposto, por ser mais adequado aos requisitos analisados. A partir disso, o desenvolvimento passou pela etapa de proposta de estrutura, disposição dos componentes mecânicos e dos passageiros, bem como as posturas assumidas pelos motoristas e um espaço flexível traseiro que pode servir tanto para carga quanto para passageiros.

A proposta final, então, consiste num veículo ultracompacto, movido a GNV, com capacidade para quatro ocupantes, ou dois ocupantes mais carga, adequado para viagens curtas no ambiente urbano.

**Palavras-chave:** Design, Automóveis, Classe Média.

## **ABSTRACT**

This project aims at the conceptual design of an urban vehicle for the Brazilian middle class. At first, the target market was identified and then the desirable attributes when purchasing a car were taken into consideration, by the means of literature research, for the prioritization of user requirements (QFD).

The project selection of relevant technologies was the basis for the development of this product. A propulsion system based on Natural Gas was proposed because it is more suitable to the requirements analyzed. From this, the development went through the proposal stage of structure, arrangement of mechanical components and passengers as well as drivers and postures assumed by a flexible rear that can serve both for cargo and for passengers.

Therefore, the final proposal is an ultra-compact vehicle, powered by CNG, designed for up to four occupants, or two occupants plus cargo, suitable for short trips in the urban environment.

**Keywords:** Design, Automobiles, Middle Class

## SUMÁRIO

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | INTRODUÇÃO, OPORTUNIDADE DE PROJETO E OBJETIVOS            | 1  |
| 1.1.   | Contextualização   | 1  |
| 1.2.   | Oportunidade de projeto                                    | 2  |
| 1.3.   | OBJETIVOS  | 3  |
| 1.3.1. | Objetivo geral   | 3  |
| 1.3.2. | Objetivos específicos                                      | 3  |
| 2.     | PLANEJAMENTO DO PROJETO                                    | 4  |
| 2.1.   | Metodologia  | 4  |
| 2.1.1. | PRODIP – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos | 4  |
| 2.1.2. | H-Point  | 6  |
| 2.1.3. | Outros   | 7  |
| 2.2.   | Escopo do projeto  | 9  |
| 3.     | DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA                                    | 10 |
| 3.1.   | A nova classe média do Brasil                              | 10 |
| 3.2.   | As expectativas da nova classe média                       | 14 |
| 3.3.   | O trânsito nas grandes cidades brasileiras                 | 17 |
| 4.     | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA                                      | 21 |
| 4.1.   | Mobilidade e Trânsito                                      | 21 |
| 4.1.1. | Mobilidade Urbana  | 21 |
| 4.2.   | Elementos dos sistemas de trânsito                         | 22 |
| 4.2.1. | Definição e classificação dos sistemas de transporte       | 22 |
| 4.3.   | Diretrizes de Ergonomia para Automóveis                    | 24 |
| 4.3.1. | Antropometria  | 25 |
| 4.4.   | Aspectos Normativos e Legais                               | 28 |
| 4.4.1. | Resoluções do CONTRAN                                      | 28 |
| 4.4.2. | Normas SAE para ocupantes do veículo                       | 29 |
| 4.5.   | Tecnologia Automotiva                                      | 30 |
| 4.5.1. | Sistemas de propulsão                                      | 30 |
| 4.5.2. | Sistemas de armazenamento de energia                       | 44 |
| 4.5.3. | Estrutura  | 47 |
| 4.5.4. | Suspensão e amortecimento                                  | 50 |
| 4.5.5. | Transmissão  | 54 |
| 5.     | ANÁLISE DE SIMILARES                                       | 57 |
| 5.1.   | Mercado nacional   | 57 |
| 5.1.1. | Chery QQ 1.1 16V 2012                                      | 57 |
| 5.1.2. | Chevrolet Celta 1.0 LS 2012                                | 59 |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 5.1.3.  | Chevrolet Corsa Hatch GL 1.4 EFi 2012               | 60  |
| 5.1.4.  | Citroën C3 1.4I GLX 2012                            | 61  |
| 5.1.5.  | Effa M100 1.0 2012                                  | 63  |
| 5.1.6.  | Fiat Mille Fire Economy 1.0 Flex 2012               | 64  |
| 5.1.7.  | Fiat Novo Uno Vivace 1.0 EVO 2012                   | 65  |
| 5.1.8.  | Fiat Palio Fire Economy 1.0 2012                    | 67  |
| 5.1.9.  | Fiat 500 CULT 1.4 2012                              | 68  |
| 5.1.10. | Fiat Palio Atractive 2012 (Novo Palio)              | 69  |
| 5.1.11. | Nissan March 1.0 2012                               | 70  |
| 5.1.12. | Renault Clio 1.0 2012                               | 71  |
| 5.1.13. | Smart Fortwo  | 73  |
| 5.2.    | Comparação entre os modelos                         | 73  |
| 5.3.    | Posicionamento de mercado desejado                  | 75  |
| 6.      | ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO                           | 77  |
| 6.1.    | Necessidades dos usuários                           | 77  |
| 6.2.    | Priorização dos requisitos de usuário               | 82  |
| 7.      | DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL               | 91  |
| 7.1.    | Escolha do conjunto motor                           | 91  |
| 7.2.    | Geração de alternativas de <i>package</i>           | 94  |
| 7.3.    | Escolha do motor                                    | 95  |
| 7.4.    | Dimensionamento dos cilindros de GNV                | 97  |
| 7.5.    | Estrutura e suspensão                               | 98  |
| 7.6.    | Painel do tema visual                               | 101 |
| 7.7.    | Layout interno                                      | 103 |
| 7.8.    | Geração de alternativas de carroceria               | 107 |
| 7.9.    | Resumo da proposta final                            | 114 |
| 8.      | CONSIDERAÇÕES FINAIS                                | 115 |
| 9.      | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                          | 117 |
|         | ANEXO A – FICHAS TÉCNICAS DOS AUTOMÓVEIS ANALISADOS | 122 |
|         | ANEXO B – CATÁLOGO CILINDRO GNV WHITE MARTINS       | 142 |
|         | APÊNDICE A – DESENHOS TÉCNICOS                      | 143 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Macroetapas da metodologia H-Point (adaptado de MACEY e WARDLE, 2008)..... | 6  |
| Figura 2 - Quadro esquemático da metodologia adotada.....                             | 8  |
| Figura 3 - Transformação da pirâmide social - 2005-2011.....                          | 13 |
| Figura 4 - Sonhos de consumo da classe C (SAE, 2011).....                             | 14 |
| Figura 5 - Volume de crédito disponível, em % do PIB (FENABRAVE, 2010).....           | 17 |
| Figura 6 - Tempo médio gasto em trânsito (TRANSPORTE HUMANO, 2008).....               | 18 |
| Figura 7 - Dimensionamento de uma cabine de motorista (TILLEY, 2002).....             | 26 |
| Figura 8 - Pontos de referência para o projeto de cabine (MACEY e WARDLE, 2008).....  | 27 |
| Figura 9 - Etapas do ciclo Otto a quatro tempos.....                                  | 31 |
| Figura 10 - Etapas do ciclo Otto a dois tempos.....                                   | 32 |
| Figura 11 - Etapas do ciclo Diesel a quatro tempos.....                               | 34 |
| Figura 12 - Motor de cilindros em linha.....  | 35 |
| Figura 13 - Motor de cilindros em V.....  | 35 |
| Figura 14 - Motor de cilindros opostos.....   | 36 |
| Figura 15 - Motor tipo Wankel.....  | 37 |
| Figura 16 - Funcionamento do motor Wankel.....  | 37 |
| Figura 17 - Motor elétrico.....   | 39 |
| Figura 18 - Funcionamento básico do motor elétrico.....                               | 40 |
| Figura 20 - Sistema híbrido.....  | 44 |
| Figura 21 - Estrutura em chassi.....  | 48 |
| Figura 22 - Estrutura em monobloco.....   | 49 |
| Figura 23 - Estrutura <i>spaceframe</i> .....   | 50 |
| Figura 24 - Suspensão de molas helicoidais.....                                       | 51 |
| Figura 25 - Suspensão por feixe de molas.....   | 51 |
| Figura 26 - Suspensão por barra de torção.....  | 52 |
| Figura 27 - Suspensão por câmara pneumática.....                                      | 53 |
| Figura 28 - Amortecedores.....  | 54 |
| Figura 30 - Caixa de câmbio simplificada.....   | 55 |
| Figura 31 - Embreagem.....  | 56 |
| Figura 32 - Chery QQ.....   | 57 |
| Figura 33 - Chevrolet Celta.....  | 59 |
| Figura 34 - Chevrolet Corsa.....  | 60 |
| Figura 35 - Citroën C3.....   | 61 |
| Figura 36 - Effa M100.....  | 63 |
| Figura 37 - Fiat Mille.....   | 64 |
| Figura 38 - Fiat Uno.....   | 65 |
| Figura 39 - Fiat Palio Fire.....  | 67 |
| Figura 40 - Fiat 500.....   | 68 |
| Figura 41 - Fiat Novo Palio.....  | 69 |
| Figura 42 - Nissan March.....   | 70 |
| Figura 43 - Renault Clio.....   | 71 |
| Figura 44 - Smart Fortwo.....   | 73 |
| Figura 45 - Comparativo de proporção.....   | 74 |
| Figura 46 - Posicionamento pretendido com relação a economia e conforto.....          | 75 |
| Figura 47 - Posicionamento pretendido com relação a economia e estilo.....            | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 48 - Propostas de package 01 e 02 .....                     | 94  |
| Figura 49 - Propostas de Package 03 e 04 .....                     | 95  |
| Figura 50 - Cilindro de GNV .....                                  | 98  |
| Figura 51 - Suspensão dianteira .....                              | 100 |
| Figura 52 - Suspensão traseira .....                               | 100 |
| Figura 53 - Postura de direção para o percentil 5% feminino.....   | 105 |
| Figura 54 - Postura de direção para o percentil 95% masculino..... | 105 |
| Figura 55 - Bancos traseiros rebatidos .....                       | 106 |
| Figura 56 - Alternativa de carroceria 01 .....                     | 107 |
| Figura 57 - Alternativa de carroceria 02 .....                     | 107 |
| Figura 58 - Alternativa de carroceria 03 .....                     | 108 |
| Figura 60 - Alternativa de carroceria 05 .....                     | 109 |
| Figura 62 - Alternativa de carroceria escolhida (frente).....      | 109 |
| Figura 63 - Alternativa de carroceria escolhida (traseira).....    | 110 |
| Figura 64 - Proposta final (frente e lateral) .....                | 111 |
| Figura 65 - Proposta final (perfis 3/4).....                       | 111 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Pontuação CCEB para itens possuídos .....                             | 10 |
| Tabela 2 - Pontuação CCEB para escolaridade.....                                 | 11 |
| Tabela 3 - Pontos de corte do CCEB .....   | 11 |
| Tabela 4 – População por classe social .....                                     | 12 |
| Tabela 5 - Classificação social por faixas de renda - FGV .....                  | 12 |
| Tabela 6 - População por classe social - FGV.....                                | 13 |
| Tabela 7 - Percentis estimados de uma população.....                             | 25 |
| Tabela 8 - Dimensões importantes do corpo humano para o projeto de veículos..... | 27 |
| Tabela 9 – Análise de similares por dimensão, ordenados por comprimento .....    | 73 |
| Tabela 10 - Atributos citados como importantes em um automóvel .....             | 77 |
| Tabela 11 - Atributos procurados na compra de um veículo.....                    | 78 |
| Tabela 12 – Requisitos dos usuários .....  | 81 |
| Tabela 13 - Peso dos requisitos de usuário.....                                  | 82 |
| Tabela 14 – Planejamento da qualidade desejada .....                             | 83 |
| Tabela 15 - Requisitos de usuário priorizados e agrupados.....                   | 84 |
| Tabela 16 - Codificação dos requisitos de projeto .....                          | 86 |
| Tabela 17 - Priorização dos requisitos de projeto.....                           | 87 |
| Tabela 18 - Correlação entre os requisitos de projeto.....                       | 89 |
| Tabela 19 - Requisitos e parâmetros de projeto priorizados.....                  | 90 |
| Tabela 20 - Rendimento dos combustíveis .....                                    | 92 |
| Tabela 21 - Especificações do motor Ducatti MH900e original .....                | 96 |
| Tabela 22 - Ajustes necessários no motor .....                                   | 97 |

## **1. INTRODUÇÃO, OPORTUNIDADE DE PROJETO E OBJETIVOS**

### **1.1. Contextualização**

O crescimento da economia brasileira, juntamente com o aumento da renda média do brasileiro, aliado à facilidade de obtenção de crédito e à ascensão social de uma significativa camada da população, criou um cenário onde a aquisição de um veículo – carros e motos em especial – tornou-se muito facilitada em relação há alguns anos atrás. Devido à falta de qualidade do transporte público urbano na maioria das cidades brasileiras e as situações descritas acima, a troca das viagens de ônibus e trens por carros e motos surgiu como alternativa de deslocamento mais propícia para as necessidades da classe média dentro e entre as cidades.

Segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito (2000 e 2012), a frota nacional de veículos emplacados cresceu de 29,7 milhões de veículos para 72,7 milhões de veículos entre 2000 e maio de 2012, um crescimento de aproximadamente 140% em doze anos.

Mas esta ascensão implicou no congestionamento das ruas e estradas das grandes cidades brasileiras, que não conseguem absorver essa quantidade crescente de veículos. Poluição visual, sonora, congestionamentos frequentes e decréscimo geral da qualidade de vida nas grandes cidades são alguns dos resultados mais imediatos que podem ser observados.

Tomando como exemplo a cidade de Porto Alegre, onde o índice de motorização chega a quase 45% (RENAEST 2008), e a distribuição das viagens por modal na Região Metropolitana, onde as viagens por transporte individual superam as viagens por transporte coletivo por 32% a 31% do total das viagens (MAMMARELLA, 2008). Segundo dados obtidos diretamente da Empresa Pública de Transporte e Circulação de Porto Alegre (EPTC, 2009), a ocupação média dos veículos individuais é de 1,4 ocupantes por veículo, ou seja, menos de 30% da

capacidade de um carro. No caso de São Paulo, a ocupação média não é muito diferente, chegando a 1,5 ocupantes por veículo (VASCONCELLOS, 2000).

Assim, pode-se observar que existe uma evidente subutilização dos veículos em termos de quantidade de pessoas transportadas. Veículos menores e mais eficientes devem estar ao alcance do público alvo, o que contribuiria para a eficiência no transporte.

## **1.2. Oportunidade de projeto**

Com a retomada da economia brasileira, juntamente com o cenário de otimismo internacional em relação ao Brasil, além dos programas sociais realizados nos últimos anos, a Classe C cresceu significativamente em tamanho e participação na economia. Esta parcela da população representa agora não só a maioria da população, com mais de 101,6 milhões de brasileiros em 2010 (CETEM, 2011), mas também a maior movimentação na economia, respondendo pela quantia de R\$ 880 bilhões, considerando salários, benefícios e crédito (ESTADÃO, 2011). Enquanto as classes D/E sofreram uma redução de 12 pontos percentuais – de 51% para 39%, a classe C aumentou de 36% para 48% da população. Pode-se considerar, então, que houve uma migração das classes D e E para a classe C, o que é a principal razão para esse crescimento populacional.

Segundo dados da Associação Brasileira de Administradores de Consórcios, entre 2006 e 2010 houve um aumento de mais de 158% da participação da Classe C nos pedidos de consórcios para automóveis e motocicletas. A mesma pesquisa apontou um crescimento de 150% no número de jovens de 20 a 29 anos nos consórcios de automóveis, no mesmo período (ABAC, 2011). Estes dados apontam para um cenário interessante para a venda de automóveis para a classe C, já que os juros mais baixos do sistema de consórcio são mais atraentes para este público.

Então, para que a caracterização deste mercado seja feita, é necessário responder a algumas perguntas, entre elas:

- O que esta nova classe média valoriza?
- Como estas pessoas compram?
- Quais os atributos necessários em um veículo para este mercado?

A partir destas perguntas, pode-se traçar um perfil abrangente do usuário potencial para que se possa projetar um veículo adequado a este segmento de mercado.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### 1.3.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver o conceito e o projeto da configuração de um veículo automotor individual urbano voltado às necessidades da nova classe média brasileira.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos deverão ser contemplados:

- Identificar as necessidades e os desejos do usuário-alvo, caracterizando este público por meio da pesquisa na literatura e fontes secundárias de dados;
- Pesquisar, analisar e selecionar a tipologia de veículos motorizados urbanos, para conhecer o estado da arte no âmbito nacional;
- Pesquisar, analisar e selecionar os sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos que compõem um veículo motorizado, embasando a escolha na viabilidade técnica, econômica e ecológica.

## **2. PLANEJAMENTO DO PROJETO**

### **2.1. Metodologia**

Löbach (2001) diz que o design além de ser um processo criativo é também um processo de solução de problemas. A ênfase na palavra processo não é ocasional, já que o design tem muito mais relação com o processo de desenvolvimento do que apenas com o resultado obtido. Assim, é bastante claro que para que um projeto tenha êxito é necessário que este processo esteja bem fundamentado para que este guie todas as etapas do desenvolvimento de um novo produto. Assim, garante-se que todos os aspectos que influenciam e são influenciados pelo projeto sejam contemplados.

Este trabalho está fundamentalmente baseado em duas metodologias: o primeiro chama-se Processo Integrado de Desenvolvimento de Produtos – o PRODIP (BACK et al., 2008), que contempla o projeto integrado de produtos e norteará principalmente a parte de planejamento, informação e validação do projeto. O segundo é o H-POINT (MACEY e WARDLE, 2008), que é uma metodologia mais específica para a geração de conceitos, configuração e outros aspectos de desenho no projeto de veículos.

Além destes, pontualmente outras fontes de metodologia serão usadas, como Baxter (2000), na ferramenta de painel semântico.

#### **2.1.1. PRODIP – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos**

O modelo PRODIP, desenvolvido por Back et al. (2008), prevê uma série de etapas necessárias ao desenvolvimento de produto visando à efetiva colocação do produto no mercado. O PRODIP, altamente voltado para o ambiente de uma empresa com vários setores com responsabilidades distintas, precisou sofrer ajustes para se adaptar a este trabalho, de cunho acadêmico, já que boa parte de suas etapas envolvem implementação em mercado, produção e estratégias de



vendas, pontos que não serão abordados neste trabalho. A seguir estão listadas as etapas da metodologia selecionadas para este trabalho:

#### *Planejamento de projeto*

- Contextualização
- Oportunidade de projeto / Problema de projeto
- Cronograma de atividades
- Definição do escopo do projeto

#### *Projeto informacional*

- Problematização
- Caracterização do mercado / Público-alvo
- Necessidades dos usuários
- Requisitos dos usuários
- Requisitos de projeto
- Priorização dos requisitos de projeto
- Especificações de projeto
- Levantamento e análise de similares
- Seleção de sistemas e subsistemas do produto

#### *Projeto Conceitual*

- Estrutura funcional do produto
- Definição do conceito do produto
- Caracterização estético-simbólica do produto

#### *Projeto Preliminar*

- Geração e seleção de propostas de *package*
- Refinamento das propostas

### Projeto Detalhado

- Detalhamento da proposta e dos componentes
- Documentação técnica do projeto

#### 2.1.2.H-Point

A metodologia proposta por Macey e Wardle (2008) é mais específica para o design de transportes, focando aspectos como a geração de alternativas para a configuração, forma, estrutura e proporções do veículo, bem como análise de similares de mercado e a definição dos aspectos funcionais aos quais este veículo deve atender. A Figura 1 ilustra as macroetapas da metodologia H-Point.

Figura 1 - Macroetapas da metodologia H-Point



Fonte: Autor (adaptado de MACEY e WARDLE, 2008)

- **Planejamento e pesquisa de produto:** refere-se à exploração do mercado pretendido e a caracterização dos atributos desejados por este mercado, para guiar o processo de design.
- **Objetivos funcionais:** esta etapa consiste na tradução dos atributos desejados do mercado em aspectos de configuração do veículo, tais como espaço interno, desempenho, segurança, durabilidade, forma, etc.
- **Idealização do *package*:** o *package* consiste na configuração geral do veículo, englobando sua forma, layout e a inter-relação dos sistemas e subsistemas do veículo. A etapa de idealização do *package* abrange a produção de diversos esboços de configurações e prevê um enorme espaço para inovação, já que é nesta etapa que as ideias mais incomuns podem aparecer – e serem bem-sucedidas.

- **Análise de similares (tamanho e proporções):** etapa onde as proporções, aspecto geral e tamanho do veículo são definidas, considerando-se o que já existe no mercado. Um quadro comparativo de dimensões entre os veículos de mercado é sugerido nesta etapa, além de uma categorização entre os tipos de chassi. Por fim, após o esboço do veículo estar definido, este deve ser comparado com os veículos de mercado, para verificar se as intenções de inovação e diferenciação no mercado serão atingidas.
- **Desenvolvimento avançado do package e do modelo:** é a etapa onde o projeto é desenvolvido mais detalhadamente, definindo a configuração final dos componentes e suas dimensões, detalhando o interior do veículo, espaço para os ocupantes, subsistemas, entre outros aspectos. A confecção de modelos físicos deve ser contemplada para avaliação das propostas.

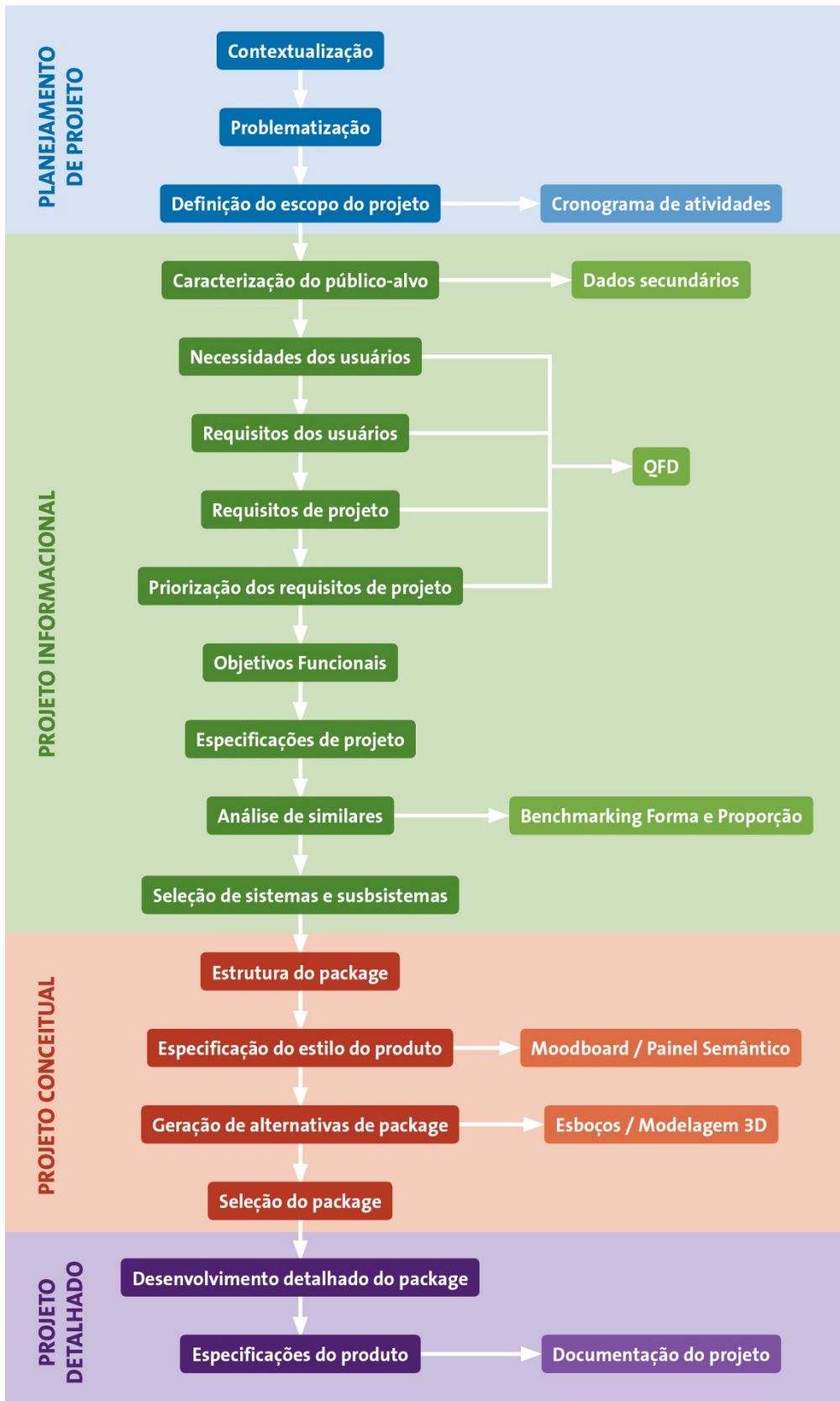
### 2.1.3. Outros

Complementando estas duas metodologias principais, será usada neste trabalho a ferramenta de especificação de estilo do produto, prevista por Baxter (2000), já que o estilo é um dos fatores fundamentais para o sucesso de um automóvel no mercado, e uma atenção especial deve ser dispensada a este aspecto do produto.

A ferramenta, adaptada para este trabalho, contempla a criação de um painel de imagens e conceitos que sintetize a “sensação” que o produto deve causar nas pessoas, ou seja, definir um objetivo estético-simbólico para o automóvel.

O resultado da sobreposição de todas as ferramentas e metodologias apresentadas anteriormente está ilustrado na Figura 2 – Esquema da metodologia adotada, que representa as etapas seguidas neste trabalho. Os itens na coluna da esquerda representam as etapas do projeto, enquanto que os itens à direita consistem nas ferramentas específicas utilizadas na etapa correspondente.

Figura 2 – Esquema da metodologia adotada



Fonte: Autor

## 2.2. Escopo do projeto

Devido à complexidade envolvida no desenvolvimento aprofundado de todos os sistemas, subsistemas e componentes de um veículo, além do horizonte de tempo limitado para este trabalho, serão contemplados as seguintes etapas:

- **Planejamento do projeto:** engloba a observação e descrição da oportunidade de projeto percebida e o levantamento de metodologias ferramentas pertinentes ao desenvolvimento do projeto.
- **Projeto Informacional:** consiste no levantamento de dados teóricos relevantes ao tema do trabalho, além da caracterização do público-alvo e suas necessidades e requisitos, de forma que uma base de conhecimentos seja construída para que validade do projeto seja assegurada.
- **Projeto Conceitual:** é a etapa de elaboração, seleção e aprimoramento de alternativas de solução. Aqui, abordando os aspectos específicos do projeto de automóveis e considerando os fatores já mencionados acima, foram desenvolvidos: o *package* do automóvel, a configuração espacial dos principais componentes mecânicos, as posturas do condutor, o sistema estrutural que dá suporte ao veículo, os sistemas de propulsão e suspensão, a solução de estilo da carroceria e um habitáculo simplificado que engloba os aspectos formais e de postura dos bancos e do volante.

### 3. DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

#### 3.1. A nova classe média do Brasil

O termo “classe média” é utilizado das mais diversas formas pelos veículos de comunicação, muitas vezes substituindo-o indistintamente por “classe popular”, ou então “classe trabalhadora”. Mas, afinal, qual o critério utilizado para definir o que é a classe C? A verdade é que existem muitos critérios diferentes para realizar esta segmentação da população, dependendo do instituto que realiza a pesquisa ou qual o direcionamento que esta pesquisa tem – viés socioeconômico ou viés de marketing, entre outros. Assim, grosso modo, pode-se dizer que a classe média é o que cada critério de cada pesquisa definir como tal. Os critérios mais utilizados são em menor número, e estão descritos a seguir.

O Critério de Classificação Econômica Brasil (CCEB), preconizado pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP), faz uma segmentação da população em cinco grandes classes: A, B, C, D e E, de acordo com um sistema de pontuação que considera os bens possuídos pela família e sua quantidade, além do grau de instrução do chefe da família. As classes A, B e C, na atualização do CCEB 2011, estão divididas em A1 e A2, B1 e B2 e C1 e C2. As tabelas a seguir mostram os itens considerados e suas pontuações, além dos pontos de corte de cada classe.

Tabela 1 - Pontuação CCEB para itens possuídos

| Item                 | Quantidade possuída |   |   |   |    |
|----------------------|---------------------|---|---|---|----|
|                      | 0                   | 1 | 2 | 3 | 4+ |
| Televisão em cores   | 0                   | 1 | 2 | 3 | 4  |
| Rádio                | 0                   | 1 | 2 | 3 | 4  |
| Banheiro             | 0                   | 4 | 5 | 6 | 7  |
| Automóvel            | 0                   | 4 | 7 | 9 | 9  |
| Empregada mensalista | 0                   | 3 | 4 | 4 | 4  |
| Máquina de lavar     | 0                   | 2 | 2 | 2 | 2  |

|                               |   |   |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|
| Videocassete e/ou DVD         | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Geladeira                     | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Freezer (independente ou não) | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Fonte: ABEP, 2012

Tabela 2 - Pontuação CCEB para escolaridade

| <b>Escolaridade do chefe de família</b>         | <b>Pontuação</b> |
|---|------------------|
| Analfabeto / Até 3ª série do Ensino Fundamental | 0                |
| Até 4ª série do Ensino fundamental              | 1                |
| Ensino Fundamental completo                     | 2                |
| Ensino Médio completo                           | 4                |
| Ensino Superior completo                        | 8                |

Fonte: ABEP, 2012

Tabela 3 - Pontos de corte do CCEB

| <b>Classe</b> | <b>Pontuação</b> | <b>Renda Média Estimada 2009 (R\$)</b> |
|---------------|------------------|--|
| A1            | 42-46            | 11.480                                 |
| A2            | 35-41            | 8.295                                  |
| B1            | 29-34            | 4.754                                  |
| B2            | 23-28            | 2.656                                  |
| C1            | 18-22            | 1.459                                  |
| C2            | 14-17            | 962                                    |
| D             | 8-13             | 680                                    |
| E             | 0-7              | 415                                    |

Fonte: ABEP, 2012

Dados do Levantamento Sócio Econômico do IBOPE (2009), com base nos critérios apresentados acima, apontam os seguintes resultados socioeconômicos da população brasileira:

**Tabela 4 – População por classe social**

| <b>Classe</b> | <b>Parcela da população (2008)</b> |
|---------------|------------------------------------|
| A/B           | 32%                                |
| C             | 48%                                |
| D             | 18%                                |
| E             | 2%                                 |

Fonte: IBOPE, 2009

Assim, de acordo com o critério CCEB, observa-se que 48% da população brasileira vive com uma renda familiar mensal entre R\$962 e R\$2.656.

Já o critério da Fundação Getúlio Vargas (FGV), respeitada instituição na área de economia e administração, é bastante diferente: leva em consideração apenas a renda familiar, e a estratificação apresenta intervalos distintos do CCEB. O uso da renda familiar para estratificação socioeconômica para representar poder de compra e padrão de vida é bastante usual, pois reflete a capacidade de uma unidade familiar de consumir – e se endividar. Os estratos são apresentados a seguir:

**Tabela 5 - Classificação social por faixas de renda - FGV**

| <b>Classe</b> | <b>Renda mínima (R\$)</b> | <b>Renda máxima (R\$)</b> |
|---------------|---------------------------|---------------------------|
| E             | –                         | 705,00                    |
| D             | 705,00                    | 1.126,00                  |
| C             | 1.126,00                  | 4.854,00                  |
| B             | 4.854,00                  | 6.329,00                  |
| A             | 6.329,00                  | –                         |

Fonte: FGV

Os dados referentes à população pertencente a cada classe, segundo o critério FGV, são os seguintes (baseados em microdados da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios – PNAD 2009):

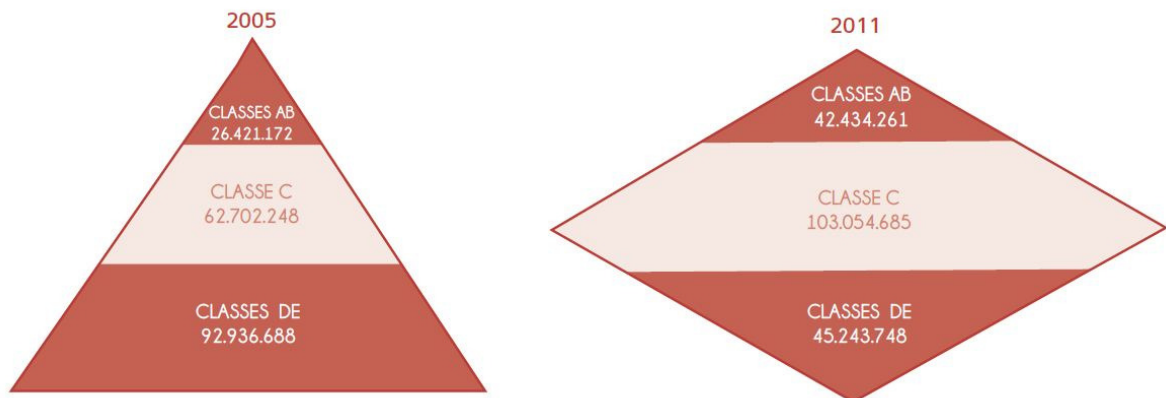


Tabela 6 - População por classe social - FGV

| Classe | Parcela da população (2008) |
|--------|-----------------------------|
| A/B    | 10%                         |
| C      | 49%                         |
| D      | 24%                         |
| E      | 16%                         |

Qualquer que seja o critério adotado para análise, é visível a mobilidade social que ocorreu nos últimos anos. A pirâmide social deixou de ter um formato de pirâmide e passou a parecer mais com um losango. Isto significa que o Brasil está se tornando efetivamente um país de classe média. O gráfico abaixo, retirado do estudo Cetelem 2010 ilustra esta mudança.

Figura 3 - Transformação da pirâmide social - 2005-2011



A figura mostra uma migração bastante importante das classes mais baixas para as mais altas, ou seja, o padrão de vida do brasileiro, de forma geral, está melhorando significativamente. Mais de 40 milhões de brasileiros deixaram a miséria para ingressar na classe média.

### 3.2. As expectativas da nova classe média

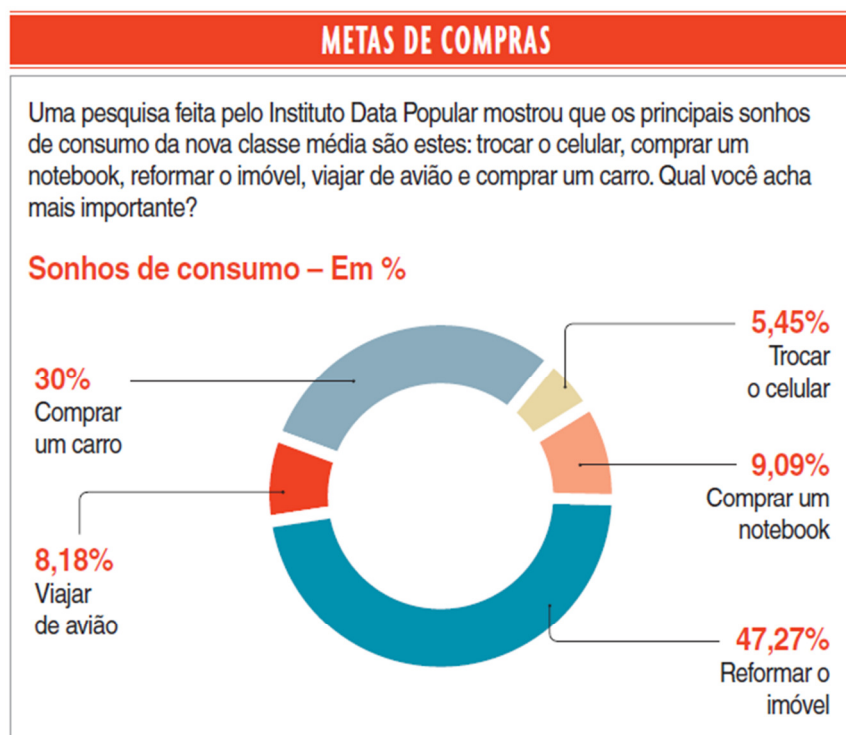
*“Povo gosta de luxo, quem gosta de miséria é intelectual”.*

- Joãozinho Trinta, carnavalesco carioca. (EXTRA, 2011)

Esta frase ilustra o desejo das pessoas: almejam conforto, beleza, status e qualidade, características que são sinônimos de luxo.

O fenômeno recente do crescimento da classe média resulta em novos desafios para o mercado. A nova classe C é bastante informada e exigente. O preço não é o único atributo que essa camada da população busca. Eles desejam produtos que tradicionalmente são destinados ao público A e B. Roupas de marca, celulares, carros Okm, viagens, entre outros (SAE, 2011). A figura 4 ilustra os desejos mais citados pelos consumidores da classe média:

Figura 4 - Sonhos de consumo da classe C



Fonte: SAE, 2011

Esses sonhos são atingíveis para a nova classe média, que pode contar com um maior acesso a crédito e linhas de financiamento. No Congresso Consumidor Moderno de Crédito 2011 (A CLASSE C, 2011), que discutiu como o brasileiro consome, foi debatida a percepção que as diferentes classes têm de endividamento. As classes A e B, de modo geral, tem uma noção clara do tamanho de suas dívidas. Por exemplo, questionados a respeito do tamanho da dívida de alguém que financia um veículo de R\$60 mil, a resposta nesta camada da população vai ser quase sempre este número. Já para um consumidor de crédito da classe C, uma dívida só se configura quando há atraso ou não pagamento de alguma parcela financiada, ou seja, enquanto as parcelas são pagas sem atraso, não há dívida, na percepção deste grupo. Assim, para este grupo, dívida é sinônimo de inadimplência.

Esta peculiaridade na percepção de dívida faz com que o consumidor de classe média consiga um padrão de consumo mais elevado do que se esperaria para sua renda. É claro que exageros e grandes luxos não são possíveis para este mercado, mas também é errado afirmar que este mercado busca apenas preço baixo. Como a nova classe C cresceu em grande parte devido à ascensão de camadas menos abastadas da população, uma necessidade de autoafirmação deriva dessa ascensão social: a classe C não mais quer produtos voltados tradicionalmente à classe C, mas sim produtos de maior qualidade, normalmente associados às classes A e B.

Um estudo realizado pelo SAE (2011) mostra alguns dados interessantes sobre como pensa a nova classe média, em comparação com as classes A e B:

- 62% valorizam os produtos brasileiros, enquanto, na elite, essa taxa é de 25%.
- 80% pesquisam preços, enquanto, na elite, esse percentual é de 44%.
- Para 44%, a qualidade é mais importante que o preço na hora de efetuar uma compra.
- 80% são otimistas em relação ao futuro, enquanto que na elite, esse percentual é de 59%.

- 51% querem ter o seu próprio negócio.
- As mulheres registram um aumento de renda de 71% entre 2001 e 2011.
- Os negros registram um aumento de renda de 105% entre 2001 e 2011.
- 68% dos homens afirmam que as mulheres decidem sobre a gestão do orçamento doméstico.
- 68% dos jovens ganham mais que os pais.

Deve-se manter em mente o fato de que a renda dessas famílias não permite erros na hora da compra. Uma compra errada, inconsequente ou mal analisada pode comprometer o orçamento familiar por meses ou até anos, no caso de bens mais caros como um carro ou um computador. É por isso que este público está se informando cada vez mais sobre os produtos que compra, para evitar estes erros.

Há grandes evidências também de que a classe média, ao utilizar um financiamento, parcelamento no cartão de crédito ou crediário de uma loja, está ciente de que muitas vezes está pagando um valor muito superior em comparação com o preço do mesmo produto à vista. É comum que nos financiamentos mais populares um bem custe até duas vezes mais na modalidade parcelada. Mas, para este consumidor, o que mais pesa é o tamanho de cada parcela, por isso são frequentes os anúncios que enfatizam o custo que a compra terá a cada parcela, e não o total da compra.

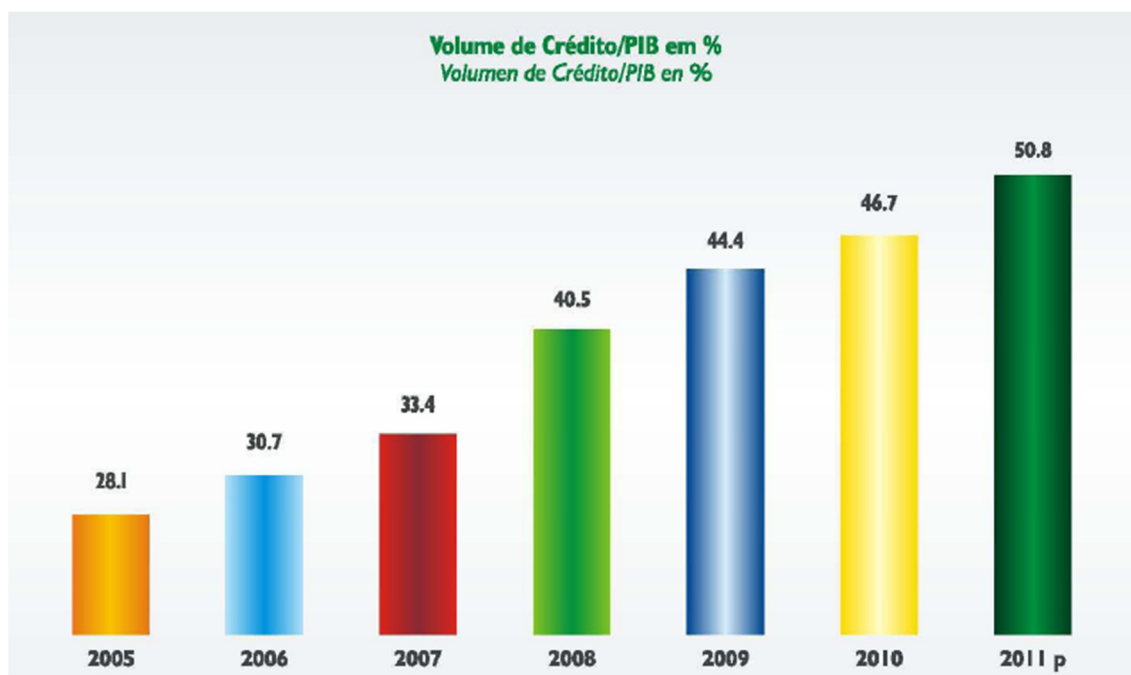
*“Não foram duas motos, paguei 2,2 motos, mas agora você me responda uma coisa: Faz muito tempo que o senhor não anda de ônibus em São Paulo?”*

Compradora de uma motocicleta financiada em 36 parcelas, quando questionada se tinha a noção de quanto estava pagando pelo bem. (A CLASSE C, 2011)

Este depoimento, apesar de sucinto, é bastante rico: ao mesmo tempo em que demonstra que a compradora tinha a noção exata do quanto estava pagando pelo bem que adquiriu, mostra também o fato de que estava fazendo este grande esforço de pagamento para satisfazer um desejo – mais conforto e rapidez em

suas viagens diárias. Visto que em uma cidade como São Paulo o trânsito é bastante intenso e lento, a possibilidade de diminuir o tempo perdido e aumentar o conforto nas viagens se torna bastante atraente.

Figura 5 - Volume de crédito disponível, em % do PIB



Fonte: FENABRAVE, 2010

A Figura 5 apresenta a evolução do volume de crédito em relação ao PIB ao longo dos últimos cinco anos. Fica evidente que o aumento do consumo nos últimos anos tem relação com o aumento da disponibilidade de crédito, tendência esta que favorece a inserção de um novo veículo adequado à realidade da nova classe C.

### 3.3. O trânsito nas grandes cidades brasileiras

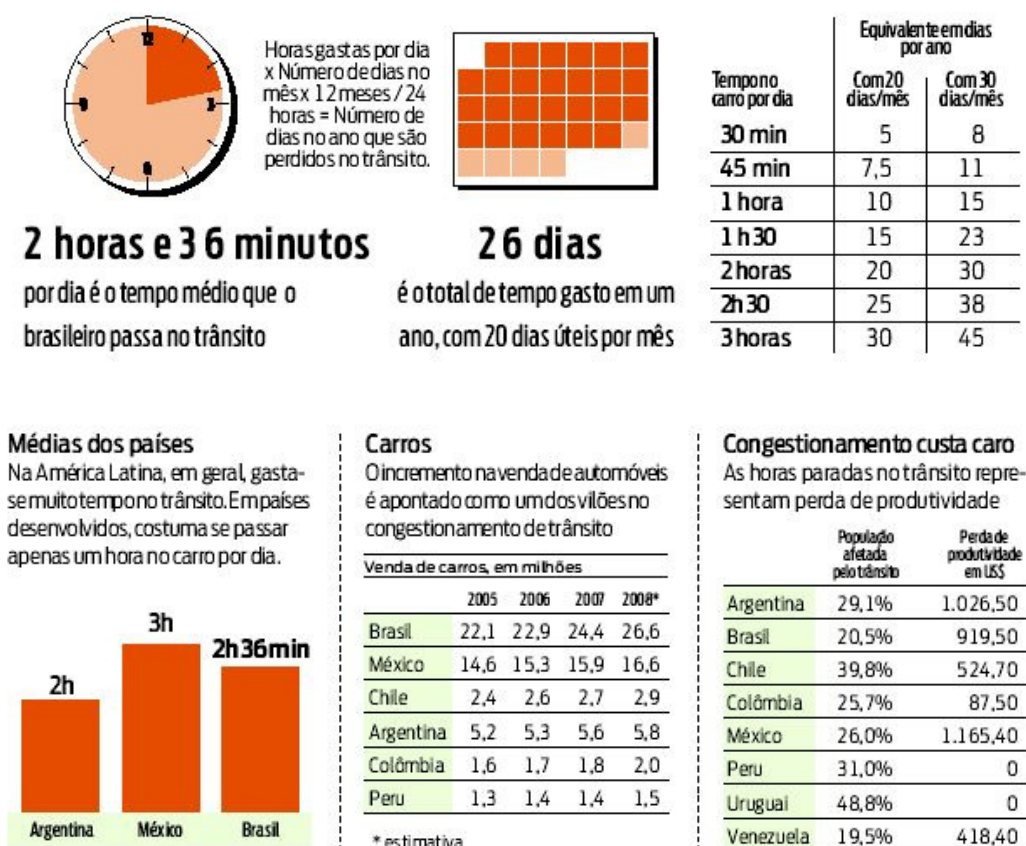
Segundo dados do CENSO 2010 (IBGE), a população brasileira é de mais de 190 milhões de pessoas, sendo que 84% desse total correspondem à população urbana. Se considerarmos apenas cidades médias e grandes – de 100 mil habitantes ou mais – o total chega a mais de 104 milhões de pessoas,

representando 54% da população total. Como a frota brasileira ultrapassa os 68 milhões de veículos (DENATRAN, 2012), incluindo automóveis, motocicletas, utilitários e camionetas, podemos concluir que o índice de motorização do Brasil chega a quase 36 veículos para cada 100 habitantes.

Segundo Bertini (2005), não há uma definição universal de congestionamento, mas pode-se dizer que uma via está congestionada quando o trânsito está mais lento do que a velocidade média projetada para esta via.

Em relação ao tempo gasto no trânsito, uma pesquisa do Citigroup (GAZETA DO POVO, 2008) revela que o brasileiro gasta, em média, 2 horas e 36 minutos no trânsito. O resumo dos resultados deste estudo pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 - Tempo médio gasto em trânsito (TRANSPORTE HUMANO, 2008)



Analisando a Figura 6, o brasileiro perde, em média, 26 dias por ano no trânsito. Os congestionamentos, corriqueiros nas grandes cidades, refletem a ineficiência do sistema de trânsito brasileiro. A grande concentração de pessoas em trânsito nos horários de pico – geralmente entre 7h e 9h da manhã e 17h e 19h – devido aos horários de trabalho e escola, principalmente, sobrecarregam as vias nestes períodos (DOWNS, 2004).

A lentidão do trânsito é o resultado de uma série de fatores combinados, que incluem: o aumento da frota, o baixo investimento em transporte público, o aumento da distância entre casa e trabalho devido à migração da população para áreas suburbanas, entre outros. (TRANSPORTE HUMANO, 2008). Demarchi, Mello e Setti (2001) apontam também os seguintes fatores: fator hora-de-pico, em que nosso sistema produtivo está organizado de modo que muitas pessoas precisam se deslocar durante os mesmos períodos e o desempenho de automóveis pesados em ambiente urbano, provocando lentidão. A subutilização dos veículos individuais pode ser considerada, também, um dos fatores deste processo.

*Nas grandes cidades, quanto maior a renda da população, maior será o desejo de usarem o transporte individualmente. [...] Com o fácil acesso à compra de um carro, é cada vez mais raro encontrar um carro com mais de um ocupante.*

(RESENDE e SOUSA, 2009).

Este fato ajuda a explicar o aumento considerável da frota nacional nos últimos 10 anos, período em que a renda da população cresceu significativamente. A busca pelo conforto e a praticidade – não oferecidas pelo transporte público – leva as pessoas a recorrerem aos carros. Como a grande maioria dos carros raramente leva mais de um ocupante, a via torna-se muito ineficiente. Um veículo comum de passeio mede um pouco menos de 4 metros de comprimento, mas leva apenas o condutor.

Entre as maiores consequências do congestionamento para a sociedade, Bertini (2005) cita os seguintes:

- O tempo gasto no trânsito, que pode ser medido pela diferença entre o tempo gasto numa viagem normal e numa viagem congestionada.
- O custo adicional em decorrência do maior desgaste dos veículos, do maior consumo de combustível e das emissões de poluentes;
- O impacto negativo na economia dos locais afetados, que deixam de se tornar atraentes para as pessoas em decorrência dos congestionamentos.

Além destes, um dos maiores problemas dos congestionamentos diários é o decréscimo da qualidade de vida das pessoas, que além de perderem tempo, dinheiro e produtividade, é um fator bastante importante de geração de estresse, o que sabidamente leva a ocorrência de doenças.



## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1. Mobilidade e Trânsito

Para que se possa desenvolver um automóvel com a segurança de que ele seja adequado ao sistema de trânsito que o envolve, é necessário que se compreenda como o trânsito se comporta nas cidades de diferentes tamanhos e complexidades. Afinal, o trânsito não se resume apenas aos carros e motos, mas abrange todo um sistema de vias, serviços, sistemas, tecnologias, planejamento urbano e até fatores externos, como o clima.

Além disso, não se pode mais pensar em transporte sem que se tenha um entendimento dos conceitos de mobilidade urbana, que cada vez mais ganham espaços nas discussões de especialistas, na mídia e por parte do público em geral, que tem demonstrado um interesse crescente no assunto. É fundamental que ao propor a inserção de novo automóvel individual dentro de um sistema tão complexo como é o trânsito urbano de hoje, o impacto positivo desta inserção seja o maior possível.

Assim, nas próximas páginas estarão descritos os principais conceitos pertinentes à compreensão do trânsito urbano.

#### 4.1.1. Mobilidade Urbana

Em sua Cartilha da Mobilidade Urbana, o Ministério das Cidades (2007) define mobilidade urbana como:

*“Um atributo associado às pessoas e aos bens; corresponde às diferentes respostas dadas por indivíduos e agentes econômicos às suas necessidades de deslocamento, consideradas as dimensões do espaço urbano e a complexidade das atividades nele desenvolvidas.”*

Em outras palavras, mobilidade urbana pode ser descrita como a qualidade de uma cidade ou meio urbano de atender às necessidades de deslocamento de pessoas, objetos, entre outros.

## 4.2. Elementos dos sistemas de trânsito

A seguir é apresentada uma lista com os aspectos dos sistemas de trânsito que serão abordados nesta seção. A base teórica utilizada para esta seção é o manual *Urban Transit – Systems and Technology*, de Vukan R. Vuchic (2007). A tradução dos termos do livro para este trabalho é de realização do autor.

### 4.2.1. Definição e classificação dos sistemas de transporte

Segundo Vuchic (2007), os sistemas de transporte podem ser classificados de acordo com vários critérios, como a tecnologia empregada, o uso que se faz do sistema, as vias utilizadas e até seu desempenho. Os elementos dos sistemas de trânsito mais relevantes para este trabalho descritos a seguir.

#### *Componentes dos sistemas de trânsito*

Os componentes físicos dos sistemas de trânsito em geral podem ser classificados nas seguintes categorias:

- **Veículos:** são todos os elementos móveis motorizados que transportam pessoas ou cargas e que comumente são chamados de frota. Por exemplo, a frota nacional brasileira é composta de carros, motos, ônibus, caminhões, entre outros diversos tipos de veículos.
- **Vias:** representam as superfícies por onde os veículos trafegam. Podem ser ruas, avenidas, trilhos subterrâneos, pistas exclusivas, vias suspensas, etc.
- **Pontos de embarque e desembarque:** consistem nos locais onde os veículos – em geral coletivos – param para que os passageiros entrem e saiam. Os exemplos incluem paradas de ônibus, estações de metrô, terminais multimodais, entre outros.
- **Outros elementos:** representando substancialmente menos espaços nas cidades, podemos incluir: garagens, centrais de controle e centrais de energia.

É importante notar que com a exceção dos veículos, todos os demais elementos são fixos. Ou seja, os elementos fixos formam a estrutura para que os elementos móveis operem de forma satisfatória.

#### *Tipo de uso*

Os sistemas de transporte podem ser classificados conforme estes são operados, ou seja, como é a utilização por parte das pessoas. Existem três grandes categorias:

- **Transporte privado:** consiste em veículos particulares em que o proprietário trafega livremente pelas vias públicas, sendo ele o responsável pela definição de rotas e manutenção. Os exemplos mais comuns são carros e motos, mas bicicletas e andar a pé estão inclusos nesta categoria.
- **Transporte sob demanda:** é o serviço de transporte em que um operador (individual ou empresa) disponibiliza a qualquer pessoa desde que as condições para a prestação de serviço, como o pagamento de uma tarifa, sejam atendidas. Estes serviços não se limitam a rotas ou horários específicos, sendo estes definidos pelo usuário. Como exemplo pode-se citar os táxis e os ônibus fretados (empresas de turismo), entre outros.
- **Transporte público:** caracteriza-se por ser operado por empresas públicas ou particulares, por ter grande abrangência, por ser aberto a todas as pessoas que paguem uma tarifa (em geral fixa) e por seguir rotas e horários predeterminados. Ônibus urbanos, trens, metrô e bondes são os exemplos mais comuns.

#### *Via de tráfego*

Consiste na via por onde os veículos trafegam. Pode ser classificada como Categoria A, B ou C dependendo do grau de exclusividade da via em relação aos veículos permitidos na mesma.

- **Categoria C:** representa as vias de superfície com trânsito misto, ou seja, aquelas onde qualquer tipo de veículo pode trafegar – como carros, ônibus, bondes, entre outros. Este é o tipo de via mais comum, englobando ruas, avenidas e estradas comuns.
- **Categoria B:** consiste nas vias onde há uma separação longitudinal física para veículos de transporte coletivo exclusivos, como trens, corredores de ônibus, etc. Estas vias possuem cruzamentos e pontos de escape que permitem interseções com as vias de trânsito misto (categoria C).
- **Categoria A:** são as vias exclusivas para determinados veículos, onde nenhum outro tipo de veículo é permitido, não havendo pontos de interseção que permitam o tráfego de outros tipos de veículos. As linhas de metrô, de trens urbanos e de aeromóveis consistem em bons exemplos desta categoria.

### 4.3. Diretrizes de Ergonomia para Automóveis

Segundo o International Ergonomics Association (IEA):

*“Ergonomia é a disciplina científica que estuda as interações entre humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica princípios teóricos, dados e métodos de projetos visando otimizar o bem-estar humano e a desempenho do sistema.”*

- (IEA, 2000)

Esta definição, bastante genérica, prioriza o bem-estar humano e a desempenho dos sistemas como guias na resolução de projetos relativos ao trabalho. Na área automotiva, o estudo de ergonomia está bastante avançado, apresentando diversas ferramentas que auxiliam o designer a considerar os fatores humanos no projeto do veículo. Entre os fatores mais importantes, certamente estão a antropometria e a cognição, vitais para a operação segura e confortável de um veículo.

#### 4.3.1. Antropometria

A antropometria – que significa literalmente medição do homem - refere-se à disciplina que estuda as medidas do corpo humano e suas inter-relações, e contar com dados confiáveis a respeito de uma população é de grande importância, já que o designer deve projetar sempre levando em consideração a inclusão da maioria de uma população.

A prática comum em design automotivo é a de considerar os percentis 5% feminino (menor) e 95% masculino (maior), o que representa 90% da população (MACEY e WARDLE, 2008).

Existem três classificações da variabilidade das medidas humanas (TILLEY, 2002):

- **Intraindividual:** mudanças de dimensão durante a vida adulta, que podem decorrer do envelhecimento, nutrição e ambiente, entre outros.
- **Interindividual:** diferenças relativas principalmente a gênero e etnia, que tem proporções bastante distintas entre si.
- **Secular:** mudanças ao longo das gerações, por motivos diversos, entre eles expectativa e qualidade de vida, nutrição durante a infância. Tem relevância limitada, já que esta variação ocorre lentamente ao longo do tempo.

A distribuição da população em relação às suas medidas corporais é:

Tabela 7 - Percentis estimados de uma população

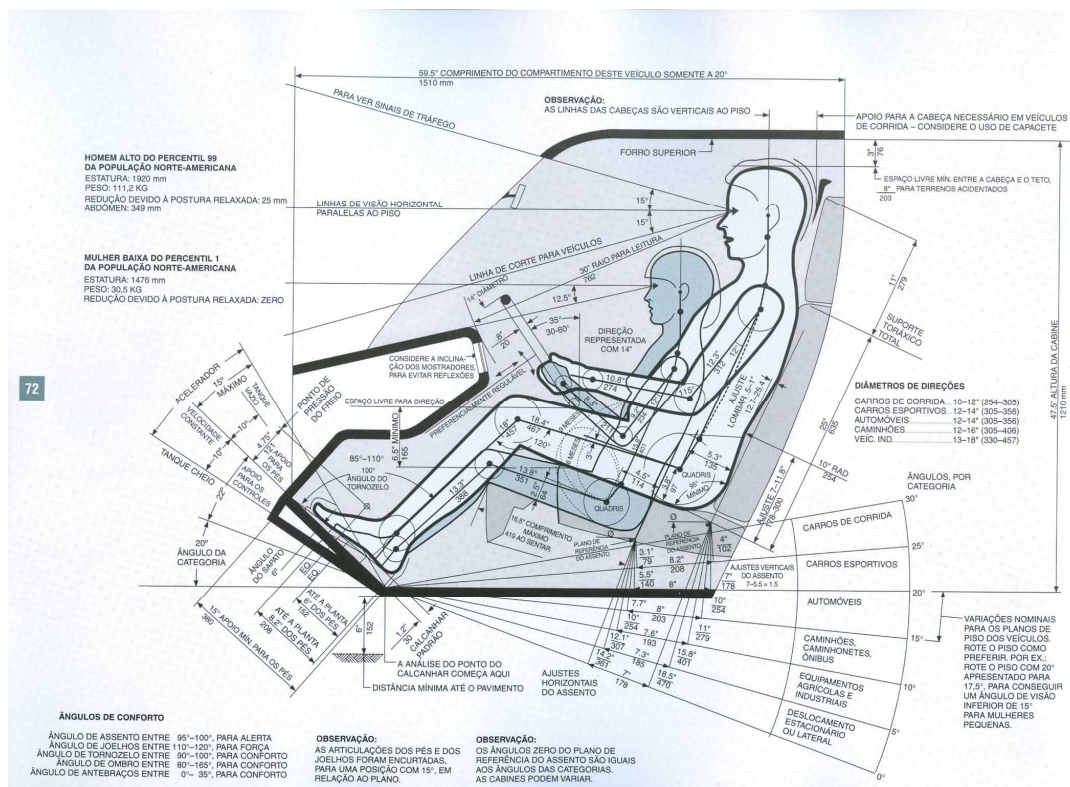
| Percentil | Equivalência     | % da população inclusa (bidirecional) |
|-----------|------------------|---------------------------------------|
| 99        | Média + 2,326 DP | 98                                    |
| 95        | Média + 1,65 DP  | 90                                    |
| 90        | Média + 1,28 DP  | 80                                    |
| 50        | Média            |                                       |
| 10        | Média + 1,28 DP  | 80                                    |
| 5         | Média + 1,65 DP  | 90                                    |
| 1         | Média + 2,326 DP | 98                                    |

Fonte: Tilley (2002)

É importante salientar que estas estimativas são baseadas em uma distribuição normal (curva normal) da população, quando a média e a mediana de uma população são equivalentes. O desvio padrão (DP) é obtido por cálculo estatístico a partir desta distribuição normal.

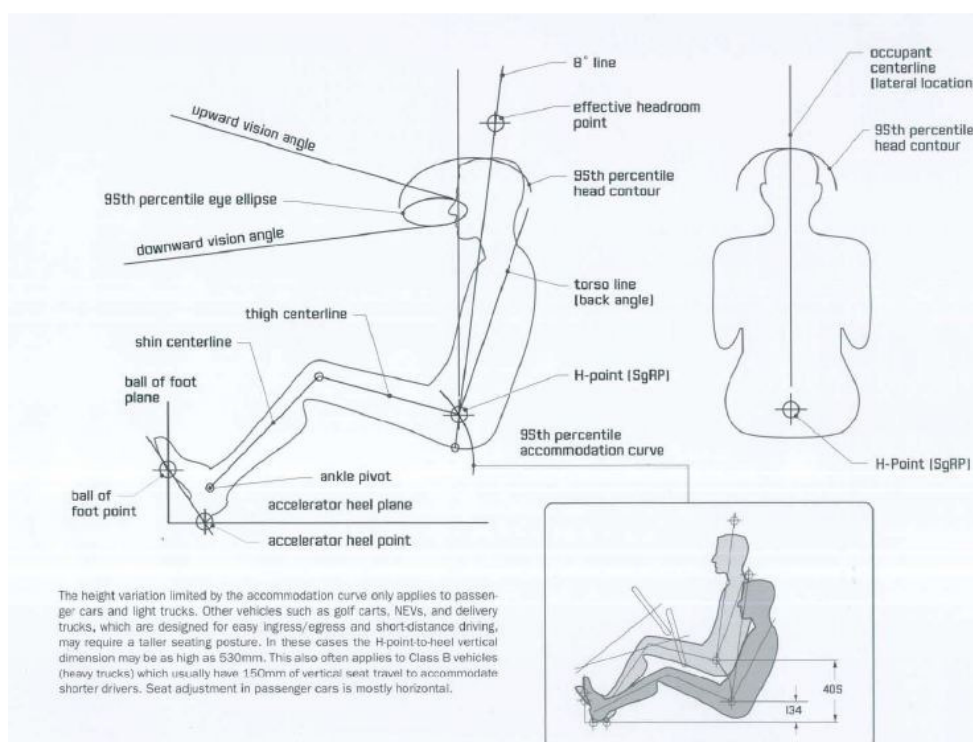
O modelo antropométrico a ser utilizado neste trabalho é o apresentado por Tilley (2002), com base em medidas da população dos Estados Unidos devido à falta de um estudo mais profundo no tema com relação à população brasileira. Os percentis considerados serão o 5% feminino e o 95% masculino. As figuras 7 e 8 ilustram as principais posturas consideradas para o projeto de veículos.

Figura 7 - Dimensionamento de uma cabine de motorista



Fonte: Tilley, 2002

**Figura 8 - Pontos de referência para o projeto de cabine**



Fonte: Macey e Wardle, 2008

A Tabela 8 resume as dimensões mais importantes nos percentis considerados:

**Tabela 8 - Dimensões importantes do corpo humano para o projeto de veículos**

| Porção medida                   | 5% Feminino (mm) | 95% Masculino (mm) |
|---------------------------------|------------------|--------------------|
| Estatura                        | 1515             | 1865               |
| Peso                            | 49 (kg)          | 102                |
| Altura até o quadril            | 740              | 1000               |
| Altura quadril-cabeça (sentado) | 795              | 970                |
| Altura quadril-ombros (sentado) | 505              | 645                |
| Largura dos ombros (sentado)    | 375              | 505                |
| Largura do quadril              | 310              | 405                |
| Largura de apreensão dos ombros | 555              | 715                |
| Comprimento do pé               | 220              | 285                |
| Largura do pé                   | 85               | 110                |

Fonte: Norma SAE J826

#### **4.4. Aspectos Normativos e Legais**

Conforme a legislação brasileira vigente, um veículo automotor deve atender a uma série de requisitos legais para que este possa ser considerado apto a rodar pelas vias do território nacional. As principais regulamentações e normas pertinentes ao projeto são descritas a seguir.

##### **4.4.1. Resoluções do CONTRAN**

Todos os automóveis devem, obrigatoriamente, possuir os seguintes itens (Resolução 14 CONTRAN):

- Para-choques, dianteiro e traseiro;
- Protetores das rodas traseiras dos caminhões;
- Espelhos retrovisores, interno e externo em ambos os lados;
- Encosto de cabeça, em todos os assentos dos automóveis, exceto nos assentos centrais;
- Limpador e lavador de para-brisa;
- Pala interna de proteção contra o sol (para-los) para o condutor;
- Faróis principais dianteiros de cor branca ou amarela;
- Luzes de posição dianteiras (faroletes) de cor branca ou amarela;
- Lanternas de posição traseiras de cor vermelha;
- Lanternas de freio de cor vermelha;
- Lanternas indicadoras de direção: dianteiras de cor âmbar e traseiras de cor âmbar ou vermelha;
- Lanterna de marcha à ré, de cor branca;
- Retrorrefletores (catadióptrico) traseiros, de cor vermelha;
- Lanterna de iluminação da placa traseira, de cor branca;
- Velocímetro;
- Buzina;
- Freios de estacionamento e de serviço, com comandos independentes;
- Pneus que ofereçam condições mínimas de segurança;



- Dispositivo de sinalização luminosa ou refletora de emergência;
- Extintor de incêndio;
- Cinto de segurança graduável com três pontos em todos os assentos dos automóveis. Nos assentos centrais, o cinto poderá ser do tipo subabdominal;
- Dispositivo destinado ao controle de ruído do motor, naqueles dotados de motor a combustão;
- Roda sobressalente, compreendendo aro e pneu, com ou sem câmara de ar, conforme o caso;
- Macaco, compatível com o peso e carga do veículo;
- Chave de roda;
- Chave de fenda ou outra ferramenta apropriada para a remoção de calotas.

Os automóveis também devem respeitar os seguintes limites dimensionais e de peso (Resolução 210 CONTRAN):

- Largura máxima: 2,60m
- Altura máxima: 4,40m
- Comprimento máximo para veículos não articulados: 14,00m.
- Peso bruto máximo para veículos não articulados: 29 t.

#### 4.4.2. Normas SAE para ocupantes do veículo

De acordo com as sugestões de Macey e Wardle (2008), as seguintes normas SAE para ocupantes do veículo devem ser consideradas:

- **J826:** proporções do manequim do percentil 95%.
- **J1516 e J1517:** curva de acomodação do ponto H – ponto do eixo do quadril que é a referência para o projeto de acomodação dos ocupantes do veículo.
- **J941:** posição dos olhos e campo de visão (elipse ocular)
- **J1100:** espaço para cabeça.

## 4.5. Tecnologia Automotiva

Os principais sistemas que compõem um automóvel estão listados e descritos nesta sessão. Os critérios de seleção das tecnologias relevantes para o projeto estão explicados no capítulo 7 - DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL.

### 4.5.1. Sistemas de propulsão

A escolha do sistema de propulsão de um automóvel pode ser considerada a mais decisiva, pois dela depende quase todo o package do veículo (estrutura construtiva), o que inclui posição do motor, sistema de transmissão, conjunto de baterias, tanque de combustível, sistema de escapamento, entre outros (MACEY e WARDLE, 2008).

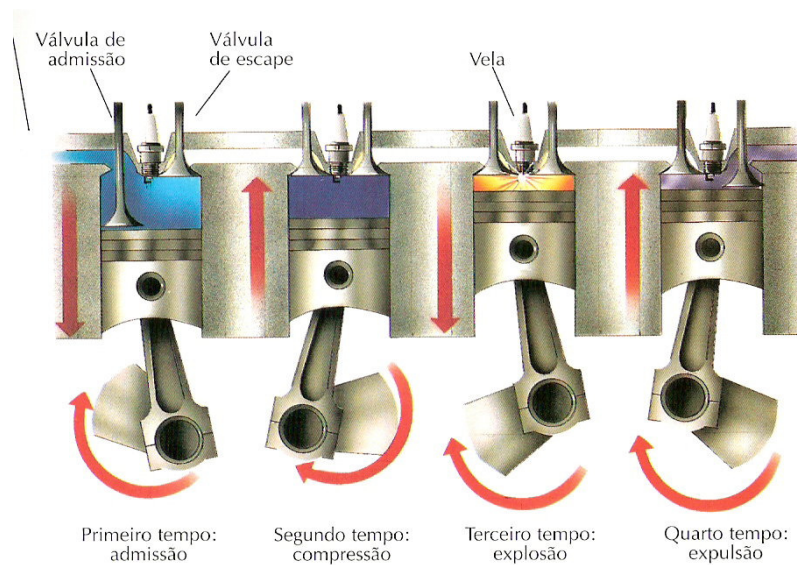
A seguir serão apresentados os tipos mais usuais dos sistemas de propulsão para veículos de passeio.

#### *Motores de combustão interna*

Os motores de combustão interna são utilizados em larga escala nas frotas do mundo inteiro, por uma série de fatores: são mais baratos de produzir, são relativamente compactos e contam com uma vasta infraestrutura para abastecimento – os postos de combustíveis são muito mais fáceis de encontrar do que pontos de recarga de baterias dos carros elétricos, por exemplo.

Grosso modo, estes motores funcionam pela rápida expansão dos gases provenientes da queima do combustível dentro de um cilindro do motor, o que produz movimento no pistão. O pistão, então, produz um movimento de vai-e-vem que é transmitido ao virabrequim, componente que transforma o movimento linear em rotativo. A figura 9 ilustra o funcionamento de um motor que opera a quatro tempos.

**Figura 9 – Etapas do ciclo Otto a quatro tempos**



**Fonte: HSW BRASIL, 2012**

O ciclo ilustrado acima é conhecido com ciclo de Otto, que está presente na maioria dos motores de carros e motos. O ciclo de Otto caracteriza-se pelo uso de centelha para ignição da mistura de ar e combustível dentro do pistão. O ciclo de quatro tempos tem a seguinte sequência (HSW BRASIL, 2012):

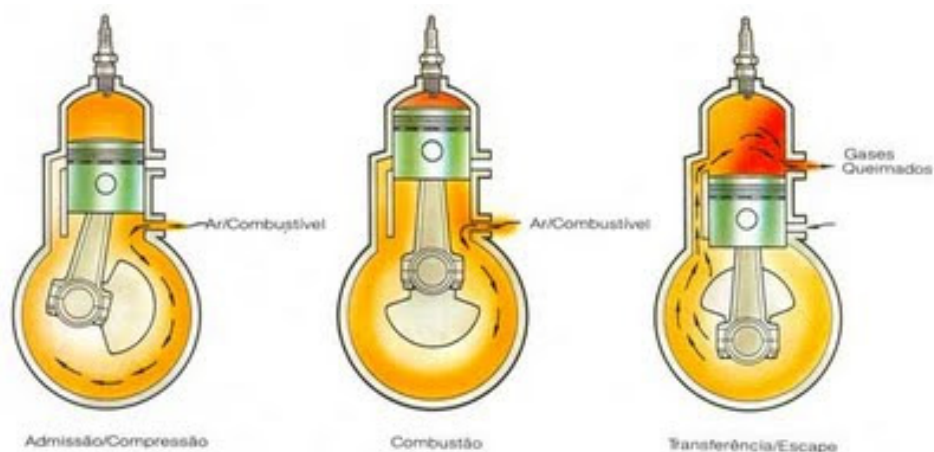
- **Admissão (primeiro tempo):** Acontece quando a válvula de admissão do cilindro é aberta enquanto a câmara de combustão se estende, deixando entrar a mistura de combustível e ar.
- **Compressão (segundo tempo):** Ocorre quando ambas as válvulas estão fechadas (admissão e escape). O pistão avança e comprime a mistura, diminuindo o volume da câmara de combustão. Essa compressão é necessária para que a queima do combustível seja a mais eficiente possível, já que a velocidade da reação química de queima é maior conforme aumenta a compressão da mistura.
- **Combustão (terceiro tempo):** Ainda com as válvulas fechadas, inicia-se com uma centelha – produzida pela vela – que causa a “explosão” da mistura comprimida, provocando uma rápida expansão de gases que movimenta o

pistão para baixo novamente. Este é o único tempo do ciclo em que se produz efetivamente movimento útil transmitido ao sistema.

- **Escape (quarto tempo):** Com a abertura da válvula de escape e o movimento do cilindro novamente para cima, o gás proveniente da combustão é expulso da câmara de combustão e direcionado ao sistema de escapamento, dando início ao ciclo novamente. É importante salientar que o ciclo de quatro tempos é completado a cada duas voltas do eixo.

O ciclo de dois tempos, em contrapartida, não depende de válvulas para fazer o controle de entrada de combustível e expulsão de gases; janelas em diferentes alturas do cilindro do motor fazem esse papel, dependendo da posição em que se encontra o pistão. A imagem a seguir ilustra o ciclo de 2 tempos.

Figura 10 - Etapas do ciclo Otto a dois tempos



Fonte: HSW BRASIL, 2012

As fases deste ciclo são as seguintes (HSW BRASIL, 2012):

- **Admissão/Compressão:** Com o pistão movendo-se em direção ao ponto superior do curso, ocorre a entrada da mistura (ar, combustível e óleo) no cilindro ao mesmo tempo em que a mistura é comprimida pelo movimento do pistão.

- **Combustão/Escape:** Quando o pistão atinge o ponto mais alto, uma centelha é liberada dentro do cilindro para que ocorra a combustão da mistura. A expansão de gases impulsiona o pistão de volta para baixo, movimento que libera a janela de exaustão dos gases queimados. O ciclo de dois tempos, então, é completado a cada volta do eixo.

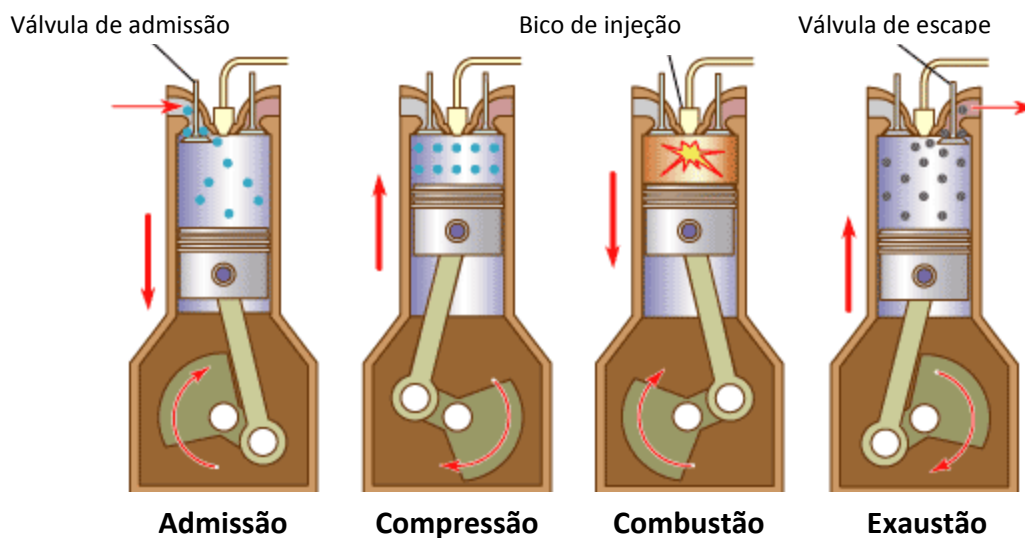
Pelo fato do ciclo completo ser realizado a cada volta do eixo, os motores a dois tempos em geral são mais potentes do que os motores a quatro tempos de mesma cilindrada. Porém, sua eficiência energética é inferior, pois há uma ligação direta entre a entrada de combustível e a saída de gases queimados, o que acarreta numa combustão menos eficiente, podendo escapar combustível não queimado durante a fase de exaustão.

Outra diferença fundamental entre estes dois tipos de ciclo é que no de quatro tempos o óleo lubrificante fica num reservatório acoplado abaixo do bloco do motor – o cárter – e este lubrifica o conjunto móvel sem entrar na câmara de combustão. Já no motor de dois tempos a lubrificação das partes móveis é feita adicionando óleo na mistura de ar e combustível.

Os motores que operam em ciclo Diesel são parecidos com os baseados no ciclo Otto, com as seguintes diferenças: (HSW BRASIL, 2012)

- Na fase de admissão do ciclo Otto é aspirada uma mistura de ar e combustível. No ciclo Diesel apenas ar é aspirado.
- No ciclo Diesel não há a presença da fagulha para ignição. Para conseguir a ignição sem fagulha, o ar aspirado na fase de admissão é comprimido a taxas de até 25:1 (em comparação, um motor a gasolina normalmente utiliza taxas de compressão entre 8:1 e 10:1). Este ar comprimido chega a altíssimas temperaturas dentro da câmara de combustão. É neste momento que ocorre a injeção do combustível que, entrando em contato com o ar muito quente, entra em combustão. A figura 11 ilustra o ciclo Diesel a quatro tempos.

Figura 11 - Etapas do ciclo Diesel a quatro tempos



Fonte: HSW BRASIL, 2012

As maiores vantagens do ciclo Diesel em relação ao ciclo Otto são a robustez do motor e a economia de combustível. Contudo, no Brasil, a circulação de veículos movidos a óleo Diesel – necessário para o funcionamento deste tipo de motor – está restrita a veículos de carga e de transporte coletivo de passageiros. O decreto nº 8.468 de 1976 (BRASIL), ainda em vigor, prevê a proibição do uso deste combustível para veículos de passeio. Na época o mundo vivia uma grande crise de fornecimento de petróleo, então o governo brasileiro decidiu que o óleo Diesel deveria ser reservado a utilizações consideradas mais essenciais, como o transporte coletivo de passageiros e de cargas, já que o escoamento da produção nacional é quase que totalmente rodoviário.

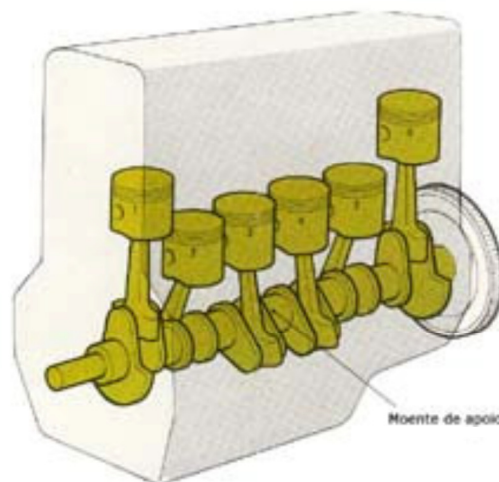
Existe ainda, dentro da categoria dos motores a combustão interna, as turbinas a gás, mas sua construção dificulta aplicação prática em carros compactos de passeio e por isso não serão consideradas neste trabalho.

Usualmente, os motores de combustão interna têm as seguintes construções: (HSW BRASIL, 2012)

- **Cilindros em linha:** os mais comuns em carros pequenos de passeio, por serem estreitos. Se instalados na posição transversal, permitem um capô bastante

curto, o que é desejável em veículos compactos. O número de cilindros não pode ser grande, pois o motor não caberia nesta posição. Por isso, em geral não passam de 4 cilindros.

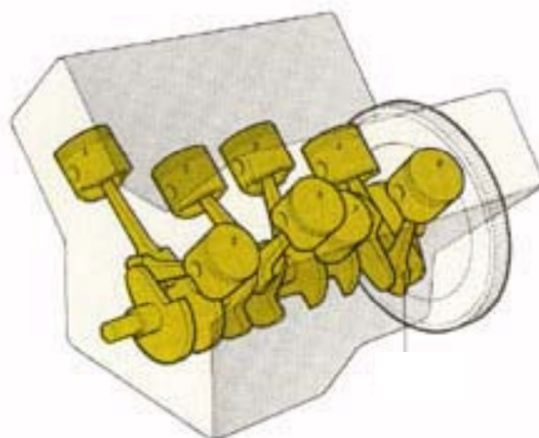
**Figura 12 - Motor de cilindros em linha**



Fonte: HSW BRASIL, 2012

- **Cilindros em V:** são mais compactos do que os em linha, quando o número de cilindros é maior do que 4. Sua construção, portanto, favorece carros de maior cilindrada (2.0 ou superior).

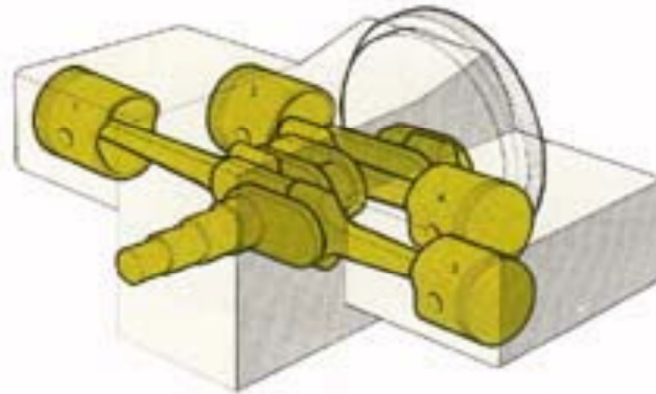
**Figura 13 - Motor de cilindros em V**



Fonte: HSW BRASIL, 2012

- **Cilindros opostos ou boxer:** os cilindros são divididos em lados opostos do motor, o que permite um baixo centro de gravidade (menor altura e maior largura), além de ser a única configuração de motor naturalmente balanceada, resultando em níveis de vibração muito menores devido ao fato de que um cilindro está sempre em posição simetricamente oposta ao cilindro do outro lado (XXXXXXXX, YYYY). Por ter um custo maior de fabricação e por sua grande largura que dificulta sua montagem em posição dianteira, este motor é mais utilizado em posição central ou traseira. Os carros da marca Subaru são conhecidos por ainda utilizam este tipo de motor na posição dianteira.

Figura 14 - Motor de cilindros opostos



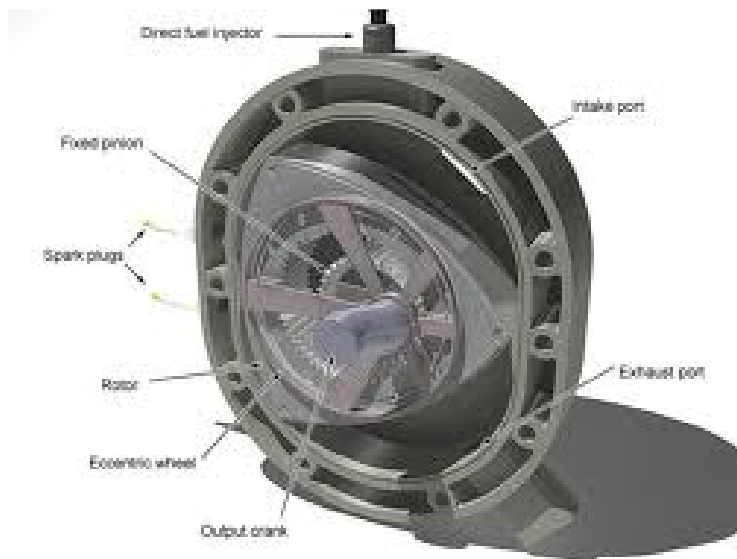
Fonte: HSW BRASIL, 2012

**Motor Wankel:** Um dos poucos tipos de motor que não utilizam pistão e virabrequim, já que sua produção de movimento é naturalmente rotativa. O princípio de funcionamento deste motor é uma câmara de combustão em formato quase oval e um rotor em formato triangular abaulado que gira excentricamente em relação ao seu eixo. Esse movimento excêntrico em conjunto com o formato oval da câmara forma quatro espaços que permitem que as quatro etapas do ciclo Otto ocorram simultaneamente (HSW BRASIL, 2012).

A Figura 16 ilustra o funcionamento deste motor.

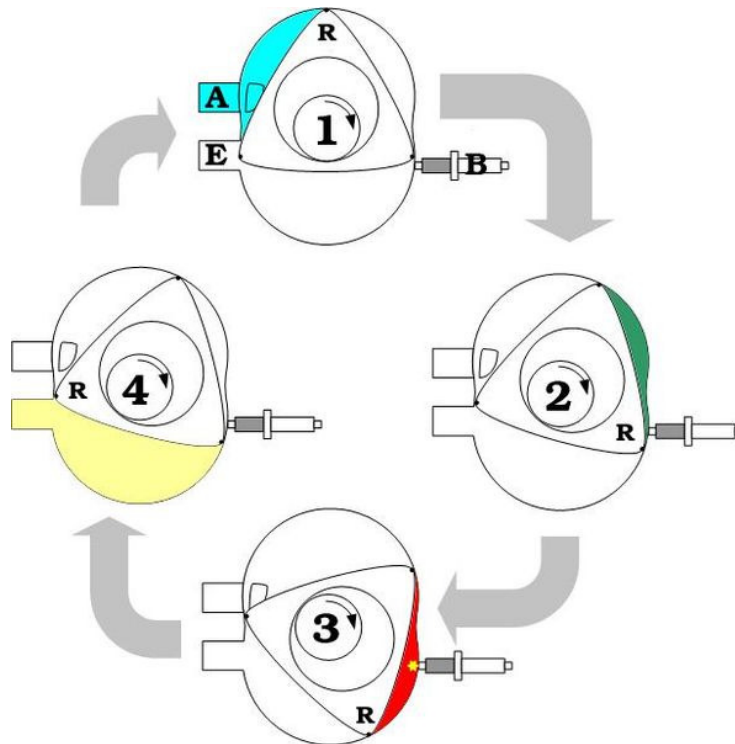


Figura 15 - Motor tipo Wankel



Fonte: HSW BRASIL, 2012

Figura 16 - Funcionamento do motor Wankel



Fonte: HSW BRASIL, 2012

O ciclo começa pela etapa de admissão, número 1 na figura, quando a mistura de ar e combustível entra pela válvula A. Conforme o rotor gira, se

acompanharmos o vértice R, ocorre a compressão da mistura, na área verde (número 2). Em seguida ocorre a ignição, na área vermelha (número 3), e a rápida expansão de gases impulsiona o rotor. O escape, então, ocorre na área amarela (número 4). (HSW BRASIL, 2012).

Este tipo de motor tem algumas vantagens em relação aos outros, como sua construção mais simples, com menos partes móveis, seu tamanho compacto, um funcionamento mais suave e silencioso. O motivo pelo qual estes não são adotados em grande escala é a dificuldade de vedação entre as câmaras, o alto consumo de combustível e a baixa durabilidade do motor. A Mazda é a única montadora que ainda utiliza este tipo de motor em alguns de seus carros.

Apesar das grandes diferenças construtivas, todos estes tipos de motor têm desempenho bastante parecido – mantendo-se constantes todas as outras variáveis, como cilindrada, curso do pistão, sistemas de admissão e exaustão, as diferentes construções de motores terão desempenhos semelhantes, com alguma variação ocorrendo na questão de peso, complexidade do motor, consumo e balanceamento.

Existem outros tipos menos usuais de construção do motor, como os de cilindros em U, em H, em X ou em W, além dos radiais, mas como têm aplicações muito específicas, não serão considerados.

Os motores de combustão interna são, por natureza, bastante complexos, com muitas partes móveis e subsistemas necessários para seu funcionamento, como os sistemas de arrefecimento, de escapamento de gases, de alimentação de combustível, de lubrificação e de ignição.

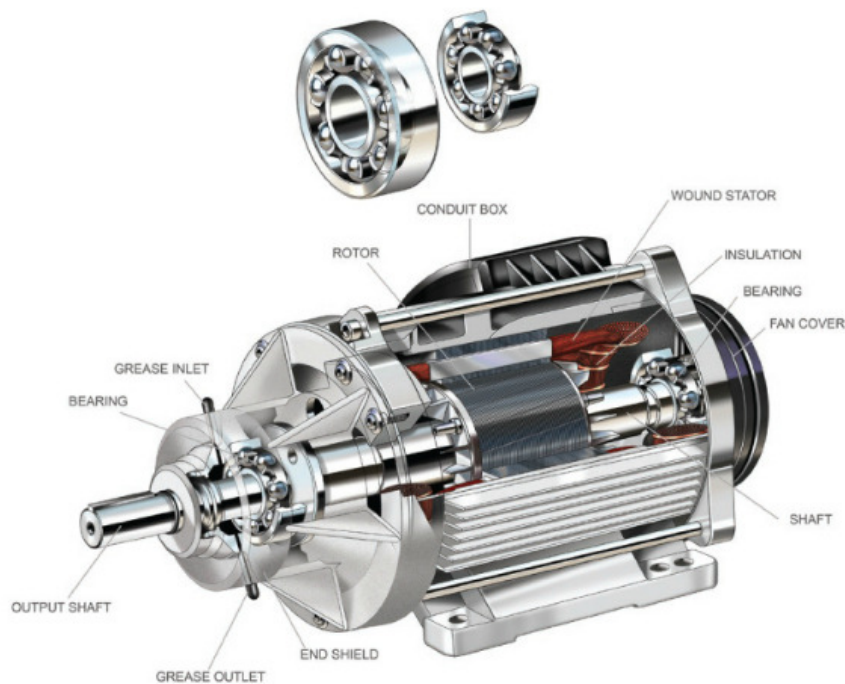
Os combustíveis mais usuais para este tipo de motor são: a gasolina (pura ou misturada com etanol), o etanol, o diesel (ou biodiesel) e o gás natural. Estes combustíveis serão detalhados na seção 4.5.2.

## Motores elétricos

Os motores elétricos automotivos são bastante simples em comparação com os motores de combustão interna, pois têm tamanho reduzido, apresentam uma boa eficiência energética, poucas partes móveis, são silenciosos, oferecem uma boa relação peso/potência, além de não necessitarem de sistemas de ignição, arrefecimento e escapamento. Porém, outros subsistemas elétricos são necessários, como a caixa reguladora e um grande conjunto de baterias (LARMINIE, 2002).

Um típico motor elétrico está ilustrado na Figura 17:

**Figura 17 - Motor elétrico**



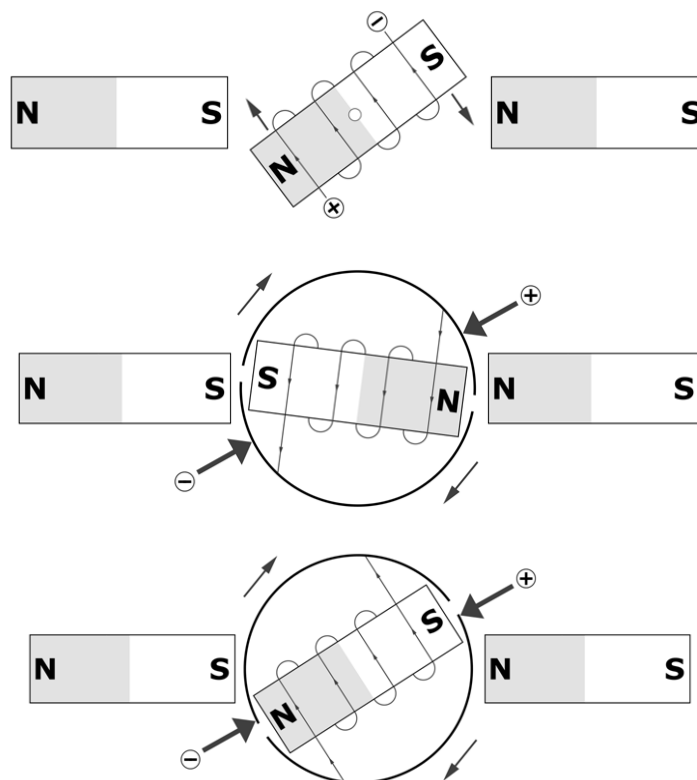
**Fonte: (LARMINIE, 2002)**

O princípio de funcionamento do motor elétrico se dá pelo magnetismo. Dois estatores fixos são posicionados acima e abaixo do rotor, com um deles agindo como o polo norte e o outro agindo como o polo sul. Os estatores podem ser ímãs permanentes, em motores menores, ou eletroímãs, quando grande

potência é necessária. O rotor, que é um eletroímã, tem seus polos atraídos pelos polos dos estatores. Essa atração, porém, não serviria para produzir movimento, já que a tendência seria o rotor ficar estacionário assim que os polos opostos estivessem alinhados. O que faz com que o rotor gire continuamente é um conjunto de componentes, a escova e o comutador, que têm como função inverter a polaridade do rotor a cada meia volta, permitindo que o rotor continue girando ao invés de ficar alinhado com os estatores (LARMINIE, 2002).

A Figura 18 mostra, esquematicamente, a operação básica de um motor elétrico.

Figura 18 - Funcionamento simplificado do motor elétrico



As setas largas representam as escovas, que transmitem corrente para o comutador, representado pelos dois arcos semicirculares. Na etapa 1, o polo sul do eletroímã central – o rotor – é atraído pelo polo norte do estator à direita. Na etapa 2, pela ação do comutador e da escova, a polaridade do rotor é invertida,

para que o rotor seja repelido pelo polo norte do estator à direita. Esta constante troca de polaridade é que permite o movimento contínuo do motor.

Os motores elétricos, assim como os de combustão interna, podem ser de diversos princípios de funcionamento, sendo os mais proeminentes os de corrente alternada e os de corrente contínua. Dentro desta categorização, ainda existem muitas variações, dependendo do princípio de funcionamento. A seguir, uma listagem dos principais tipos de motores elétricos e as diferenças entre eles (LARMINIE, 2002):

**Motores de corrente contínua com escova:** Funcionam a partir do princípio ilustrado anteriormente, onde a inversão de polaridade é realizada pelo comutador e pelas escovas. São os mais fáceis de encontrar, porém possuem um elevado custo de manutenção, já que o desgaste das escovas é bastante grande.

**Motores de corrente contínua sem escovas:** podem ser considerados uma evolução dos motores com escovas. A inversão de polaridade, neste caso, não se dá mais no rotor, e sim nos estatores, que são eletroímãs. Circuitos controladores externos ao motor são os responsáveis pela inversão da polaridade dos estatores, fazendo com que este tipo de motor tenha um custo um pouco mais alto. O rotor é um ímã permanente e, portanto, não inverte sua polaridade. Porém, pelo fato de não ter escovas, apresenta uma longa vida útil e maior confiabilidade.

**Motores de corrente alternada:** Funcionam com o princípio de alternância de direção da corrente elétrica – a mesma que abastece as casas nas cidades. Como a própria corrente elétrica inverte a direção, a polaridade dos eletroímãs inverte concomitantemente. Assim, um motor de construção mais simples é possível, porém existe a necessidade de um conversor de corrente, já que a corrente fornecida pelas baterias é contínua e o motor necessita de corrente alternada. Podem ser monofásicos ou trifásicos, dependendo da sua construção. Os monofásicos, porém, por limitações construtivas, são limitados a aplicações de menor potência, sendo os trifásicos os mais comuns para uso em automóveis.

Este tipo de motor permite, também, a frenagem regenerativa, que é o uso da energia cinética da frenagem para transformar o motor temporariamente em um gerador, alimentando as baterias. Isto permite uma maior autonomia em carros elétricos, uma das maiores desvantagens dos carros elétricos em relação aos de combustão interna.

Seja qual for o tipo de motor elétrico, todos eles têm as seguintes características em comum (LARMINIE, 2002):

- Necessitam de uma fonte de energia elétrica, geralmente fornecidas por um grande e pesado conjunto de baterias. Este, atualmente, é o maior impedimento para o uso em larga escala dos carros elétricos, uma vez que uma solução economicamente viável ainda não foi encontrada.
- Para que o acelerador de um carro elétrico funcione da mesma maneira que um carro a gasolina, por exemplo, é necessário um sistema que utiliza um potenciômetro e uma caixa controladora, já que os motores elétricos, por si só, tem velocidade constante. O efeito de acelerar gradativamente necessitaria que o motorista pulsasse o acelerador, o que traz um grande desconforto ao dirigir.
- Motores elétricos oferecem torque máximo em qualquer rotação, ao contrário dos motores de combustão interna, que oferecem torque máximo em uma faixa de rotação mais específica.
- Não necessitam de sistemas de lubrificação, arrefecimento, escape e ignição, uma vez que operam com eletricidade.
- Emissão zero na operação: como não há a queima de combustíveis, não poluem o ar. É importante notar que se o fornecimento de energia da rede é feito por meio de usinas termoelétricas, a emissão de poluentes é transferida para a central fornecedora de energia. Mesmo com a maior eficiência de uma usina termoelétrica em relação a um motor de combustão interna – a emissão de um carro elétrico nesses lugares corresponde a apenas 10% da emissão de um veículo comum a gasolina (CALCARS, 2006) – não se pode afirmar que

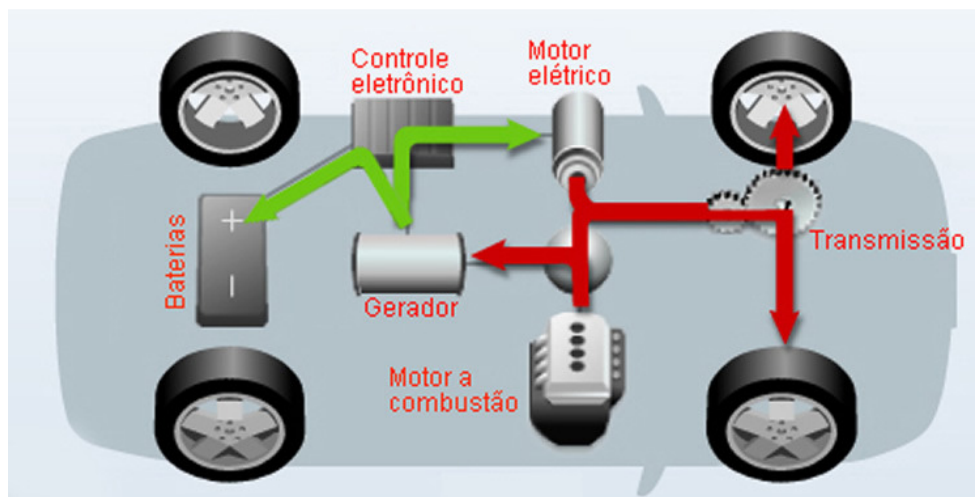
nestes casos o veículo é livre de emissões. Portanto, um veículo elétrico só é realmente livre de emissões em lugares onde o fornecimento de energia elétrica é limpo, como o proveniente de usinas hidrelétricas, por exemplo.

### *Motores híbridos*

Os motores híbridos nada mais são do que a operação de dois tipos de motor trabalhando em paralelo. O tipo mais comum de sistema híbrido é a união de um motor elétrico e um motor de combustão interna. Aliar as melhores características dos dois sistemas foi a solução encontrada para atingir melhores níveis de economia de combustível, emissões de poluentes e autonomia dos carros. O fato de existirem dois motores permite que cada um seja menor e mais eficiente. (LARMINIE, 2002)

O que estes sistemas fazem, basicamente, é operar com os dois motores em paralelo, sendo cada um acionado nas situações onde é mais eficiente. Nos momentos onde o veículo anda em baixas velocidades e sem grandes variações de aceleração, o motor elétrico é o mais exigido. Opostamente, quando a situação demanda mais potência e velocidade, como numa ultrapassagem ou em estrada a altas velocidades, o motor a combustão interna é o mais acionado, sendo que o motor elétrico também contribui. O esquema básico de funcionamento é o mostrado abaixo:

Figura 19 - Sistema híbrido



Fonte: HSW BRASIL, 2012

Em geral, os sistemas híbridos operam com o motor a combustão interna produzindo energia para um gerador, que converte a energia mecânica em elétrica de forma mais eficiente e recarrega as baterias. Este mesmo motor transmite potência para as rodas. Existem, também, sistemas híbridos *plug-in*, onde o conjunto de baterias pode ser recarregado também por meio de tomadas. Independente desta diferença, a operação dos dois modos é bastante similar.

Existe outra diferenciação, no entanto: alguns modelos de carros híbridos não utilizam o motor de combustão interna para transmitir potência, mas apenas para gerar eletricidade para o conjunto de baterias, efetivamente tornando-se um gerador elétrico.

No Brasil, os automóveis híbridos ainda estão distantes do público em geral, já que são poucos os modelos disponíveis, e todos eles estão numa categoria de preço bastante acima da proposta por este trabalho.

#### 4.5.2. Sistemas de armazenamento de energia

A escolha de uma fonte energética está intrinsecamente ligada ao tipo de sistema de propulsão de um veículo, já que desta relação derivam todas as implicações mecânicas, econômicas, ecológicas, entre outras, que se aplicam ao



veículo. Um motor elétrico de corrente alternada, por exemplo, implica em restrições mecânicas muito diferentes das de um motor a gasolina comum. Um motor elétrico, por exemplo, não necessita de um sistema de ignição/injeção como um motor a gasolina, mas em contrapartida implica um sistema de baterias bastante volumoso, o que é o maior entrave a sua aplicação em larga escala, já que características como autonomia e peso são bastante afetadas.

Por isso, a comparação de todas as implicações de projeto destes sistemas energéticos é fundamental, para que a escolha deste sistema seja coerente com os objetivos do projeto. Esta seção dedica-se a comparar as vantagens e as desvantagens dos sistemas atuais que são tecnológica e economicamente viáveis.

#### *Combustíveis fósseis / naturais*

Nesta categoria estão inclusos os sistemas que são baseados no princípio do motor de combustão interna. Os combustíveis analisados são:

- **Gasolina:** Combustível líquido composto de hidrocarbonetos, sendo um dos derivados do petróleo, largamente utilizado em veículos automotores. No Brasil, por lei, a gasolina distribuída pelos postos de combustível pode conter até 25% de etanol combustível, tornando a gasolina brasileira menos pura do que a de outros países, mas um pouco menos poluente.
- **Etanol:** Mais conhecido como álcool, é um combustível produzido pela fermentação de vegetais, sendo a cana-de-açúcar o mais utilizado no Brasil. Foi largamente usado durante os anos 1970, à época da crise do petróleo, recentemente teve um retorno no uso incentivado pela popularização dos motores Flex (bicombustíveis). Seu nível de poluição é um pouco inferior ao da gasolina, porém têm um rendimento por litro inferior, girando em torno de 70% do rendimento da gasolina.
- **Gás Natural Veicular:** O GNV, como é conhecido nos postos de combustível, é um combustível gasoso que tem uma série de vantagens em relação à gasolina e ao etanol, entre elas: é atóxico; não possui impurezas que possam

danificar o motor, dispensando o uso de aditivos; é seguro no caso de vazamentos, pois dispersa facilmente; queima com uma chama limpa que produz até menos poluentes que a gasolina; é processado mais facilmente pelo motor por ser gasoso; além de ter um melhor rendimento e um menor preço em relação aos outros combustíveis. Em contrapartida, seu poder calorífico é menor do que o da gasolina.

### *Sistemas elétricos*

Entende-se por alimentação elétrica todos os sistemas onde exista produção de uma diferença de potencial que alimente o motor (LARMINIE, 2002).

- **Conjunto de baterias:** Atualmente, existem diversas tecnologias diferentes na produção de baterias automotivas, sendo as mais comuns: chumbo-ácido, íons de lítio, níquel-metal-hidreto, entre outros. As características de construção das baterias fazem com que necessitem ocupar um grande volume e muito peso para que produzam a energia necessária para fazer um carro rodar. Muitas delas são produzidas com substâncias tóxicas, e, além disso, seu custo inicial é bastante alto.
- **Célula fotovoltaica:** Também conhecidos como painéis solares, produzem energia de forma completamente limpa: transformam a luz do sol em energia elétrica. Porém, estes painéis têm uma baixa eficiência nessa transformação, necessitando ocupar grandes áreas para que produzam energia suficiente para um carro. Ou seja, são impraticáveis do ponto de vista construtivo.
- **Célula de combustível:** A maior esperança para viabilizar o uso de um combustível realmente limpo para os automóveis, sem os inconvenientes dos conjuntos de baterias. Este sistema opera pela ligação dos átomos de oxigênio e hidrogênio, produzindo água e eletricidade no processo. O grande problema é a obtenção e a distribuição do hidrogênio em gás, que atualmente ainda é bastante ineficiente e custoso, inviabilizando sua utilização em larga escala no curto prazo.

#### 4.5.3. Estrutura

A estrutura do carro, segundo Morello et al (2011), deve atender às seguintes exigências:

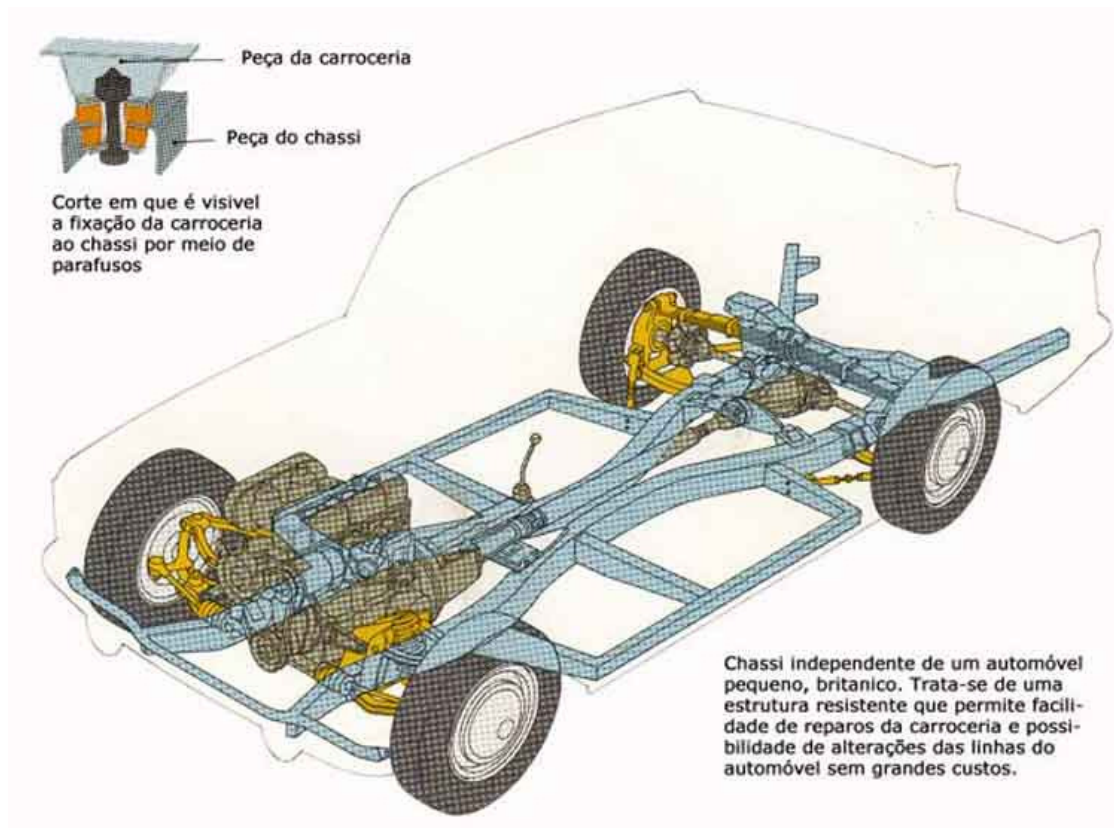
- **Estética:** possibilitar uma aparência agradável, além de detalhes consistentes.
- **Estrutural:** suportar o peso dos passageiros e das cargas transportadas, bem como as partes mecânicas exigidas para a propulsão e controle do veículo, além de suportar as solicitações mecânicas decorrentes do uso.
- **Ergonômica:** permitir acesso fácil e espaço suficiente para o condutor, passageiros e mercadorias transportadas.
- **Segurança:** garantir a integridade do habitáculo em caso de acidente, absorvendo a energia de impacto, bem como reduzir as lesões para as pessoas externas ao veículo (pedestres, ciclistas, etc.), em caso de colisão.
- **Aerodinâmica:** minimizar o arrasto devido ao impacto do ar, minimizar os efeitos do fluxo de ar no contato entre os pneus e a via, bem como melhorar a estabilidade do veículo.
- **Isolamento:** minimizar ruídos, vibrações e transmissões térmicas geradas pelas paredes do veículo.
- **Visibilidade:** oferecer a melhor visibilidade possível – durante dia e noite – e receber os dispositivos de iluminação da maneira mais eficaz.

Nos carros de mercado, em geral, há três opções mais comuns: o conjunto de chassi e carroceria, a estrutura em monobloco e o *spaceframe*.

##### *Conjunto chassi e carroceria*

O conjunto de chassi e carroceria consiste em uma base composta de vigas metálicas por cima da qual é montada a carroceria, em dois corpos separados. Neste conjunto é que são montados, também, todos os outros componentes, como propulsão, transmissão, direção, rodas e suspensão (MORELLO et al, 2011). A Figura 20 é um bom exemplo de uma típica estrutura por chassi.

Figura 20 - Estrutura em chassi



Fonte: HSW BRASIL, 2012

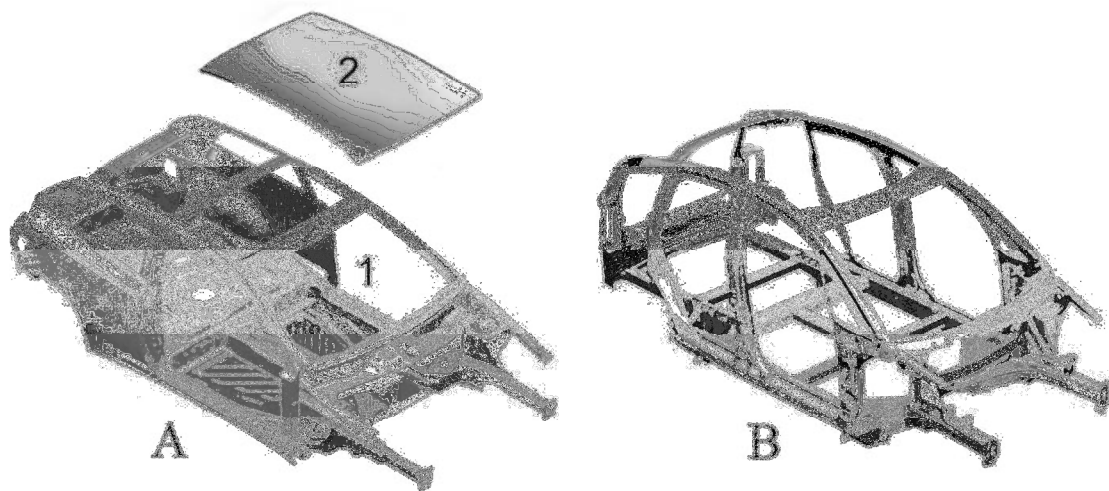
As vantagens do uso de estrutura em chassi decorrem de sua facilidade de fabricação, já que em geral são feitos a partir de vigas de seção contínua, mais baratas e fáceis de produzir, apresentam excelente resistência à torção, além de terem manutenção facilitada em caso de acidentes. Outra vantagem é no uso em veículos de carga, já que suas estruturas em vigas metálicas são bastante resistentes e suportam o peso das grandes cargas que este tipo de veículo transporta.

### *Estrutura em monobloco*

A estrutura em chassi, porém, foi dando lugar à estrutura em monobloco ao longo do tempo. Este sistema consiste na união do chassi e da carroceria em

um corpo inteiriço, o que permite um melhor aproveitamento do espaço, uma maior leveza na estrutura, além de absorver melhor a energia no momento de uma colisão (MORELLO et al, 2011). A Figura 21 ilustra duas estruturas em monobloco.

Figura 21 - Estrutura em monobloco



Fonte: MORELLO et al (2011)

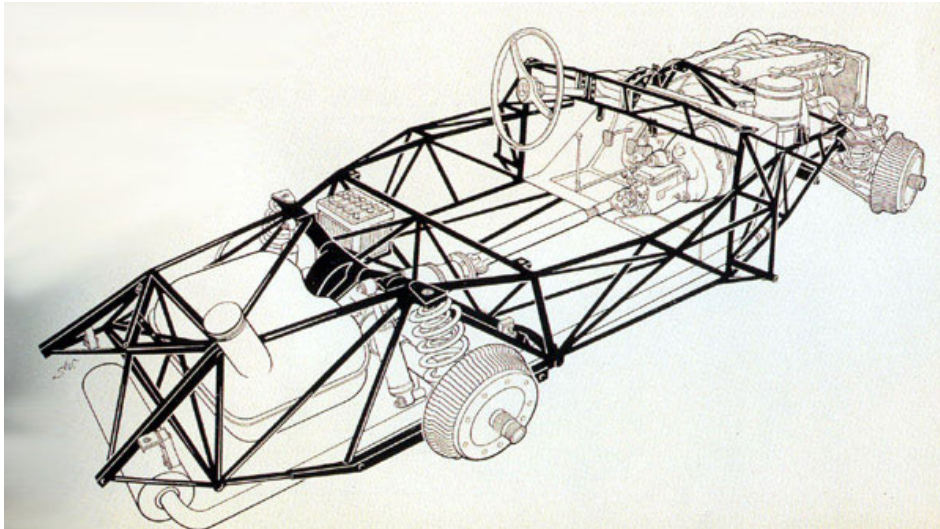
A estrutura A consiste numa típica construção em monobloco. É feita com chapas estampadas (2), geralmente de aço ou alumínio, soldadas sobre uma estrutura (1). Neste caso a lataria é parte integrante do monobloco, atuando como elemento estrutural. Já na estrutura B temos um exemplo de monobloco estruturado, onde existe um “esqueleto” metálico por cima do qual serão adicionados os painéis que comporão a carroceria do veículo. Os monoblocos apresentam uma menor resistência à torção em comparação aos chassis de vigas, e por isso em geral são reforçados nas laterais com vigas metálicas.

### *Spaceframe*

O *spaceframe* consiste numa trama tridimensional de elementos estruturais simples, como vigas ou tubos, que por conta de sua geometria oferece grande resistência mecânica. Devido a sua construção simples, é adequada para

volumes pequenos de produção, pois não requer grandes investimentos em ferramenta e matrizes (MORELLO et al, 2011). A Figura 23 exemplifica um típico *spaceframe*.

**Figura 22 - Estrutura *spaceframe***



**Fonte: MORELLO et al (2011)**

#### 4.5.4. Suspensão e amortecimento

A suspensão desempenha um papel fundamental nos carros, já que é deste sistema que depende o conforto, a dirigibilidade e a estabilidade do veículo durante as viagens. Sua função é aumentar ao máximo o atrito entre os pneus e a via, para que os pneus transmitam sua tração total. É este sistema também que compensa as irregularidades das ruas e estradas para que os passageiros não sintam de forma exagerada as vibrações, além de fazer com que as rodas não percam o contato com a via no caso de batidas em obstáculos maiores.

Existem diversos tipos de suspensão, entre os mais comuns estão os mecânicos e os pneumáticos. As suspensões mecânicas incluem a mola helicoidal, o feixe de molas e a barra de torção. Já os pneumáticos são representados pela mola pneumática.

- **Molas helicoidais:** este sistema é baseado na elasticidade proporcionada por uma mola metálica de compressão que absorve a energia dos impactos nas rodas em forma de compressão no seu sentido longitudinal. Este é o tipo mais comum de suspensão em uso nos carros de passeio, por sua forma simples e de fácil construção.

Figura 23 - Suspensão de molas helicoidais



Fonte: MORELLO et al (2011)

- **Feixe de molas:** consiste num conjunto de lâminas de metal envergadas, colocadas em conjunto para atuarem como uma única mola. Data da época das carruagens e até hoje é bastante utilizada em veículos de transporte de cargas, por ser de grande resistência e durabilidade, além de serem fáceis de fabricar. Este sistema, no entanto, não se presta a ser instalado em rodas dianteiras, pois sua construção só permite sua colocação em eixos rígidos.

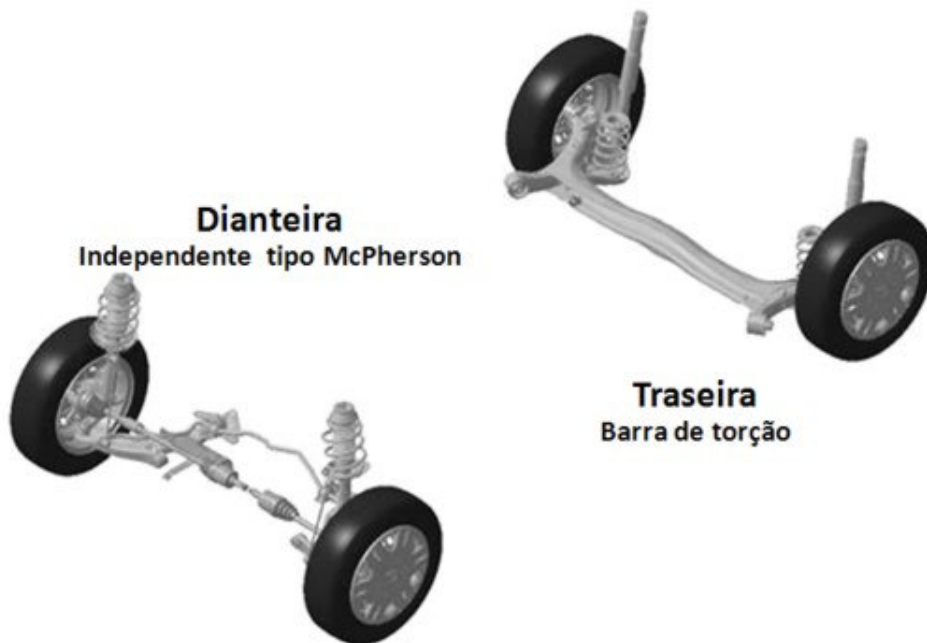
Figura 24 - Suspensão por feixe de molas



Fonte: MORELLO et al (2011)

- **Barra de torção:** baseia-se na torção de uma barra de aço para alcançar as propriedades de elasticidade necessárias para o sistema de suspensão. A barra é fixada firmemente na estrutura do veículo por uma de suas extremidades, enquanto que a outra extremidade tem uma alavanca perpendicular ao eixo longitudinal da barra, que é fixada às rodas. Esta alavanca perpendicular promove a torção da barra quando solicitada pelo movimento vertical das rodas. As barras de torção apresentam uma excelente relação peso-energia armazenada, mas necessitam de uma instalação extremamente firme.

Figura 25 - Suspensão traseira por barra de torção



Fonte: HSW BRASIL, 2012

- **Molas pneumáticas:** utiliza a capacidade de compressão do ar para absorver as vibrações das rodas. Uma câmara de ar é colocada entre a roda e a estrutura do carro, e a variação de altura das rodas pela ação das irregularidades da via comprime e expande o ar da câmara, absorvendo assim esta energia. Este sistema é bastante eficiente, não necessita de um conjunto amortecedor adicional, além de permitir a regulagem de altura da suspensão de maneira



muito fácil, porém é um sistema mais caro, pois envolve também o uso de uma bomba de ar para manter constante a pressão interna da câmara.

**Figura 26 - Suspensão por câmara pneumática**



**Fonte: HSW BRASIL, 2012**

### *Amortecimento*

Os sistemas de suspensão mecânicos, por serem baseados no princípio da elasticidade de uma mola, conseguem absorver muito bem os impactos sobre as rodas. Porém, como as molas tem a tendência a oscilar depois de acionadas, se estas fossem usadas sozinhas, os carros ficariam balançando em demasia após um obstáculo, até que a oscilação da mola cessasse. Esse problema é contornado com o uso dos amortecedores, que em paralelo com as molas, atenuam a oscilação das molas para garantir maior conforto para os passageiros e uma maior estabilidade para o carro.

O funcionamento de um amortecedor tem como princípio as resistências hidráulicas geradas pela dificuldade de passagem de um fluido – frequentemente óleo ou ar – através dos furos de um pistão. O movimento de sobe-e-desce das molas em oscilação é atenuado por essas resistências hidráulicas.

Existem diversos tipos de amortecedores, dependendo de sua construção, forma e fluido utilizado, mas os mais comuns são os pneumáticos, onde o amortecimento é pela compressão de um gás, os hidráulicos, nos quais um fluido é comprimido para gerar o amortecimento, além da combinação de ambos.

**Figura 27 - Amortecedores**



**Fonte: HSW BRASIL, 2012**

#### 4.5.5. Transmissão

O sistema de transmissão é o responsável por conduzir e modificar a potência gerada pelo motor até as rodas de uma forma eficiente e adequada a cada situação. É composto pela caixa de câmbio, pelo diferencial e pelas juntas homocinéticas.

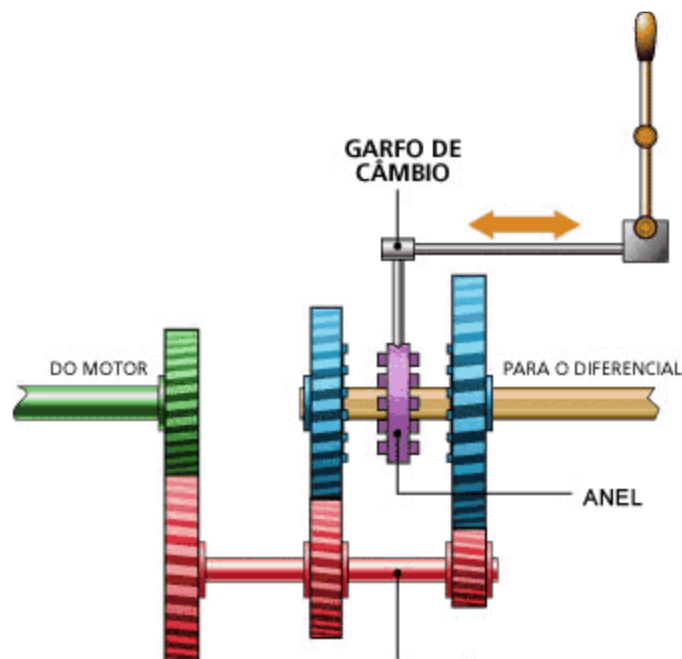
##### *Caixa de câmbio e embreagem*

Os motores a combustão interna operam em uma faixa de rotação relativamente estreita: abaixo desta faixa produzem pouco torque, acima dessa faixa correm o risco de superaquecer ou até mesmo fundir. Apesar disso, o carro precisa desenvolver diferentes velocidades para operar satisfatoriamente, quando

se estaciona o carro numa via ou quando se necessita fazer uma ultrapassagem em uma autoestrada, por exemplo. Devido a essa limitação de operação dos motores, a caixa de câmbio desempenha o papel de manter o motor dentro de uma faixa de rotação satisfatória ao mesmo tempo em que proporciona diferentes velocidades nas rodas.

A caixa de câmbio realiza essa tarefa por meio de eixos com engrenagens de diferentes diâmetros que permitem a variação de rotação do eixo de saída em relação a rotação do eixo de entrada. A Figura 28 ilustra de forma simplificada uma caixa de câmbio manual de duas velocidades.

Figura 28 - Caixa de câmbio simplificada



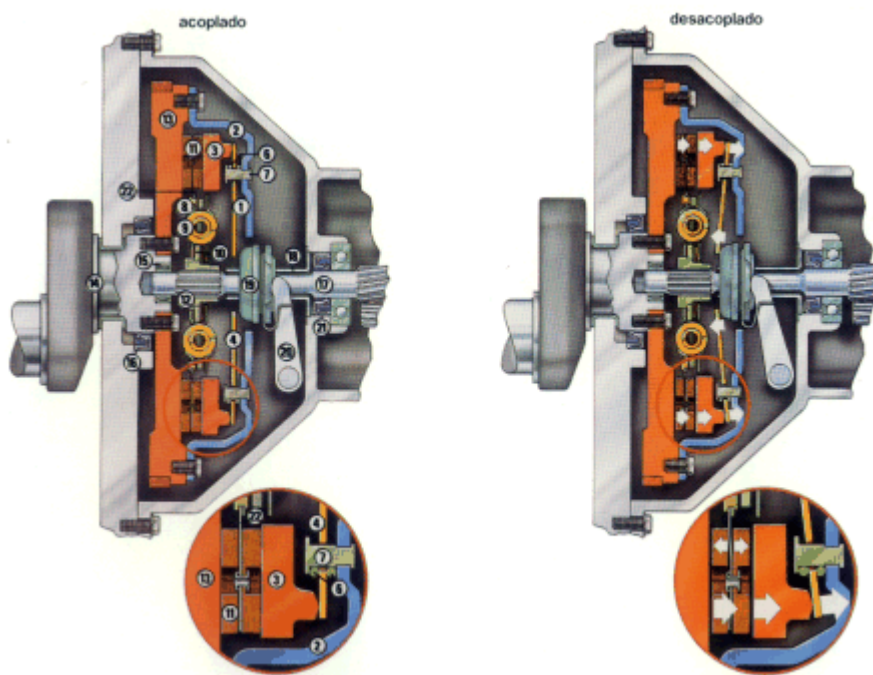
Fonte: HSW BRASIL, 2012

O acionamento do garfo de câmbio mostrado acima movimentará o anel, em roxo, para selecionar uma das engrenagens em azul, que é a que transmitirá torque para o diferencial. Nas caixas de câmbio manual, como é o caso da grande maioria dos carros de passeio do Brasil, a troca entre velocidades é feita pelo

próprio motorista, que deve posicionar o câmbio em uma marcha que seja adequada para a situação.

Nesses momentos, porém, para evitar danos à caixa pela troca de engrenagens com o conjunto em movimento, é necessário isolar a caixa do motor para que a troca seja feita de forma suave. Isso é feito pelo sistema de embreagem, que desconecta o motor do resto do sistema de transmissão. O funcionamento do sistema de embreagem está mostrado esquematicamente na Figura 29.

Figura 29 - Embreagem



Fonte: HSW BRASIL, 2012

O acionamento de um pedal de embreagem empurra uma mola tipo prato que, com sua flexão, descola o engate da embreagem com o volante do motor, desconectando o motor do resto do sistema, conforme mostrado no detalhe.

## 5. ANÁLISE DE SIMILARES

Esta análise de produtos similares no mercado pautou-se pela comparação entre veículos vendidos oficialmente em território nacional até junho de 2012 (por conta disso, modelos lançados após esta data não foram considerados no trabalho), e que se enquadram na categoria de compactos e subcompactos, ou que tenham preço de compra até R\$ 30.000,00. Assim, a concorrência em preço e em segmento fica contemplada.

Para esta análise, apenas as versões de série de cada veículo foram consideradas. A ficha técnica de cada veículo encontra-se na seção de Apêndices. Os quesitos analisados são: exterior, interior, desempenho, itens de série e visão geral.

### 5.1. Mercado nacional

#### 5.1.1. Chery QQ 1.1 16V 2012

Figura 30 - Chery QQ



Modelo de entrada da montadora chinesa Chery, que entrou no mercado brasileiro há pouco mais de 2 anos, veio para disputar mercado com os modelos

das marcas mais estabelecidas no Brasil, como o Celta, o Uno, o Mille, o Palio, o Ka e o Clio.

**Exterior:** O aspecto “simpático” do QQ é um dos seus pontos fortes, com seus faróis arredondados, suas curvas suaves e suas dimensões reduzidas o diferenciando do resto de seus concorrentes.

**Interior:** O QQ oferece conforto e algumas comodidades, como acionamento de abertura do bocal de abastecimento e do porta-malas e sensor de ré, um console bastante moderno apesar da simplicidade, com mostradores digitais, além da flexibilidade no espaço de carga proporcionada pelos bancos traseiros rebatíveis. Mas o acabamento interno do QQ fica devendo: alguns parafusos aparentes, a costura irregular nos bancos (QUATRO RODAS, 2011), as peças plásticas com rebarbas e folgas muito grandes, além da aparência de baixa qualidade dos materiais (AUTOESPORTE, 2011) contribuem para o aspecto de “carro barato”.

**Desempenho:** Apresenta um motor razoável, com sua cilindrada de 1.1L produz até 68 cv, ficando na média da categoria. O motor a gasolina tem rendimento bastante satisfatório, com média de 13 km/L. Porém, apresenta uma estabilidade bastante comprometida em velocidades mais altas, devido ao seu baixo peso e sua suspensão insuficiente, obrigando o motorista a constantemente compensar os desvios causados pelo vento lateral.

**Itens de série:** Conta com uma grande lista de itens de série, que incluem ar-condicionado, freios ABS, air-bag duplo, vidros e travas elétricas, direção hidráulica alarme e radio com MP3 e USB, sem aumentar o preço em relação à concorrência por causa disso.

**Visão geral:** o Chery QQ apresenta-se como um veículo bastante adequado à sua proposta: o máximo de itens de série e conforto pelo menor preço, sacrificando um pouco da experiência na direção e da qualidade no acabamento.

### 5.1.2. Chevrolet Celta 1.0 LS 2012

Figura 31 - Chevrolet Celta



Lançado em 2000 pela Chevrolet no Brasil, o Celta teve como proposta ser um veículo acessível ao grande público e focou seu projeto na facilidade de manutenção e baixa depreciação. Atualmente está em sua segunda revitalização.

**Exterior:** Na sua versão 2012, recebeu algumas mudanças cosméticas em sua frente, seguindo a nova linha de estilo da montadora, com Grades frontais e faróis renovados. Ainda assim, seu estilo exterior é datado e pouco ousado.

**Interior:** Seu interior, bastante criticado nos modelos anteriores por conta de sua excessiva simplicidade, mudou painel e volante, além de receber porta-objetos maiores e novo acabamento nos bancos. Apesar disso, a posição de dirigir continua desconfortável, sem regulagem de volante ou de altura do banco, além de apresentar espaço interno inferior aos concorrentes.

**Desempenho:** Continua sendo seu ponto mais forte, com um motor 1.0L Flexpower de 78 cv e um câmbio mais curto resulta em mais agilidade nas arrancadas e retomadas, apesar de oferecer um rendimento médio por litro um pouco aquém do esperado (10 km/L álcool, 12 km/L gasolina). Como já é um carro com alguns anos de mercado, já está bastante acertado em relação à sua estabilidade.

**Itens de série:** Em seu pacote mais básico, não oferece nenhum diferencial de conforto, como ar-condicionado, direção hidráulica, vidros com travas elétricas, rádio ou alarme, apresentando apenas porta-objetos e avisos sonoros de farol ligado como diferencial, mostrando-se insuficiente para um segmento tão concorrido.

**Visão geral:** Em resumo, há alguns anos o Celta já vem dando sinais de estar ultrapassado, apresentando poucas opções de série e uma plataforma antiquada, baseada no Corsa de 1994.

### 5.1.3. Chevrolet Corsa Hatch GL 1.4 EFi 2012

Figura 32 - Chevrolet Corsa



Carro bastante tradicional no mercado brasileiro desde que foi lançado em 1994, sofreu um *upgrade* para dar lugar ao lançamento do Celta, em 2000, que o substituiu como modelo de entrada da Chevrolet no Brasil. Assim, passou a integrar o segmento dos compactos *premium*.

**Exterior:** Seu aspecto exterior é bastante similar ao do Celta, apesar das proporções um pouco maiores e da traseira diferente. Por isso, sofre dos mesmos



problemas: linhas pouco ousadas, apesar de não ser necessariamente um carro sem apelo visual.

**Interior:** Devido ao tamanho maior do modelo, o Corsa oferece maior espaço interno e conforto para os passageiros do que a maioria dos seus concorrentes. Além disso, a postura de dirigir é boa. O painel, bancos e volante são bastante simples, mas bem acabados.

**Desempenho:** Chegando a 105 cv de potência rodando com etanol, além de ter uma plataforma bastante acertada, o desempenho e rendimento do Corsa são seus pontos mais fortes. Não por acaso, sua plataforma ainda é utilizada em outros modelos da montadora.

**Itens de série:** Apresenta apenas alarme e direção assistida como itens de série, o que é muito pouco para um veículo deste valor.

**Visão geral:** Apesar de ser um carro bastante competente, também sofre do problema de ser um veículo com conceito ultrapassado, e por isso a montadora substituiu-o pelo Onix, seguindo a política de revitalização de toda sua linha para enfrentar as mudanças do mercado.

#### 5.1.4. Citroën C3 1.4I GLX 2012

Figura 33 - Citroën C3



Veículo de bastante valor agregado da montadora francesa, também entra na categoria de compacto *premium*, assim como o Corsa. Fez sua estreia no Brasil em 2003.

**Exterior:** contando com linhas arredondadas e um formato oval, popularizou-se por ser um veículo mais feminino. Como o QQ, também transmite uma sensação de “simpático”. No geral, sua forma é bem resolvida e bastante diferenciada em relação aos modelos concorrentes, o que sempre é positivo.

**Interior:** O conforto interno definitivamente é um dos pontos fortes do C3, contando com bastante espaço interno, um bom acabamento interno e uma série de itens de conforto, como computador de bordo, regulagem do volante e da altura do banco, entre outros.

**Desempenho:** O C3 não decepciona com seu motor 1.4, sendo bastante ágil, apesar de não ser um carro que possa se chamar de potente. Ainda assim, a experiência de dirigir um C3 é bastante agradável, pois sua suspensão é bem calibrada, proporcionando maior conforto nas viagens.

**Itens de série:** Seu preço mais elevado em relação ao mercado permite que este modelo apresente itens como direção, vidros e travas elétricas, ar-condicionado, computador de bordo, bancos com regulagem de altura e limpadores de para-brisas indexados à velocidade, o que é uma lista bem completa.

**Visão geral:** O preço mais elevado se justifica: muitos itens de série que fazem a diferença, um motor que dá conta do recado e conforto interno muito adequado.

### 5.1.5.Effa M100 1.0 2012

Figura 34 - Effa M100



Lançado em 2007 no Brasil sob o título de “carro mais barato do país”, o M100, importado pela Effa Motors, foi um dos primeiros chineses a desembarcar no país. Atualmente perde esse posto em decorrência do aumento dos impostos sobre carros importados.

**Exterior:** Seu aspecto angular e “quadrado” está longe de ser pouco atraente, apesar de não apresentar muita ousadia. Ainda assim, consegue se diferenciar da concorrência na primeira vista.

**Interior:** Apesar de seu tamanho reduzido, é bastante espaçoso e confortável. O console tem linhas simples, mas modernas. O acabamento interno apresenta um aspecto de “barato” devido ao forro dos bancos e o excesso de peças plásticas. A posição de direção é boa, apesar de não ter regulagem de altura do volante.

**Desempenho:** O motor 1.0, fabricado pela Suzuki, é competente apesar de sua baixa potência. No entanto, utilizando o ar-condicionado ou em subidas íngremes, seu desempenho compromete. E rodando em velocidades mais altas, a estabilidade também é comprometida.

**Itens de série:** Apresenta uma boa lista de itens de série, como direção elétrica, ar-condicionado e faróis de neblina, além de sistema de som com entrada USB.

**Visão geral:** Pela sua proposta, o M100 é um carro razoável, mas seus conhecidos problemas mecânicos com motor e sua rede autorizada reduzida faz com que o modelo seja visto com reservas pelo mercado, o que se traduz em grande desvalorização no mercado.

#### 5.1.6. Fiat Mille Fire Economy 1.0 Flex 2012

Figura 35 - Fiat Mille



Por muitos anos mantendo o posto de carro mais barato do Brasil, o Mille (antigamente conhecido como Uno Mille) é um carro com uma história de quase 30 anos no mercado brasileiro, com design assinado pelo lendário Giorgetto Giugiaro. Atualmente, mesmo tendo passado por algumas atualizações pontuais em suas linhas, mantém ainda quase que totalmente o estilo do original.

**Exterior:** Inconfundível, com suas linhas retas e angulares, o Mille expressa racionalidade e sobriedade. No entanto, por ser um projeto de quase três décadas de existência, sofre os efeitos da idade.

**Interior:** Com as últimas atualizações no modelo, a posição de dirigir está mais confortável, oferece ao motorista uma visão melhor da via e o acabamento

também foi melhorado. O espaço interno não compromete, e o estilo interno reflete o externo, sendo bastante sóbrio e sem grandes floreios. Seu maior diferencial está no painel: o “Econômetro” mostra ao motorista o consumo instantâneo do veículo, o que auxilia aqueles que gostam de economizar.

**Desempenho:** Poucos carros podem competir com o Mille no quesito rendimento do combustível. Segundo levantamento do INMETRO (2012), o Mille foi o carro brasileiro com menor consumo entre todas as categorias, apresentando média de 14 km/L (ciclo urbano e rodoviário) rodando com gasolina. Apesar disso, o desempenho não compromete, seu motor 1.0L de 65 cv é ágil em arrancadas e retomadas, e sua suspensão é adequada às vias brasileiras.

**Itens de série:** Como a maioria dos veículos de entrada nacionais, sua lista de itens de série é extremamente restrita, sendo o Econômetro o único ponto alto.

**Visão geral:** Seu maior diferencial definitivamente é a economia, tanto no preço de compra, quanto na manutenção e no consumo. Não oferece grandes comodidades no modelo básico – como é praxe no Brasil –, mas cumpre sua proposta de veículo econômico e racional, perfeito para aqueles procurando seu primeiro automóvel.

#### 5.1.7. Fiat Novo Uno Vivace 1.0 EVO 2012

Figura 36 - Fiat Uno



Imbuído da responsabilidade de ser a nova geração do clássico Uno Mille, este modelo foi lançado no Brasil em 2010 e vem desempenhando muito bem este papel, conquistando o mercado.

**Exterior:** Segue uma nova tendência de “quadrado arredondado” que vem se espalhando mundo afora. A proporção continua bastante parecida com a do antigo Uno, ainda que com dimensões um pouco maiores do que o de seu antecessor. Suas linhas mais modernas, porém, aumentam seu apelo junto ao público mais jovem. No geral, é um desenho bastante atraente em comparação com o seu antecessor. As janelas frontais assimétricas contribuem para o aspecto mais jovem.

**Interior:** O conforto não foi negligenciado neste novo projeto, oferecendo bastante espaço e facilidade nos ajustes para o motorista, além da facilidade de ingresso e saída para os passageiros e bancos que acomodam melhor a todos.

**Desempenho:** A dirigibilidade é o ponto forte do Novo Uno. Transmite uma sensação de leveza no dirigir, com suspensão macia que deixa a rodagem ser mais suave sem perder a estabilidade. Sua potência e agilidade na retomada, além do consumo de combustível são compatíveis com o segmento, não deixando a desejar em comparação com outros modelos.

**Itens de série:** Em sua versão básica, o Novo Uno não oferece nada realmente diferenciado. Não possui ar-condicionado ou direção hidráulica, nem vidros elétricos. Apenas o conhecido Econômetro do Mille.

**Visão geral:** A necessidade de acompanhar as mudanças do mercado era evidente para o antigo Uno, e este novo projeto atende bem essa proposta. O maior porém, como é costumeiro, é a falta de itens de série que são só oferecidos como pacotes opcionais.

### 5.1.8. Fiat Palio Fire Economy 1.0 2012

Figura 37 - Fiat Palio Fire



Lançado no Brasil em 1996 como o novo modelo de entrada da Fiat que iria substituir o Uno. Conseguiu se estabelecer muito bem e suas melhorias nos últimos anos o tornam cada vez mais consolidado no mercado.

**Exterior:** Em termos visuais, o Palio Economy sofre por ser um modelo mais antigo. Suas linhas simples não são marcantes, apesar de não ser mal resolvido do ponto de vista estético. Como é habitual neste segmento, há certa falta de “personalidade”.

**Interior:** É exatamente o que se espera de um veículo de entrada: conforto suficiente nos bancos dianteiros, um pouco apertados nos traseiros. O acabamento interno é simples e funcional e a posição de dirigir é razoável. O Econômetro (constante nos modelos básicos da Fiat),

**Desempenho:** Como o próprio nome sugere, o motor é ajustado para ser econômico, prometendo economia de 10% no consumo, mas sem sacrificar o desempenho, já que seu motor de 75 cv dá conta do recado.

**Itens de série:** De forma similar ao Novo Uno, a versão básica do Palio Fire não oferece grande diferenciação nos itens de série, fora o Econômetro.

**Visão geral:** No mercado concorrido dos *hatches* de entrada, o Palio não se destaca de forma decisiva dos demais, é o seu conjunto simples e bem resolvido e sua proposta básica que o mantém firme no mercado.

#### 5.1.9. Fiat 500 CULT 1.4 2012

Figura 38 - Fiat 500



Revitalização do antigo clássico *Cinquecento* da Fiat, que possuía esse nome devido à sua cilindrada na época.

**Exterior:** O grande diferencial do 500, definitivamente, é seu desenho externo. Partindo de um automóvel que já era clássico, sua revitalização foi muito bem aceita no mundo todo, ao mesmo tempo apresentando linhas modernas e “retrô”. É um veículo charmoso, com personalidade definida e bem resolvida, coerente com sua proposta de ser diferenciado em segmento.

**Interior:** Outro grande acerto do modelo é o seu habitáculo, que esbanja requinte e ousadia: acabamento em cores inusitadas, como branco e vermelho, além do painel repleto de “bolinhas” dá um tom bastante jovial ao interior. Apesar disso, há pouco espaço para as pernas nos bancos traseiros, por conta de seu tamanho reduzido.



**Desempenho:** Seu motor 1.4, aliado ao baixo peso, faz com que o carro entregue um desempenho bastante interessante.

**Itens de série:** A versão Cult traz direção elétrica Dual Drive, *airbag* duplo, freios com ABS + EBD, ESP, Hill Holder, ESS (sinalização de frenagem de emergência), ASR, ar-condicionado e computador de bordo, fora outras amenidades.

Visão geral: Definitivamente seu estilo é o que mais atrai, além do que tudo que ele se propõe a entregar, entrega bem. Bom desempenho e muito estilo.

#### 5.1.10. Fiat Palio Atractive 2012 (Novo Palio)

**Figura 39 - Fiat Novo Palio**



Redesenho do hatchback compacto da FIAT, lançado em 2012.

**Exterior:** Comparado com sua versão anterior, o carro está maior e mais bonito. A carroceria tem maior comprimento, largura, altura e distância entre-eixos, o que propicia um maior espaço interno. Uma linha de cintura mais elevada sugere esportividade.

**Interior:** No interior há superfícies funcionais revestidas por painéis, conferindo um aspecto bom acabamento e há porta-objetos em profusão. O banco

traseiro oferece duas posições no encosto, visando aumentar o volume do porta-malas. Ele também pode ser totalmente rebatido, criando espaço para cargas.

**Desempenho:** O motor 1.0 (flex) produz 75 cv com etanol, ou 73 com gasolina. O consumo é de 9,3 km/l na cidade e 12,5 km/l na estrada.

**Itens de série:** A lista de itens é extensa, inclui em sua lista de série direção hidráulica, desembaçador temporizado, computador de bordo, retrovisores externos com comandos internos mecânicos, para-brisa degradê, entre outros.

Visão geral: O modelo foca no conforto de seus ocupantes, além de oferecer personalização de alguns itens, elevando a experiência de dirigir.

#### 5.1.11. Nissan March 1.0 2012

Figura 40 - Nissan March



Modelo de entrada da Nissan com motor 1.0 e com preço abaixo dos R\$ 30 mil. Conseguiu bons números de vendas e ajudou a marca japonesa a ter o seu melhor ano desde o início das suas atividades no Brasil. É o primeiro veículo de entrada brasileiro que possui airbags de série.

**Exterior:** O estilo do novo Nissan March 2012 Flex apresenta um perfil arredondado que entrega um visual amigável e não agressivo, que deve agradar um público de muitos países.

**Interior:** O aspecto geral é razoável. Os plásticos rígidos são bem espalhados e parecem ter uma boa textura. Entretanto, algumas rebarbas foram notadas, principalmente na parte superior do painel. Nas juntas da tampa do airbag do passageiro também se nota um vão que

**Desempenho:** O Nissan March 1.0 Flex 2012 dispõe de um motor 1.0 com 74 cavalos de potência quando abastecido com álcool.

**Itens de série:** Airbag duplo, ar-condicionado, direção elétrica, trio elétrico, computador de bordo, conta giros, banco do motorista e coluna de direção com regulagem de altura, rodas de aço de 14 polegadas e preparação para áudio.

**Visão geral:** O Nissan March é um projeto concebido do zero pela montadora japonesa para se estabelecer como referência no segmento de carros compactos, e usa a nova plataforma V (referindo-se a versatilidade), sendo um carro global que será vendido em pelo menos 160 países do mundo, muitos dos quais são emergentes.

#### 5.1.12. Renault Clio 1.0 2012

Figura 41 - Renault Clio



O Renault Clio 2012 é um hatchback que chega com pequenas alterações, se comparado com seu antecessor, para se sustentar até a chegada de um sucessor mais moderno.

**Exterior:** o visual é remanescente da versão anterior do modelo. Entretanto, o logo da marca francesa migrou da lateral da tampa do porta-malas para o centro. Agora, o nome do carro está centralizado, abaixo do logo.

**Interior:** Uma das novidades do Clio 2012 é um novo padrão estampando os tecidos do banco. O volante do carro, nas versões equipadas com o "pack conforto", ganhou um anel de cor prata em torno do logo da Renault.

**Desempenho:** O modelo é equipado com motor 1.0 16V Hi-Flex de até 77 cavalos quando abastecido com álcool e de 76 cavalos quando abastecido com gasolina. A Renault afirmou que o carro gasta, na cidade, 9,0 km/l utilizando álcool e 13,6 km/l utilizando gasolina. Na estrada, a média de gastos é de 11,5 km/l com álcool e 17,3 km/l com gasolina.

**Itens de série:** A versão compacta do hatch conta com desembaçador do vidro traseiro, ar quente, conta-giros, vidros verdes, faróis com duplo refletor ótico, acelerador eletrônico, banco traseiro rebatível, para-choques dianteiro e traseiro na cor do veículo, retrovisores com regulagem manual interna, alarme sonoro de advertência de luzes acesas.

**Visão geral:** É um modelo que se destaca pelo seu baixo custo, sendo uma notável opção para aqueles que vão comprar o seu primeiro veículo.

### 5.1.13. Smart Fortwo



Figura 42 - Smart Fortwo

Carro ultracompacto, famoso mundialmente por sua proposta de “transporte inteligente” que ocupa menos espaço na via. Seu acabamento e seu estilo são seus grandes diferenciais.

**Exterior:** Inconfundivelmente pequeno, o Smart utiliza a estrutura como elemento decorativo e por isso chama a atenção por onde passa.

## 5.2. Comparação entre os modelos

Tabela 9 – Análise de similares por dimensão, ordenados por comprimento

| Marca      | Modelo  | Comprimento | Largura | Altura | Entre-eixos |
|------------|---------|-------------|---------|--------|-------------|
| smart      | fortwo  | 2695        | 1559    | 1565   | 1867        |
| Fiat       | 500     | 3546        | 1627    | 1497   | 2300        |
| Chery      | QQ      | 3550        | 1495    | 1485   | 2340        |
| Effa       | M100    | 3560        | 1670    | 1600   | 2335        |
| Kia        | Picanto | 3595        | 1595    | 1490   | 2385        |
| Fiat       | Mille   | 3693        | 1548    | 1445   | 2361        |
| Fiat       | Uno     | 3770        | 1636    | 1480   | 2376        |
| Nissan     | March   | 3780        | 1665    | 1528   | 2450        |
| Chevrolet  | Celta   | 3788        | 1771    | 1408   | 2443        |
| Renault    | Clio    | 3818        | 1640    | 1417   | 2472        |
| Fiat       | Palio   | 3827        | 1634    | 1433   | 2373        |
| Volkswagen | Fox     | 3832        | 1901    | 1543   | 2465        |
| Chevrolet  | Corsa   | 3833        | 1954    | 1432   | 2491        |

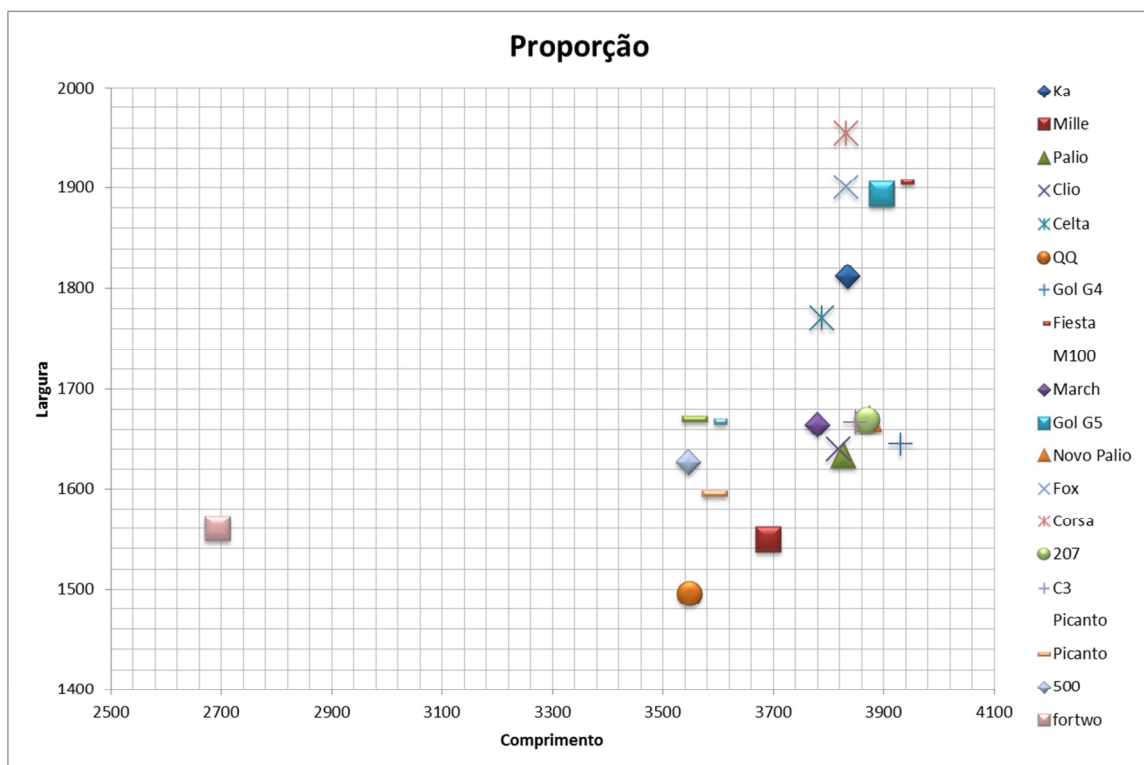
|            |            |      |      |      |      |
|------------|------------|------|------|------|------|
| Ford       | Ka         | 3836 | 1812 | 1420 | 2452 |
| Citroën    | C3         | 3850 | 1667 | 1519 | 2460 |
| Peugeot    | 207        | 3872 | 1669 | 1446 | 2443 |
| Fiat       | Novo Palio | 3875 | 1671 | 1504 | 2420 |
| Volkswagen | Gol G5     | 3899 | 1893 | 1463 | 2465 |
| Volkswagen | Gol G4     | 3931 | 1645 | 1402 | 2468 |
| Ford       | Fiesta     | 3935 | 1905 | 1487 | 2488 |

Fonte: Autor

A

Tabela 9 compara as características dimensionais dos automóveis analisados. Pode-se perceber que, excluindo-se o Fiat 500 e o Smart Fortwo – os mais diferenciados em termos de proposta e preço – os veículos analisados são bastante parecidos em tamanho e proporções. A Figura 43 compara as proporções entre comprimento e largura dos carros analisados.

Figura 43 - Comparativo de proporção



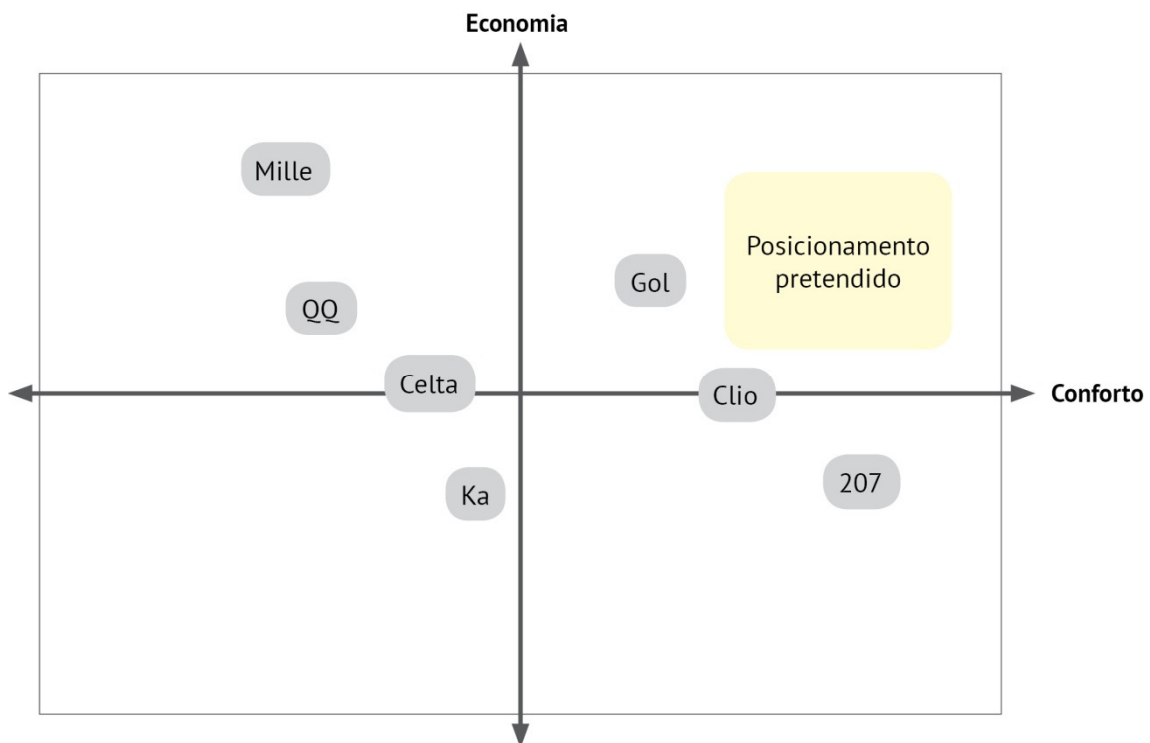
Fonte: Autor

Pode-se perceber que, fora o smart fortwo, cuja proposta de design é bastante diferenciada, o restante dos veículos analisados tem uma proporção bastante parecida, variando no comprimento entre 3,5 m e 4 m, e a largura variando também entre 1,5 m e 2 m.

### 5.3. Posicionamento de mercado desejado

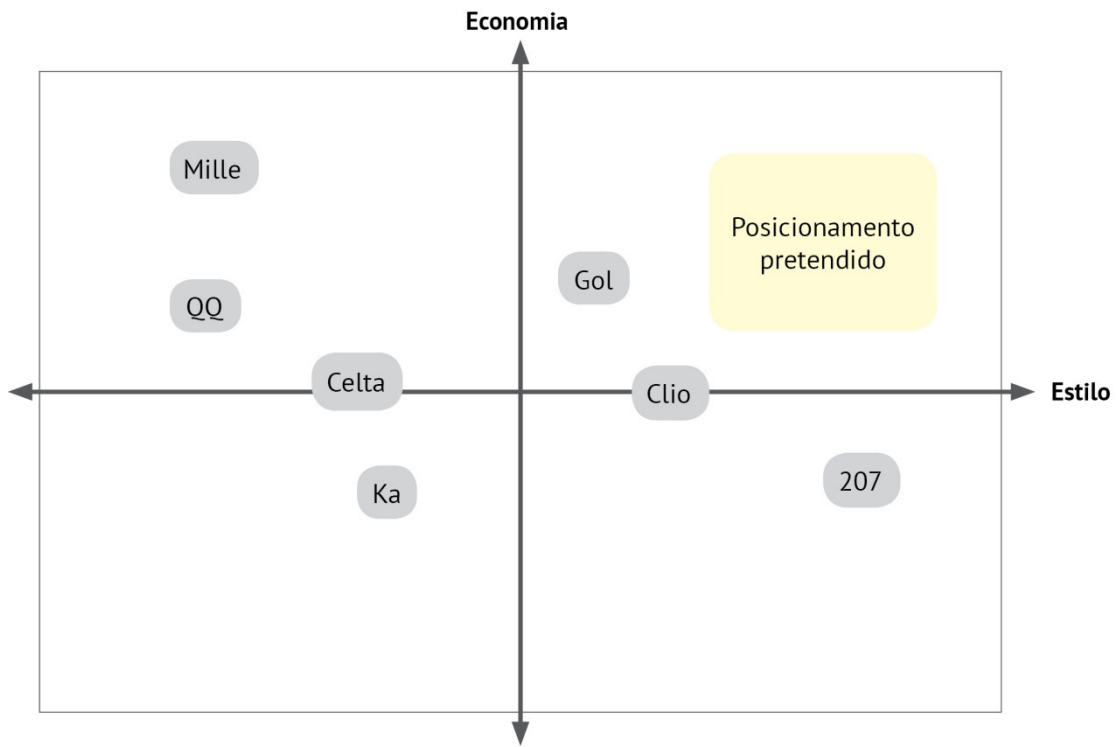
O segmento de compactos e subcompactos de entrada é bastante homogêneo. A necessidade de uma nova alternativa no mercado realmente ao alcance financeiro da nova classe média, com valor agregado e possibilitando economia real é o norte deste trabalho. As imagens a seguir ilustram o posicionamento pretendido para o projeto, em comparação com os principais concorrentes da categoria, com relação a três eixos principais: economia, conforto e estilo.

Figura 44 - Posicionamento pretendido com relação a economia e conforto



Fonte: Autor

Figura 45 - Posicionamento pretendido com relação a economia e estilo



Fonte: Autor



## 6. ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

### 6.1. Necessidades dos usuários

Segundo Back et al (2008), a análise das necessidades dos usuários constitui no passo mais crítico para a obtenção da qualidade e competitividade do produto no mercado, já que a qualidade de um produto só pode ser definida pelos usuários dos mesmos. Diversos estudos sobre as características de consumo da classe C foram avaliados neste trabalho para que a “voz do consumidor” seja contemplada.

*“A pesquisa de marketing é um ótimo instrumento para reduzir riscos, auxiliar decisões e fornecer dados sobre o ambiente, principalmente sobre consumidores e concorrentes. As informações geradas pela pesquisa de marketing possibilitam um melhor posicionamento das empresas, bem como o alinhamento de suas estratégias.”*

Grohman e Schadler (2007)

Sampaio et al. (2004), em estudo a respeito do comportamento dos consumidores de automóveis novos, lista os motivos que levam a compra de um automóvel novo. Os resultados são os seguintes:

**Tabela 10 - Atributos citados como importantes em um automóvel**

| <b>Atributos</b>                 | <b>Frequência (%)</b> |
|----------------------------------|-----------------------|
| Qualidade                        | 81,4                  |
| Preço                            | 72,1                  |
| Confiança na marca               | 65,1                  |
| Conforto                         | 48,8                  |
| Durabilidade                     | 44,2                  |
| Segurança                        | 44,2                  |
| Estilo/modelo moderno            | 41,9                  |
| Confiança na assistência técnica | 39,5                  |
| Facilidade de pagamento          | 37,2                  |
| Economia                         | 32,6                  |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Espaço para passageiros             | 30,2 |
| Desempenho                          | 25,6 |
| Atendimento da rede de revendedores | 25,6 |
| Cor                                 | 23,3 |
| Espaço para bagagem                 | 18,6 |
| Status                              | 14   |
| Modelo a álcool                     | 4,7  |

Fonte: Sampaio et al (2004)

O quadro mostra diversos atributos, alguns deles tangíveis, como preço, durabilidade, economia e segurança, outros deles intangíveis, como qualidade, confiança na marca, estilo e status. O atributo qualidade, que aparece com maior frequência, por si só não nos diz muito, já que a percepção que as pessoas têm de qualidade varia muito de uma para outra. Valendo-se, então, da seleção dos atributos tangíveis e intangíveis que fazem parte do escopo deste trabalho, pode-se perceber pela tabela acima que os atributos mais buscados são: **preço, conforto, durabilidade, segurança, estilo e economia.**

Em outro estudo, Grohmann e Schaedler (2007) apontam a seguinte lista de atributos como as mais citadas como determinantes na compra de um automóvel novo.

Tabela 11 - Atributos procurados na compra de um veículo

| Atributo                      | Média  |
|-------------------------------|--------|
| Resistência e durabilidade    | 4,6910 |
| Estabilidade e dirigibilidade | 4,6222 |
| Atendimento                   | 4,4246 |
| Robustez                      | 4,3233 |
| Conforto                      | 4,2702 |
| Espaço interno                | 4,2284 |
| Opiniões                      | 4,1875 |
| Portas                        | 4,1378 |
| Ambiente e reputação          | 4,0734 |
| Disposto conforto             | 4,0508 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Manutenção              | 3,9823 |
| Acesso                  | 3,9725 |
| Qualidade oficina       | 3,8886 |
| Inovação e modelo       | 3,8835 |
| Economia de combustível | 3,8658 |
| Valorização no mercado  | 3,8615 |
| Disposto segurança      | 3,6549 |
| Recepção dos vendedores | 3,4872 |
| Preço                   | 3,4543 |
| Segurança               | 3,4458 |
| Seguro                  | 3,3073 |
| Cor                     | 3,2868 |
| Preço oficina           | 3,2744 |
| Imposto                 | 3,2525 |
| Potência                | 3,1702 |
| Crédito                 | 3,0554 |
| Porta-malas             | 2,9419 |
| Modelo                  | 2,5899 |
| Marca                   | 1,9948 |
| Poder                   | 1,8696 |

Fonte: Grohmann e Schaedler (2007)

Na coluna “Média”, os valores representam o grau de concordância dos entrevistados, sendo que o valor 1 equivale a discordo totalmente e o valor 5 equivale a concordo totalmente. Analisando, novamente, apenas os atributos tangíveis e ignorando os aspectos de venda e pós-venda, que fogem do escopo deste trabalho, mais citados neste estudo como importantes no momento da compra são os seguintes:

Quadro 1 – Necessidades do usuário

| Necessidades do usuário |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| Durabilidade            | Número de portas        |
| Estabilidade            | Manutenção              |
| Robustez                | Inovação                |
| Conforto                | Economia de combustível |
| Espaço interno          | Valorização no mercado  |

Fonte: Autor

Importante salientar que o atributo preço, neste estudo, não aparece com tanta importância, devido a diferenças entre os perfis das amostras utilizadas, e também pela diferença de tempo entre as pesquisas.

O que fica evidente, no entanto, é que o conjunto de atributos desejáveis em um automóvel é bastante grande. Este fato, porém, não surpreende, devido à complexidade da relação das pessoas com os carros, em nível funcional, estético e simbólico (Löbach, 2001), ao grande esforço financeiro necessário para sua aquisição e à grande variação das necessidades individuais dos usuários.

Macey e Wardle (2008) estabelecem uma lista tríplice de atributos a serem considerados em um carro. A primeira lista dá enfoque aos atributos voltados às necessidades e desejos dos usuários, a segunda lista engloba os aspectos técnicos e econômicos relacionados à fabricação, e a terceira lista abrange os fatores de mercado e ambiente externo.

**Quadro 2 - Atributos associados ao usuário**

| <b>Atributos associados ao usuário</b>  |                           |
|---|---------------------------|
| Acabamento                              | Flexibilidade             |
| Autonomia                               | Manobrabilidade           |
| Capacidade de Reboque                   | Marca                     |
| Capacidade fora-de-estrada              | Níveis de ruído/vibrações |
| Conforto                                | Numero de passageiros     |
| Cores                                   | Peso                      |
| Custo                                   | Posição de assento        |
| Dirigibilidade                          | Potência                  |
| Disponibilidade de peças sobressalentes | Potencial de customização |
| Durabilidade                            | Segurança                 |
| Economia                                | Som                       |
| Emissões de poluentes                   | Tamanho                   |
| Espaço interno                          | Velocidade                |
| Estilo                                  | Volume de carga           |
| Facilidade de entrada/saída             |                           |

Fonte: Macey e Wardle (2008)

**Quadro 3 - Atributos associados à fabricação e ao ambiente**

| <b>Atributos associados à fabricação</b> | <b>Atributos associados ao ambiente</b> |
|--|---|
| Capacidade de fabricação                 | Clima                                   |
| Compartilhamento de plataforma           | Cultura                                 |
| Custos de fabricação                     | Densidade Populacional                  |
| Derivações                               | Ecologia                                |
| Disponibilidade de componentes           | Economia                                |
| Estratégia de marketing                  | Estacionamento                          |
| Garantia                                 | Impostos e taxas                        |
| Linha de produtos                        | Infraestrutura                          |
| Mão-de-obra                              | Legislação                              |
| Rede de concessionárias                  | Órgãos de Defesa do Consumidor          |
| Viabilidade econômica e técnica          | Segurança pública                       |
| Volume de produção                       | Seguros                                 |
|  | Volume de vendas                        |

Fonte: Macey e Wardle (2008)

Assim, cruzando as informações obtidas dos estudos de Sampaio et al (2004) e Grohmann e Schaedler (2007) feitos com compradores de automóveis com a lista de atributos propostos por Macey e Wardle (2008), e considerando as sobreposições e implicações que alguns dos requisitos impõem, podemos chegar à seguinte lista de requisitos do usuário, classificados por tipo, conforme Back et al (2008):

**Tabela 12 – Requisitos dos usuários**

| <b>Econômicos</b>       | <b>Estéticos/Simbólicos</b> | <b>Robustez</b> | <b>Ergonômicos</b> |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|
| Economia de combustível | Estilo                      | Segurança       | Conforto           |
| Preço de compra         | Forma inovadora             | Durabilidade    | Estabilidade       |
| Mantenabilidade         | Status                      |                 | Dirigibilidade     |
| Preço de revenda        |                             |                 | Manobrabilidade    |

Fonte: Autor

## 6.2. Priorização dos requisitos de usuário

A primeira etapa efetuada para a priorização dos requisitos de usuário é a comparação dos requisitos enumerados na Tabela 12 usando o Diagrama de Mudge, para que o peso de cada requisito seja definido para o uso posterior na ferramenta QFD. O processo consiste em colocar os requisitos em linhas e colunas de uma tabela e confrontá-los um a um, atribuindo o valor 1 se o primeiro requisito é menos importante que o segundo, valor 3 se forem equivalentes e valor 5 se o primeiro for mais importante que o segundo. A avaliação da importância de cada par de requisitos foi feita pelo autor, com base nos estudos apresentados na Seção 6.1.

A Tabela 13 mostra os resultados obtidos, onde  $G_i$  é o Grau de importância do requisito, dentro da escala sugerida por Back et al. (2008) de 1, para o menos importante, a 5, para o mais importante.

**Tabela 13 - Peso dos requisitos de usuário**

|                           | Baixo custo por km | Preço de compra | Mantenabilidade | Estilo / Status | Inovação | Segurança | Durabilidade | Conforto | Estabilidade | Dirigibilidade | Manobrabilidade | Preço de revenda | Total | %     | $G_i$ |
|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------------|-----------------|------------------|-------|-------|-------|
| <b>Baixo custo por km</b> | -                  | 3               | 5               | 3               | 5        | 3         | 5            | 3        | 5            | 5              | 5               | 5                | 47    | 11,9% | 5,0   |
| <b>Preço de compra</b>    | 3                  | -               | 5               | 3               | 5        | 3         | 5            | 3        | 5            | 5              | 5               | 5                | 47    | 11,9% | 5,0   |
| <b>Mantenabilidade</b>    | 1                  | 1               | -               | 1               | 3        | 3         | 3            | 1        | 3            | 3              | 5               | 3                | 27    | 6,8%  | 3,5   |
| <b>Estilo / Status</b>    | 3                  | 3               | 5               | -               | 3        | 3         | 3            | 3        | 5            | 3              | 5               | 5                | 41    | 10,4% | 5,0   |
| <b>Inovação</b>           | 1                  | 1               | 3               | 3               | -        | 3         | 1            | 1        | 1            | 3              | 3               | 5                | 25    | 6,3%  | 3,5   |
| <b>Segurança</b>          | 3                  | 3               | 3               | 3               | 3        | -         | 3            | 3        | 3            | 5              | 5               | 5                | 39    | 9,8%  | 4,5   |
| <b>Durabilidade</b>       | 1                  | 1               | 3               | 3               | 5        | 3         | -            | 1        | 5            | 3              | 5               | 3                | 33    | 8,3%  | 4,0   |
| <b>Conforto</b>           | 3                  | 3               | 5               | 3               | 5        | 3         | 5            | -        | 5            | 3              | 5               | 5                | 45    | 11,4% | 5,0   |
| <b>Estabilidade</b>       | 1                  | 1               | 3               | 1               | 5        | 3         | 1            | 1        | -            | 3              | 5               | 5                | 29    | 7,3%  | 3,5   |
| <b>Dirigibilidade</b>     | 1                  | 1               | 3               | 3               | 3        | 1         | 3            | 3        | 3            | -              | 5               | 1                | 27    | 6,8%  | 3,5   |
| <b>Manobrabilidade</b>    | 1                  | 1               | 1               | 1               | 3        | 1         | 1            | 1        | 1            | 1              | -               | 1                | 13    | 3,3%  | 2,0   |
| <b>Preço de revenda</b>   | 1                  | 1               | 3               | 1               | 1        | 1         | 3            | 1        | 1            | 5              | 5               | -                | 23    | 5,8%  | 3,0   |

Fonte: Autor

A próxima etapa do QFD expande a priorização dos requisitos de usuário incluindo no cálculo da importância relativa outros fatores, de acordo com a seguinte lista:

- $G_i$ : Grau de importância do requisito de usuário (valor de 1 a 5).
- $VC_{QQ}$ : Valor atribuído ao concorrente Chery QQ (valor de 1 a 5).
- $VC_{Mil}$ : Valor atribuído ao concorrente Fiat Mille (valor de 1 a 5).
- $VC_{Ka}$ : Valor atribuído ao concorrente Ford Ka (valor de 1 a 5).
- $VC_{Cel}$ : Valor atribuído ao concorrente Chevrolet Celta (valor de 1 a 5).
- $VC_{Cli}$ : Valor atribuído ao concorrente Renault Clio (valor de 1 a 5).
- $VC_{Gol}$ : Valor atribuído ao concorrente Volkswagen Gol G5 (valor de 1 a 5).
- $VC_i$ : Média aritmética dos valores atribuídos à concorrência (valor de 1 a 5).
- $V_m$ : Valor planejado de qualidade a ser alcançada pelo projeto (valor de 1 a 5).
- $T_m$ : Multiplicador da Taxa de Melhoramento, obtido pelo quociente  $V_m/VC_i$ .
- $F_v$ : Fator de Venda, refletindo a estratégia de vendas (valor de 1,0 a 1,5).
- $P_a$ : Valor absoluto do peso do requisito, obtido pela multiplicação de  $G_i * T_m * F_v$ .
- $P_{ru}$ : Valor relativo do peso do requisito, arredondado.

**Tabela 14 – Planejamento da qualidade desejada**

| Requisito de usuário | $G_i$ | $VC_{QQ}$ | $VC_{Mil}$ | $VC_{Ka}$ | $VC_{Cel}$ | $VC_{Cli}$ | $VC_{Gol}$ | $VC_i$ | $V_m$ | $T_m$ | $F_v$ | $P_a$ | $P_{ru}$ |
|----------------------|-------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Baixo custo por km   | 5,0   | 4,0       | 4,0        | 2,0       | 3,0        | 3,0        | 4,0        | 3,3    | 5,0   | 1,5   | 1,5   | 11,3  | 15%      |
| Preço de compra      | 5,0   | 3,0       | 4,0        | 4,0       | 3,0        | 3,0        | 2,0        | 3,2    | 5,0   | 1,6   | 1,5   | 11,8  | 16%      |
| Mantenabilidade      | 3,5   | 3,0       | 3,0        | 4,0       | 4,0        | 3,0        | 4,0        | 3,5    | 3,0   | 0,9   | 1,2   | 3,6   | 5%       |
| Estilo / Status      | 5,0   | 3,0       | 1,0        | 3,0       | 3,0        | 4,0        | 4,0        | 3,0    | 5,0   | 1,7   | 1,5   | 12,5  | 17%      |
| Inovação             | 3,5   | 4,0       | 2,0        | 3,0       | 2,0        | 3,0        | 3,0        | 2,8    | 4,0   | 1,4   | 1,2   | 5,9   | 8%       |
| Segurança            | 4,5   | 4,0       | 2,0        | 2,0       | 3,0        | 3,0        | 3,0        | 2,8    | 3,0   | 1,1   | 1,2   | 5,7   | 8%       |
| Durabilidade         | 4,0   | 2,0       | 3,0        | 3,0       | 3,0        | 4,0        | 4,0        | 3,2    | 3,0   | 0,9   | 1,2   | 4,5   | 6%       |
| Conforto             | 5,0   | 4,0       | 2,0        | 3,0       | 3,0        | 4,0        | 3,0        | 3,2    | 5,0   | 1,6   | 1,5   | 11,8  | 16%      |
| Estabilidade         | 3,5   | 2,0       | 4,0        | 4,0       | 3,0        | 4,0        | 5,0        | 3,7    | 3,0   | 0,8   | 1,0   | 2,9   | 4%       |
| Dirigibilidade       | 3,5   | 4,0       | 3,0        | 4,0       | 4,0        | 4,0        | 5,0        | 4,0    | 3,0   | 0,8   | 1,2   | 3,2   | 4%       |
| Manobrabilidade      | 2,0   | 4,0       | 3,0        | 4,0       | 3,0        | 3,0        | 3,0        | 3,3    | 3,0   | 0,9   | 1,2   | 2,2   | 3%       |
| Preço de revenda     | 3,0   | 1,0       | 3,0        | 3,0       | 3,0        | 3,0        | 4,0        | 2,8    | 2,0   | 0,7   | 1,0   | 2,1   | 3%       |

Fonte: Autor

A Tabela 15 apresenta o resultado final obtido em ordem decrescente de importância. Fica evidenciada a divisão dos requisitos em três grupos, conforme o resultado da análise anterior: no primeiro aparecem estilo, preço de compra, conforto e baixo custo por km rodado como as características que devem nortear o projeto, sendo as maiores prioridades. No segundo grupo, aparecem inovação, segurança, durabilidade e manutenibilidade como características desejáveis, e no terceiro grupo, dirigibilidade, estabilidade, manobrabilidade e preço de revenda são as qualidades acessórias ao projeto que podem ser usadas para agregar valor.

**Tabela 15 - Requisitos de usuário priorizados e agrupados**

| <b>Requisito de usuário</b> | <b>P<sub>a</sub></b> | <b>P<sub>ru</sub></b> |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Estilo / Status             | 12,5                 | 17%                   |
| Preço de compra             | 11,8                 | 16%                   |
| Conforto                    | 11,8                 | 16%                   |
| Baixo custo por km          | 11,3                 | 15%                   |
| Inovação                    | 5,9                  | 8%                    |
| Segurança                   | 5,7                  | 8%                    |
| Durabilidade                | 4,5                  | 6%                    |
| Mantenibilidade             | 3,6                  | 5%                    |
| Dirigibilidade              | 3,2                  | 4%                    |
| Estabilidade                | 2,9                  | 4%                    |
| Manobrabilidade             | 2,2                  | 3%                    |
| Preço de revenda            | 2,1                  | 3%                    |

Fonte: Autor

Back et al (2008) afirma que para o bom entendimento dos requisitos de usuário pela equipe de projeto durante o seu desenvolvimento é conveniente que estes requisitos sejam desdobrados em requisitos de projeto numa linguagem mais compacta e apropriada para uma equipe de desenvolvimento de produtos, preferencialmente de uma forma que possa ser avaliada qualitativa ou quantitativamente. Tendo isso em mente, os atributos descritos na etapa anterior podem ser desdobrados da seguinte forma:



**Quadro 4 - Desdobramentos dos requisitos de projeto**

| <b>Requisitos usuário</b>       | <b>Requisitos de projeto</b>   |
|---------------------------------|--|
| Estilo / Status                 | Linhas de estilo diferenciadas<br>Customização estética<br>Itens de série<br>Materiais de acabamento interno                       |
| Preço de compra                 | Baixa cilindrada<br>Plataforma simples   |
| Baixo custo por km rodado       | Combustível barato<br>Eficiência do sistema<br>Baixo peso total  |
| Conforto                        | Posturas ajustáveis<br>Controle climático<br>Adequação aos percentis 5 e 95<br>Entretenimento / Conveniências<br>Acessos adequados |
| Inovação                        | Package diferenciado<br>Flexibilidade no uso   |
| Segurança                       | Redução de impactos<br>Estrutura resistente<br>Frenagem confiável<br>Proteção de patrimônio  |
| Durabilidade / Manutenibilidade | Acesso aos componentes<br>Componentes robustos   |
| Dirigibilidade                  | Boa aerodinâmica<br>Direção assistida<br>Visibilidade maximizada   |
| Estabilidade                    | Distribuição de peso adequada<br>Baixo centro de gravidade   |
| Manobrabilidade                 | Dimensões reduzidas<br>Amplitude de giro das rodas<br>Presença de auxílios visuais   |
| Preço de revenda                | *  |

**Fonte: Autor**

(\*) Requisito que pode ser considerado como uma interseção de diversos outros requisitos que fogem do escopo deste trabalho, principalmente por forças de mercado que não podem ser avaliados antes do veículo entrar no mercado. Por isso, não será considerado daqui em diante.

Correspondendo à parte central do QFD – ou Casa da Qualidade – está a matriz de interrelações entre os requisitos de usuário e os requisitos de projeto. Para esta etapa, foi utilizada a seguinte escala de interrelação entre os requisitos:

- 0: Nenhuma correlação
- 1: Correlação fraca
- 3: Correlação média
- 9: Correlação forte

Esta escala foi utilizada para dar maior peso para as correlações fortes, tornando o resultado menos homogêneo e mais facilmente interpretável. A Tabela 16 apresenta a codificação usada na Tabela 17 e Tabela 18.

**Tabela 16 - Codificação dos requisitos de projeto**

| <b>Código</b> | <b>Requisito de projeto</b>    | <b>Código</b> | <b>Requisito de projeto</b>   |
|---------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------|
| LE            | Linhas de estilo diferenciadas | FU            | Flexibilidade no uso          |
| CE            | Customização estética          | RI            | Redução impactos              |
| IS            | Itens de série                 | ER            | Estrutura resistente          |
| MA            | Materiais de acabamento        | FC            | Frenagem confiável            |
| BC            | Baixa cilindrada               | PP            | Proteção de patrimônio        |
| PS            | Plataforma simples             | AC            | Acesso aos componentes        |
| CB            | Combustível barato             | CR            | Componentes robustos          |
| ES            | Eficiência do sistema          | BA            | Boa aerodinâmica              |
| BP            | Baixo peso total               | DA            | Direção assistida             |
| PA            | Posturas ajustáveis            | VM            | Visibilidade maximizada       |
| CC            | Controle climático             | DP            | Distribuição de peso adequada |
| AP            | Adequação aos percentis        | BC            | Baixo centro de gravidade     |
| EC            | Entretenimento/Conveniências   | DR            | Dimensões reduzidas           |
| AA            | Acessos adequados              | AG            | Amplitude de giro das rodas   |
| PD            | Package diferenciado           | AV            | Auxílios visuais              |

**Fonte: Autor**

Tabela 17 - Priorização dos requisitos de projeto

| Requisito                   | LE         | CE         | IS         | MA         | BC         | PS         | CB         | ES         | BP         | PA         | CC         | AP         | EC         | AA         | PD         | FU         | RI         | ER         | FC         | PP         | AC         | CR         | BA         | DA         | VM         | DP         | BC         | DR         | AG         | AV         | P <sub>ru</sub> |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Baixo custo por km          | 0          | 0          | 0          | 9          | 3          | 9          | 9          | 9          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1          | 1          | 3          | 0          | 0          | 3          | 1          | 1          | 0          | 0          | 15%             |
| Preço de compra             | 3          | 3          | 9          | 3          | 9          | 3          | 1          | 3          | 1          | 3          | 0          | 3          | 1          | 3          | 1          | 1          | 1          | 3          | 1          | 1          | 0          | 3          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 9          | 1          | 3          | 16%             |
| Mantenabilidade             | 0          | 0          | 1          | 9          | 9          | 9          | 3          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 9          | 9          | 0          | 0          | 0          | 3          | 1          | 1          | 0          | 0          | 5%              |
| Estilo / Status             | 9          | 9          | 9          | 3          | 0          | 1          | 0          | 0          | 1          | 3          | 3          | 9          | 3          | 9          | 3          | 3          | 3          | 3          | 1          | 9          | 0          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 0          | 0          | 17%             |
| Inovação                    | 9          | 9          | 3          | 0          | 1          | 9          | 1          | 0          | 1          | 1          | 1          | 3          | 9          | 9          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 1          | 3          | 0          | 0          | 3          | 3          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 8%              |
| Segurança                   | 0          | 0          | 3          | 0          | 0          | 9          | 0          | 0          | 3          | 0          | 3          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 9          | 9          | 9          | 9          | 0          | 3          | 3          | 3          | 9          | 3          | 1          | 1          | 0          | 3          | 8%              |
| Durabilidade                | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 9          | 3          | 1          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 3          | 9          | 3          | 3          | 3          | 9          | 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 6%              |
| Conforto                    | 1          | 9          | 9          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 9          | 9          | 9          | 9          | 9          | 9          | 3          | 1          | 3          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 3          | 9          | 1          | 3          | 3          | 1          | 0          | 0          | 16%             |
| Estabilidade                | 0          | 0          | 0          | 1          | 3          | 0          | 0          | 3          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 3          | 0          | 3          | 1          | 1          | 0          | 0          | 0          | 9          | 3          | 1          | 9          | 9          | 3          | 0          | 0          | 4%              |
| Dirigibilidade              | 0          | 0          | 3          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 9          | 1          | 0          | 3          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 9          | 0          | 0          | 0          | 3          | 9          | 9          | 9          | 1          | 3          | 3          | 1          | 4%              |
| Manobrabilidade             | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 3          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 3          | 9          | 1          | 1          | 9          | 9          | 3%         |                 |
| Preço de revenda            | 3          | 3          | 9          | 3          | 9          | 1          | 9          | 3          | 0          | 1          | 9          | 3          | 3          | 0          | 3          | 1          | 1          | 1          | 1          | 3          | 3          | 3          | 3          | 0          | 1          | 0          | 0          | 1          | 0          | 1          | 3%              |
| <b>Soma das correlações</b> | <b>25</b>  | <b>33</b>  | <b>54</b>  | <b>28</b>  | <b>40</b>  | <b>44</b>  | <b>43</b>  | <b>18</b>  | <b>29</b>  | <b>17</b>  | <b>27</b>  | <b>22</b>  | <b>25</b>  | <b>16</b>  | <b>34</b>  | <b>16</b>  | <b>26</b>  | <b>29</b>  | <b>29</b>  | <b>26</b>  | <b>19</b>  | <b>22</b>  | <b>22</b>  | <b>33</b>  | <b>33</b>  | <b>34</b>  | <b>19</b>  | <b>31</b>  | <b>14</b>  | <b>18</b>  | <b>833</b>      |
| <b>Prioridade ponderada</b> | <b>2,9</b> | <b>4,2</b> | <b>5,8</b> | <b>3,7</b> | <b>4,0</b> | <b>3,7</b> | <b>3,6</b> | <b>1,9</b> | <b>2,6</b> | <b>2,1</b> | <b>2,9</b> | <b>2,4</b> | <b>3,5</b> | <b>2,3</b> | <b>3,6</b> | <b>1,6</b> | <b>2,4</b> | <b>2,5</b> | <b>2,0</b> | <b>2,7</b> | <b>1,1</b> | <b>2,1</b> | <b>1,8</b> | <b>2,8</b> | <b>1,9</b> | <b>2,3</b> | <b>1,4</b> | <b>2,6</b> | <b>0,6</b> | <b>1,1</b> | <b>78,1</b>     |

Fonte: Autor

O resultado da parte central da matriz QFD é o da linha “Prioridade ponderada”, que é o resultado da soma dos produtos de cada valor de inter-relação do requisito de projeto com o peso do requisito de usuário. Assim, ao final da análise, cada requisito de projeto terá um valor de Prioridade Ponderada, que leva em conta o peso de cada requisito do usuário e o valor das suas inter-relações, permitindo a priorização dos requisitos de projeto de uma forma mais sistemática.

O passo seguinte é a verificação da correlação entre pares de requisito de projeto para delinear onde estão as possíveis situações críticas de compromisso, onde a melhoria de um requisito de projeto levaria inevitavelmente à piora de outro requisito. Isto é feita no chamado “Telhado da Casa da Qualidade”, que serve para mapear graficamente onde estas situações negativas ocorrem, além de permitir verificar rapidamente onde há também as correlações positivas, que podem indicar as áreas de maior foco do projeto. A escala utilizada para avaliar as correlações é a seguinte:

- “- -“ equivale a uma correlação negativa forte
- “-“ equivale a uma correlação negativa fraca
- “em branco” equivale a sem correlação direta
- “+” equivale a uma correlação positiva fraca
- “++” equivale a uma correlação positiva forte

OBS: uma escala de cores foi utilizada para facilitar a visualização: onde os tons vermelhos indicam correlação negativa e os azuis, positiva.

Tabela 18 - Correlação entre os requisitos de projeto

|    | LE | CE | IS | MA | BC | PS | CB | ES | BP | PA | CC      | AP | EC | AA | PD   | FU | RI | ER | FC | PP | AC | CR | BA   | DA | VM | DP | BC | DR | AG | AV   |   |  |  |  |  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|------|---|--|--|--|--|
| LE |    |    |    |    |    |    | -  |    |    |    |         |    |    |    | - ++ |    |    |    |    |    |    | +  |      |    |    |    |    |    |    | -    |   |  |  |  |  |
| CE |    |    | +  | ++ |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    | +  |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| IS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ++ + ++ |    |    |    |      |    |    |    |    | +  | ++ |    | ++ + |    |    |    |    |    |    | ++   |   |  |  |  |  |
| MA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| BC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    | +  | +    |    |    |    |    |    |    | - ++ |   |  |  |  |  |
| PS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    | +  | +    | +  |    |    |    |    |    | +    |   |  |  |  |  |
| CB |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    | +  |      |    |    |    |    |    |    | +    |   |  |  |  |  |
| ES |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    | +  | +    | ++ |    |    |    |    |    | +    |   |  |  |  |  |
| BP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    | +    |   |  |  |  |  |
| PA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      | + |  |  |  |  |
| CC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| AP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      | + |  |  |  |  |
| EC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| AA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| PD |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| FU |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| RI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| ER |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| FC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| PP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| AC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| CR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| BA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| DA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| VM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| DP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| BC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| DR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| AG |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |
| AV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |      |   |  |  |  |  |

Fonte: Autor

Após a análise destas correlações entre requisitos de projeto, verifica-se que são poucas as situações onde há a necessidade de uma avaliação de compromisso, e estes ocorrem principalmente nos requisitos eficiência do sistema (ES), baixo custo (BC), plataforma simples (PS), dimensões reduzidas (DR) e estrutura robusta (ER). A estas situações de conflito será dada especial atenção no projeto.

Por fim, a ordenação dos requisitos de projeto por ordem de importância, além da delimitação dos parâmetros de projeto e suas metas correspondentes foi elaborada, de forma a facilitar e guiar a elaboração das etapas seguintes do projeto. A Tabela 19 é o resumo dos resultados obtidos pelo uso da ferramenta QFD e nortearão o projeto.

**Tabela 19 - Requisitos e parâmetros de projeto priorizados**

| <b>Prior.</b> | <b>Requisito de Projeto</b>     | <b>Parâmetro</b>                         | <b>Meta</b> |
|---------------|---------------------------------|--|-------------|
| 5,8           | Itens de série                  | Nº itens "não essenciais"                | 10          |
| 4,2           | Customização estética           | Nº opcionais estéticos                   | 30          |
| 4,0           | Baixa cilindrada                | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )            | 1000        |
| 3,7           | Materiais de acabamento interno | Nº opcionais estéticos                   | 30          |
| 3,7           | Plataforma simples              | Concepção estrutural                     |             |
| 3,6           | Package diferenciado            | Nº propostas similares no mercado        | 0           |
| 3,6           | Combustível barato              | Custo máximo por km rodado (R\$)         | 0,15        |
| 3,5           | Entretenimento / Conveniências  | Rádio / DVD / GPS   Compartimentos       | 2 + 5       |
| 2,9           | Linhas de estilo diferenciadas  | Nº similares no mercado                  | 0           |
| 2,9           | Controle climático              | Ar Condicionado                          | S           |
| 2,8           | Direção assistida               | Direção Hidráulica / Elétrica            | S           |
| 2,7           | Proteção de patrimônio          | Alarme / Travas Cod. / Vidros elétricos  | 3           |
| 2,6           | Baixo peso total                | Peso total (kg)                          | 800         |
| 2,6           | Dimensões reduzidas             | Comprimento (mm)                         | 3000        |
| 2,5           | Estrutura resistente            | Simulação elementos finitos              |             |
| 2,4           | Adequação aos percentis 5 e 95  | Verificação com modelos antropométricos  |             |
| 2,4           | Redução de impactos             | Air-Bags/Deformação                      | S           |
| 2,3           | Distribuição de peso adequada   | Diferença de peso entre os eixos (kg)    |             |
| 2,3           | Acessos adequados               | Nº portas                                | 2 - 4       |
| 2,1           | Posturas ajustáveis             | Nº posições banco / volante              | 15 / 3      |
| 2,1           | Componentes robustos            | Ciclo de vida (km x 1000)                |             |
| 2,0           | Frenagem confiável              | Presença ABS                             | S           |
| 1,9           | Visibilidade maximizada         | Campo de visão                           |             |
| 1,9           | Eficiência do sistema           | Custo km rodado (R\$)                    | 0,12        |
| 1,8           | Boa aerodinâmica                | Coeficiente de arrasto                   | Até 0,3     |
| 1,6           | Flexibilidade no uso            | Nº de combinações espaço interno         | 4           |
| 1,4           | Baixo centro de gravidade       | Posição vertical do centro de massa (cm) |             |
| 1,1           | Auxílios visuais                | Sensores / Câmeras                       | S           |
| 1,1           | Acesso aos componentes          | Simulação acesso componentes             |             |
| 0,6           | Amplitude de giro das rodas     | Raio de giro do carro (cm)               |             |

**Fonte: Autor**

## **7. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL**

### **7.1. Escolha do conjunto motor**

Tendo em vista o resultado da análise dos requisitos de projeto e sua priorização, a primeira etapa para a definição da proposta do veículo a ser projetado pautou-se pela seleção dos sistemas automotivos mais adequados a esta proposta. Esta seleção inicia-se pelo sistema de armazenamento de energia, porque é desta escolha que depende a maior parte dos sistemas mecânicos de um automóvel e suas correspondentes restrições no package.

Então, num primeiro momento, foram considerados apenas os sistemas com uma viabilidade técnica e econômica de curto prazo, devido às restrições de custo de produção do veículo e do preço final de venda. Portanto, apenas os combustíveis fósseis/hidrocarbonetos foram considerados, já que a alternativa dos sistemas elétricos apresenta uma série de restrições quanto a sua aplicabilidade dentro da proposta do presente projeto, entre elas:

- Os conjuntos de bateria ainda apresentam um custo proibitivo para o segmento de mercado pretendido, além de implicarem em um aumento considerável no peso do veículo.
- Os motores elétricos, apesar de menos complexos mecanicamente, só funcionam adequadamente em um automóvel se forem acoplados a um conjunto de controladores e outros dispositivos eletrônicos que tornariam o projeto caro demais para o segmento pretendido.
- A possibilidade de sobrecarga na matriz de distribuição elétrica do país, considerando a possibilidade de utilização em larga escala.
- As tecnologias de células de combustível – sejam baseadas em hidrogênio ou em hidrocarbonetos – não estão suficientemente desenvolvidas para serem viáveis técnica e economicamente.

- Os painéis de células fotovoltaicas necessitam de uma superfície grande demais para produzir energia elétrica suficiente para o automóvel, o que inviabiliza sua aplicação num veículo supercompacto.
- Os sistemas híbridos encarecem o veículo por conta da maior complexidade mecânica e necessitam de mais espaço no package.

Assim, os combustíveis considerados foram: etanol, gasolina e GNV, todos dispondo de larga aplicação no mercado, com domínio pleno da tecnologia pelas montadoras e um grande acervo de componentes e peças já existentes em veículos nacionais que podem ser reaproveitados para o projeto.

Então, a escolha do combustível passa principalmente pelo requisito de projeto da maior importância que têm relação com combustível: preço por km rodado. A tabela abaixo faz uma comparação entre os três combustíveis quanto a esse quesito (ANP, 2012).

**Tabela 20 - Rendimento dos combustíveis**

| Combustível | Un.            | Preço (R\$/un.)* |      |       | Rendimento (km/un.)** | Custo de rodagem (R\$/km) |      |       |
|-------------|----------------|------------------|------|-------|-----------------------|---------------------------|------|-------|
|             |                | Mín.             | Máx. | Média |                       | Mín.                      | Máx. | Média |
| GNV         | m <sup>3</sup> | 1,36             | 2,39 | 1,74  | 13                    | 0,10                      | 0,18 | 0,13  |
| Gasolina    | l              | 2,22             | 3,80 | 2,73  | 10                    | 0,22                      | 0,38 | 0,27  |
| Etanol      | l              | 1,35             | 3,12 | 1,89  | 7                     | 0,19                      | 0,45 | 0,27  |

**Fonte: Autor**

(\*) Preços pesquisados pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) em todo território nacional, sendo mais de 8.000 postos para gasolina e etanol e mais de 500 para GNV, em quatro semanas de outubro de 2012.

(\*\*) Rendimento médio hipotético (ciclos urbano e rodoviário), considerando um mesmo motor utilizando cada um dos três combustíveis analisados.

Considerando os preços apresentados e o rendimento hipotético de cada combustível, fica evidente a grande economia proporcionada pelo GNV em comparação aos outros combustíveis, já que mesmo considerando o maior preço praticado para o GNV, ainda assim o custo de rodagem é menor quando se considera o menor preço dos outros dois combustíveis. Na média, pode-se perceber uma redução de mais de 50% no custo de rodagem.



Apesar de existirem soluções de projeto de motor que conseguem utilizar os três combustíveis, como é o caso do Siena *Tetrafuel*, as diferentes taxas de compressão necessárias para cada tipo de combustível fazem com que um motor multicomcombustível não opere em regime ideal para nenhum deles, gerando uma queima irregular, menor rendimento do motor e maior poluição, além de uma perda em potência.

Somando-se a isso, a necessidade de dois tipos diferentes de sistemas de armazenamento para os combustíveis (tanque para gasolina e etanol e cilindro para o GNV) implicaria em maior ocupação de espaço no já reduzido package estipulado na seção anterior. Portanto, decidiu-se escolher apenas um combustível para vencer essas dificuldades de projeto.

Assim, o GNV foi escolhido como o combustível para o automóvel, mas suas vantagens em relação aos outros combustíveis não são apenas em decorrência do preço. Outras vantagens do combustível incluem as seguintes:

- É extremamente seguro, pois é atóxico e na eventualidade de um vazamento, dispersa facilmente por ser mais leve que o ar, e as normas que regulamentam a segurança dos cilindros de GNV são extremamente rígidas, o que diminui o risco de falhas catastróficas.
- Por ser um combustível gasoso, além de misturar-se com o ar muito facilmente dentro do cilindro do motor, dispensa o uso de aditivos para limpeza e não produz subprodutos sólidos, o que aumenta o tempo de vida do motor.
- Produz uma queima muito mais eficiente, o que reduz consideravelmente o nível de emissões gasosas, chegando a uma redução de 90% dos poluentes em comparação com a gasolina.
- Apesar da falsa ideia de que um motor a GNV é menos potente, por ter um poder calorífico menor que o da gasolina, a necessidade de uma maior taxa de compressão do motor faz com que um motor de tamanho similar produza mais

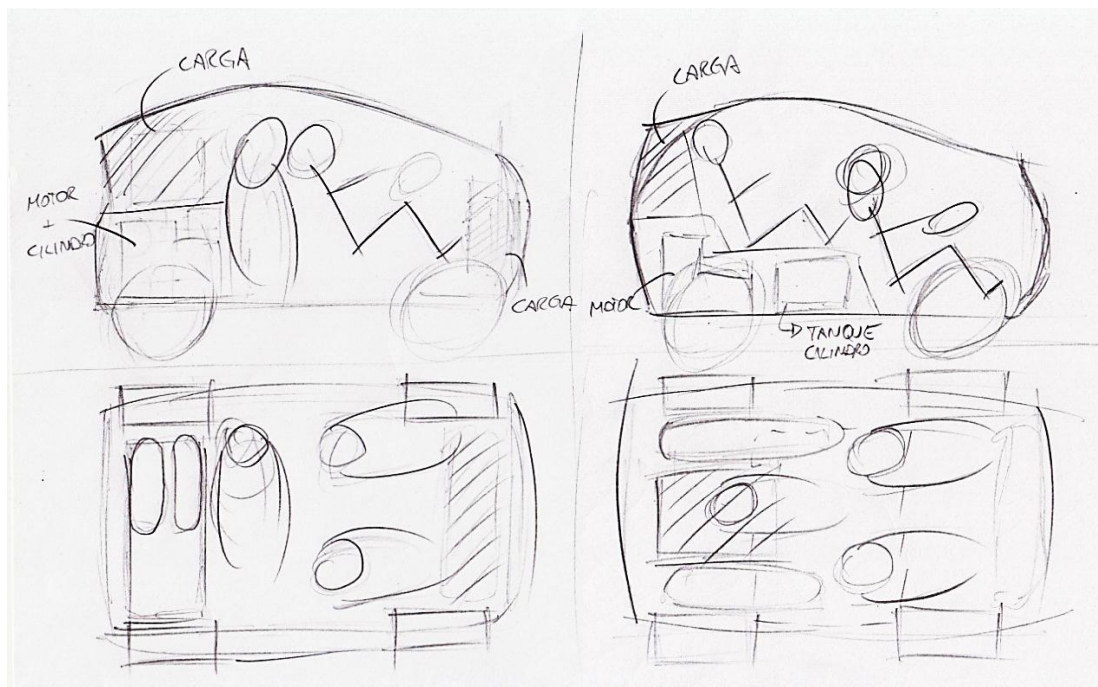
potência. Portanto, um motor projetado considerando apenas o GNV pode ter uma razão peso/potência superior aos motores convencionais.

- Alguns estados do Brasil oferecem descontos no IPVA de carros que rodam a GNV, o que aumenta seu apelo econômico.

## 7.2. Geração de alternativas de *package*

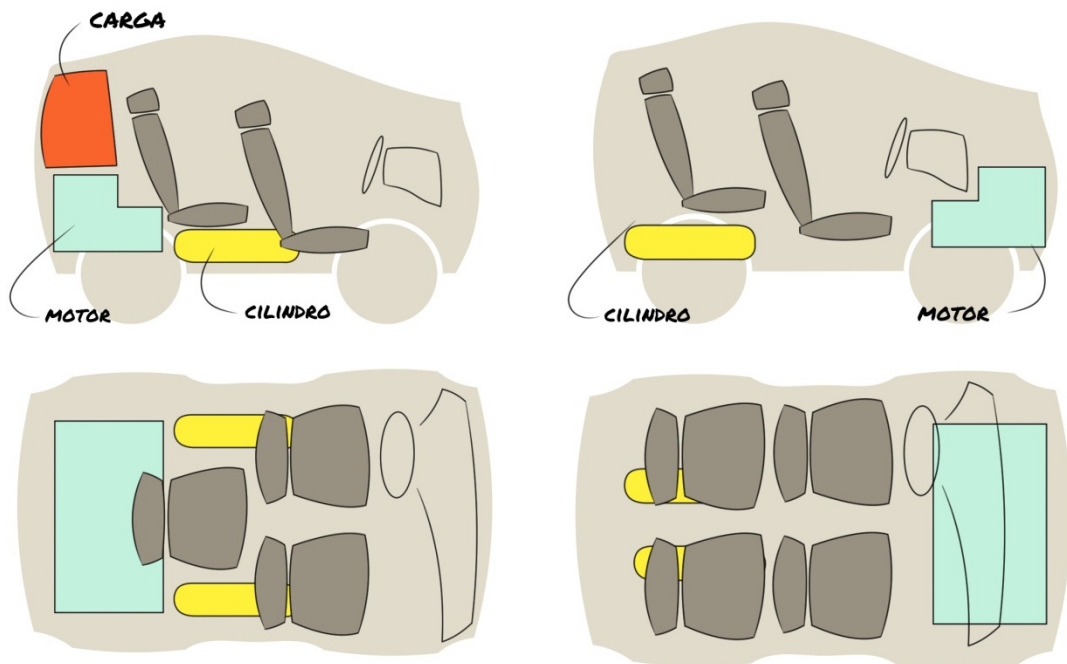
Em decorrência dessa escolha, a etapa seguinte consistiu na geração de alternativas de *layout* geral do *package*, contemplando os principais componentes mecânicos e a distribuição dos ocupantes para que uma solução adequada fosse encontrada. Na metodologia H-Point, Macey e Wardle (2008) sugerem o esboço esquemático dos principais componentes e dos ocupantes do veículo para esta etapa. Como o autor buscou um processo mais orientado para o resultado, o tipo de motor e seus componentes principais foram selecionados previamente, para que os esboços já levassem essas escolhas em conta. As Figuras 47 e 48 ilustram o processo de geração de propostas de *package*, por meio de esboços esquemáticos.

Figura 46 - Propostas de *package* 01 e 02



Fonte: Autor

Figura 47 - Propostas de Package 03 e 04



Fonte: Autor

As restrições de um package bastante curto, com três metros de comprimento, restringiram bastante o número de configurações possíveis, devido ao volume dos componentes e da necessidade de espaço interno para os ocupantes. Portanto, a proposta 04 foi escolhida por melhor atender os requisitos de maior espaço para os ocupantes, possibilitando o transporte de quatro pessoas (ou duas pessoas com carga, com os bancos traseiros rebatidos) e uma distribuição adequada do peso e volume dos componentes.

### 7.3. Escolha do motor

Tendo em vista a necessidade de um package altamente compacto e eficiente, a escolha do motor passou pela melhor relação entre peso (e volume) e potência gerada. Em geral, os motores de moto são bastante eficientes nesse sentido, por isso um motor Ducati MH900e foi o escolhido para equipar o projeto, pois oferece uma ótima relação peso/potência, além de ser bastante compacto

para sua cilindrada, é de quatro tempos, o que oferece um rendimento melhor. A tabela a seguir lista as especificações originais deste motor.

Tabela 21 - Especificações do motor Ducati MH900e original

| Ducatti MH900e             | Configuração original |
|----------------------------|-----------------------|
| Arquitetura                | 2 cilindros em L      |
| Cilindrada                 | 904 cc                |
| Tipo                       | Quatro tempos         |
| Potência                   | 76 cv @ 8000 rpm      |
| Torque                     | 7,75 Kgf @ 6500 rpm   |
| Diâmetro do cilindro       | 92 mm                 |
| Curso do pistão            | 68 mm                 |
| Altura câmara de combustão | 8,3 mm                |
| Injeção                    | Eletrônica            |
| Taxa de compressão         | 9,2:1                 |
| Arrefecimento              | Ar                    |
| Material                   | Alumínio              |
| Peso                       | 70kg                  |

Fonte: Autor

O problema, porém, é que se trata de um motor a gasolina, o que implica na modificação de alguns parâmetros para que este permita a operação baseada em GNV. Este combustível, idealmente, deve operar numa taxa de compressão entre 14:1 e 16:1 para que se extraia o máximo de potência durante a combustão, bem distante da faixa de 9,2:1 do motor original. Portanto, um ajuste na taxa de compressão do motor foi feito para poder operar satisfatoriamente com o GNV.

A fórmula para o cálculo da taxa de compressão é a seguinte:

$$TC = \frac{\frac{\pi}{4} b^2 s + V_C}{V_C}$$

Fonte: Moran e Shapiro, 2002

Onde:

- TC: Taxa de compressão do motor
- b: Diâmetro do cilindro

- $s$ : Curso do pistão
- $V_c$ : Volume da câmara de combustão

A partir das informações obtidas das especificações do motor original foram calculadas as modificações necessárias no motor, para que este opere numa taxa de compressão de 14:1 e que o diâmetro do cilindro não seja modificado. Assim, as modificações em relação ao motor original são as seguintes:

**Tabela 22 - Ajustes necessários no motor**

|                                   | <b>Original</b>     | <b>Modificado</b>     |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Cilindrada</b>                 | 904 cc              | 1037 cc               |
| <b>Potência</b>                   | 76 cv @ 8000 rpm    | 80 cv (mín. estimado) |
| <b>Torque</b>                     | 7,75 Kgf @ 6500 rpm | 8 Kgf (mín. estimado) |
| <b>Diâmetro do cilindro</b>       | 92 mm               | 92 mm                 |
| <b>Curso do pistão</b>            | 68 mm               | 78 mm                 |
| <b>Altura câmara de combustão</b> | 8,3 mm              | 6 mm                  |
| <b>Taxa de compressão</b>         | 9,2:1               | 14:1                  |
| <b>Peso</b>                       | 70kg                | 75kg (estimado)       |

Fonte: Autor

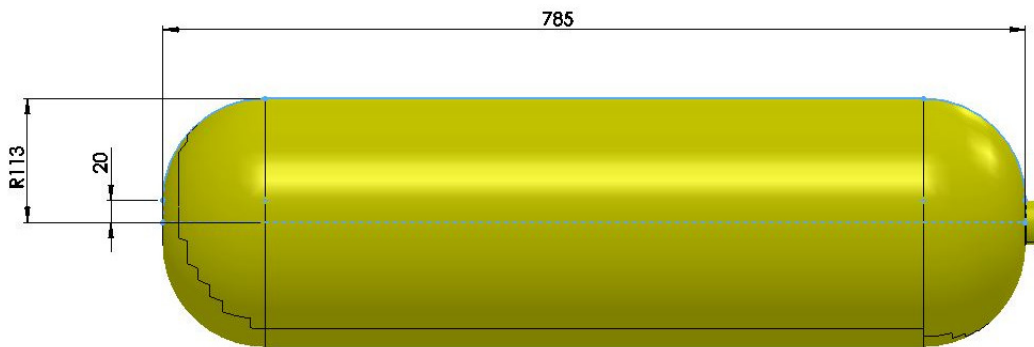
Portanto, para contemplar o uso de GNV em um regime apropriado, o curso do pistão foi aumentado em 10mm, e a altura da câmara de combustão foi reduzida em 2,3mm.

#### **7.4. Dimensionamento dos cilindros de GNV**

Os cilindros de GNV foram dimensionados para obter uma autonomia entre 180 e 200 km, considerando um rendimento hipotético entre 13 e 15km/m<sup>3</sup>, o que representa viagens diárias entre 30 e 40 km. Para isso, então, foram utilizados 2 cilindros de 6,5m<sup>3</sup>, que podem ser melhor acomodados dentro do package do que um cilindro de maior volume.

Baseando-se na linha “Light” dos cilindros GNV da White Martins (constante nos Anexo B), as dimensões de cada cilindro são: diâmetro de 230mm e comprimento de 785mm, cada um pesando aproximadamente 30kg (Figura 49).

Figura 48 - Cilindro de GNV



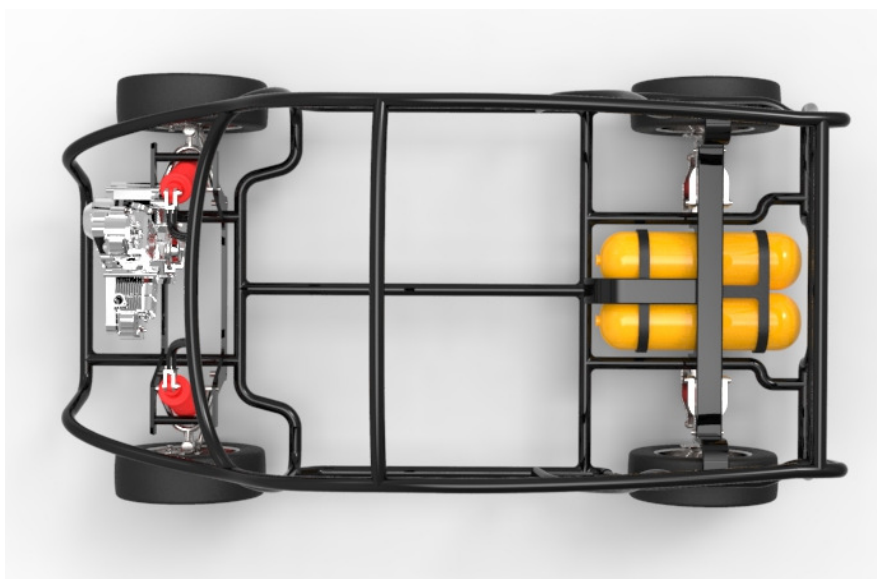
Fonte: Autor

## 7.5. Estrutura e suspensão

Conforme já discutido na seção 4.5.3, dos três tipos básicos de estrutura, foi selecionado o do tipo *spaceframe*, devido à facilidade de fabricação e baixo investimento inicial em ferramentaria. Assim, a estrutura espacial do veículo é constituída de tubos de alumínio com seção circular de 50mm de diâmetro e 4mm de espessura, o que garante leveza e resistência. Pode-se observar que a fixação dos cilindros de GNV, do motor e das suspensões são feitas diretamente na estrutura.

Figura 49 e Figura 50)

**Figura 49 - Estrutura tubular, vista superior**



**Fonte: Autor**

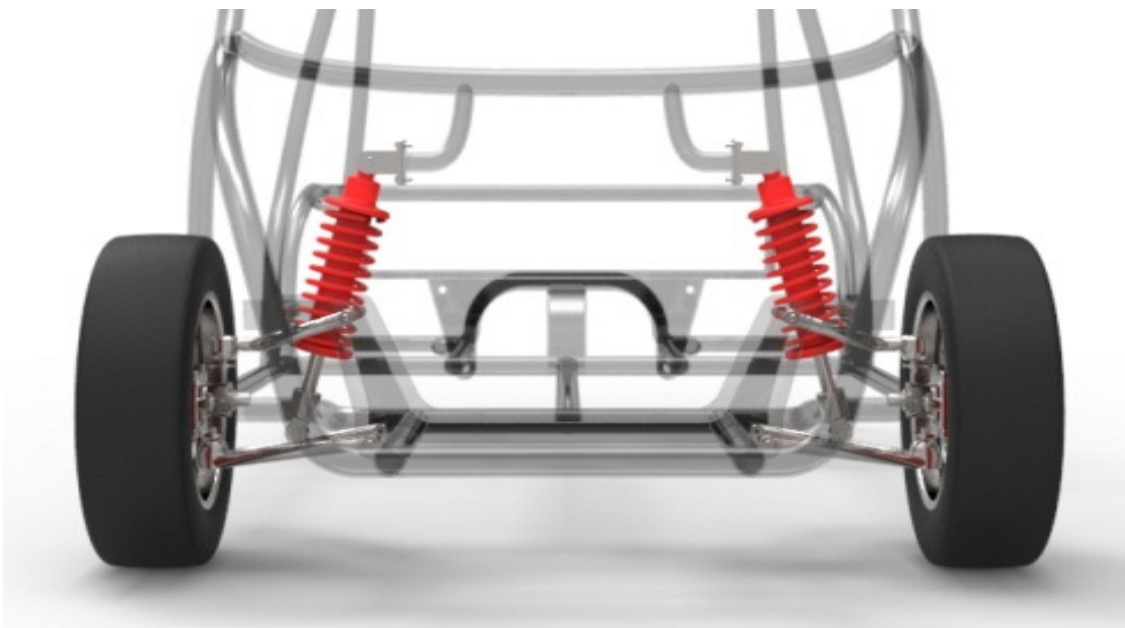
**Figura 50 - Estrutura tubular, vista lateral**



**Fonte: Autor**

Quanto à suspensão, os de mola helicoidais foram os escolhidos, já que são os mais comuns e menos custosos, tanto para a dianteira quanto para a traseira. A fixação da suspensão na estrutura é feita por dois garfos em A, também conhecido como *double wishbone*, o que garante uma maior suavidade na rodagem, além de ser um sistema de simples fabricação. As Figura 51 e Figura 52 mostram as suspensões traseira e dianteira fixadas na estrutura tubular.

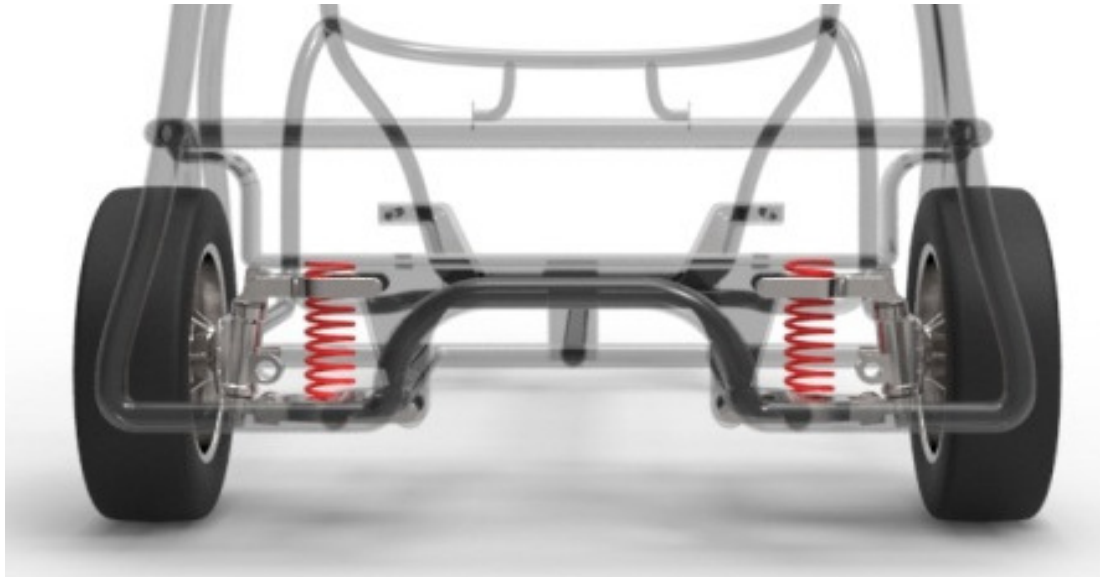
**Figura 51 - Suspensão dianteira**



**Fonte: Autor**

**Figura 52 - Suspensão traseira**





Fonte: Autor

## 7.6. Painel do tema visual

De acordo com Baxter (2000), a montagem de um painel temático com o estilo do produto é de extrema importância para criar a “sensação” desejada no mercado. Portanto, foi buscado em produtos existentes um tema visual que represente o requisito de estilo/status, considerado como uma das prioridades do projeto.

Assim, dois painéis foram montados, um com o tema visual do habitáculo, e o outro com o tema visual da carroceria, de forma a criar uma experiência satisfatória tanto interna quanto externamente. As Figuras 53 e 54 ilustram o resultado desejado.

Figura 53 - Painel do tema visual da carroceria



Fonte: Autor

Figura 54 - Painel do tema visual do habitáculo



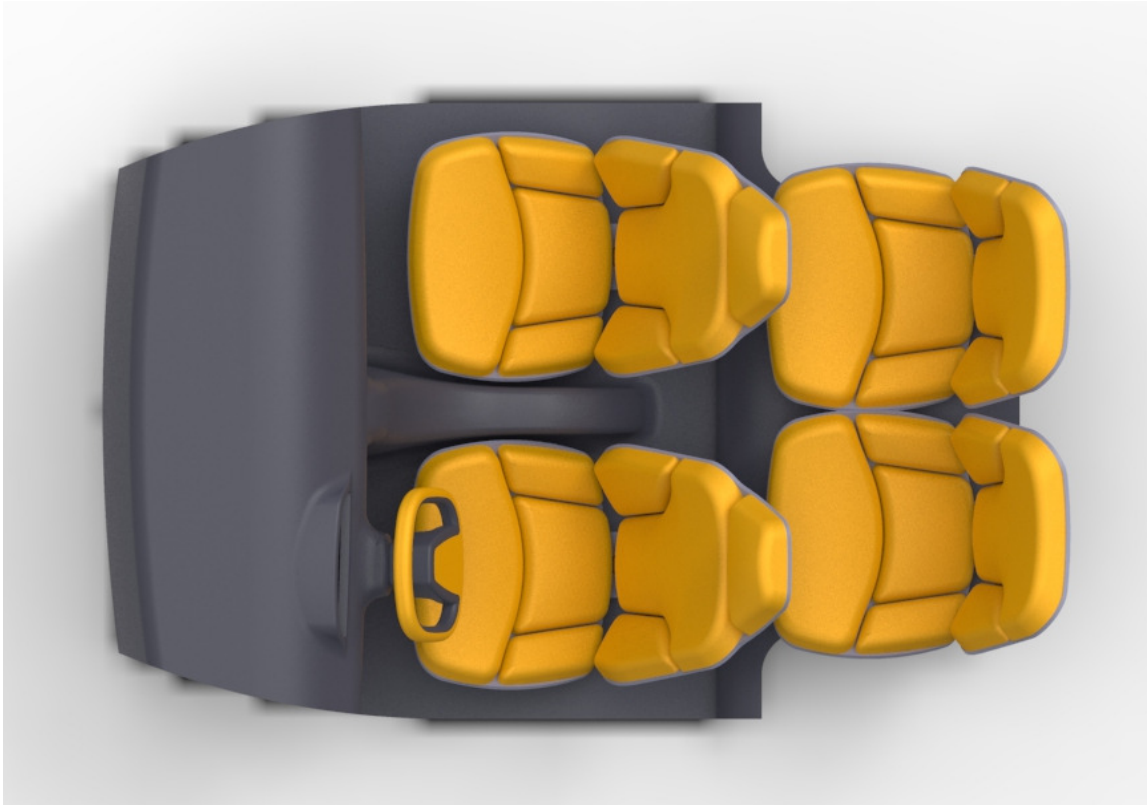
Fonte: Autor

Para estes painéis, foram buscadas referências de produtos com linhas mais modernas, agressivas, limpas e bem acabadas, para que a percepção de status seja a maior possível.

### **7.7. Layout interno**

Conforme já apresentado na seção 7.2, o layout interno dos ocupantes segue um conceito 2+2, onde os 2 bancos de trás podem ser rebatidos para criar um espaço de carga. Inicialmente, o conceito do veículo seria para menos ocupantes, mas o espaço interno permite quatro ocupantes, desde que seja sacrificado algum espaço de carga. A escolha desse compromisso se deve ao fato de que é um veículo urbano de viagens diárias curtas, onde raramente o espaço do bagageiro é utilizado completamente. As Figuras 55 e 56 representam a solução encontrada para a disposição dos ocupantes no habitáculo.

**Figura 55 - Layout interno, vista superior**



Fonte: Autor

Figura 56 - Layout interno, vista lateral



Fonte: Autor

Os bancos traseiros são mais próximos um do outro devido ao espaço ocupado pela suspensão traseira. Além disso, são mais altos por causa da posição dos cilindros GNV, logo abaixo do banco traseiro.

O uso de modelos tridimensionais dos manequins representativos dos percentis 5% feminino e 95% masculino em posição de dirigir (extraídos de REED, 2012) foram imprescindíveis para a determinação do layout interno. As Figuras 57 e 58 mostram as posturas de direção consideradas.

**Figura 57 - Postura de direção para o percentil 5% feminino**



Fonte: Autor

**Figura 58 - Postura de direção para o percentil 95% masculino**



Fonte: Autor

A inclinação do assento do banco do motorista é de 20° em relação ao assoalho, e a inclinação do encosto do banco é de 95° em relação ao assento, ambas as medidas de acordo com o sugerido por Tilley (2002).

O layout interno também prevê o rebatimento dos bancos traseiros para que se possa utilizar acima dos bancos traseiros como espaço para carga. (Figura 59)

**Figura 59 - Bancos traseiros rebatidos**



**Fonte: Autor**

O material do banco escolhido foi plástico de alto impacto, forrado por painéis de espuma de alta densidade, que permitem um volume menor ocupado pelo encosto.

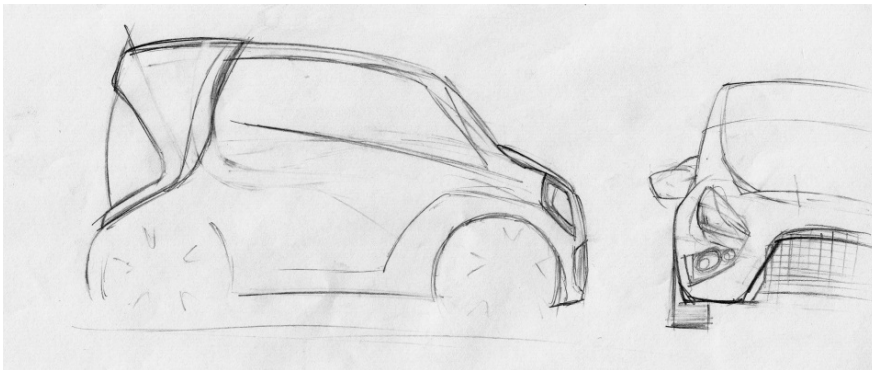
Todas as medidas detalhadas pertinentes do layout interno estão apresentadas no Apêndice A, não colocadas aqui para uma melhor legibilidade dos desenhos técnicos.

## 7.8. Geração de alternativas de carroceria

Partindo do princípio de projeto de “dentro para fora”, com o layout do package já definido, a próxima etapa foi a geração de alternativas estéticas para a carroceria, tendo em vista que o requisito de estilo do automóvel foi considerado chave para o projeto. O painel do tema visual da carroceria foi o norte para a geração das alternativas.

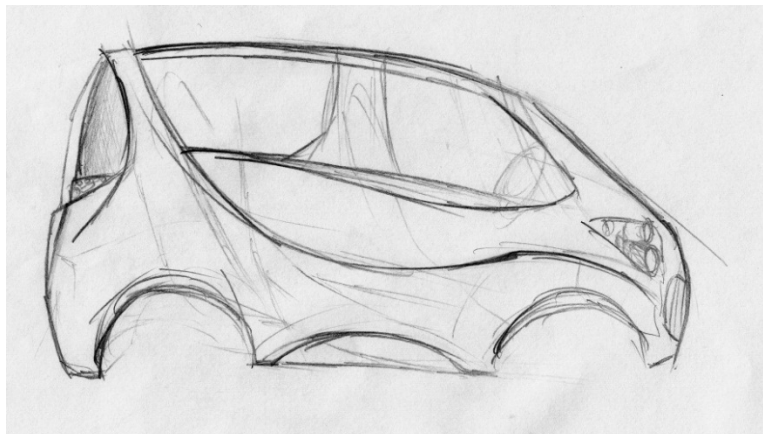
As Figuras 60 e 61 apresentam alternativas de sobreposição de materiais na carroceria, bastante utilizada em carros nacionais para conferir um aspecto aventureiro. Além disso, possibilitam uma grande gama de combinação de cores.

**Figura 60 - Alternativa de carroceria 01**



Fonte: Autor

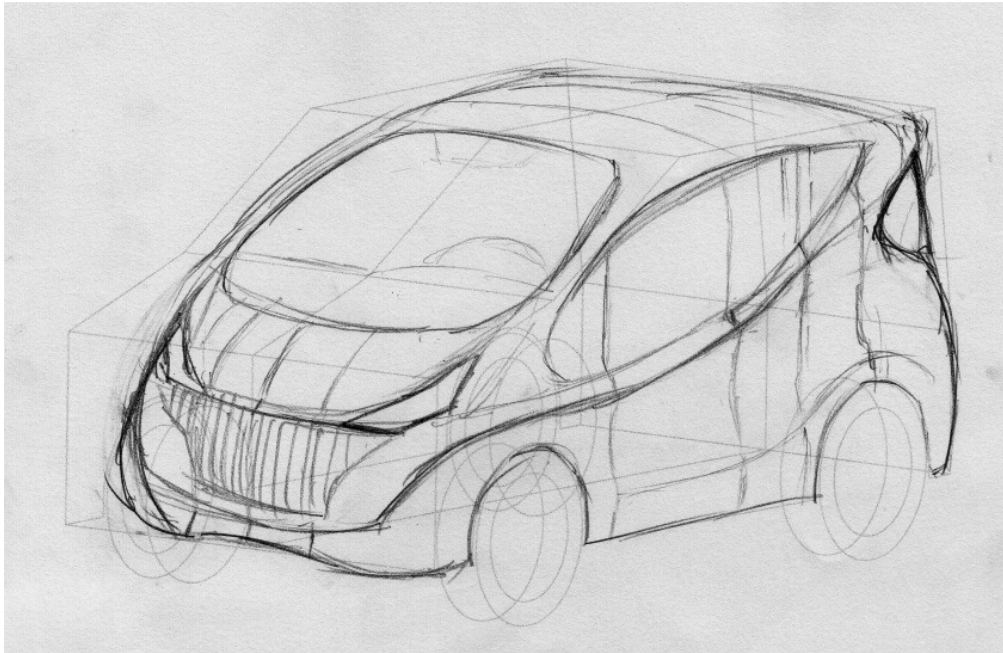
**Figura 61 - Alternativa de carroceria 02**



Fonte: Autor

Já a Figura 62 possui um aspecto mais parecido com os das minivans, como o Xsara Picasso e o Mercedes Classe C. Sua forma ovalada e o capô seguindo a mesma curvatura do para-brisa confere um ar mais espaçoso ao veículo. Contudo, perde na característica agressiva buscada no painel visual.

**Figura 62 - Alternativa de carroceria 03**

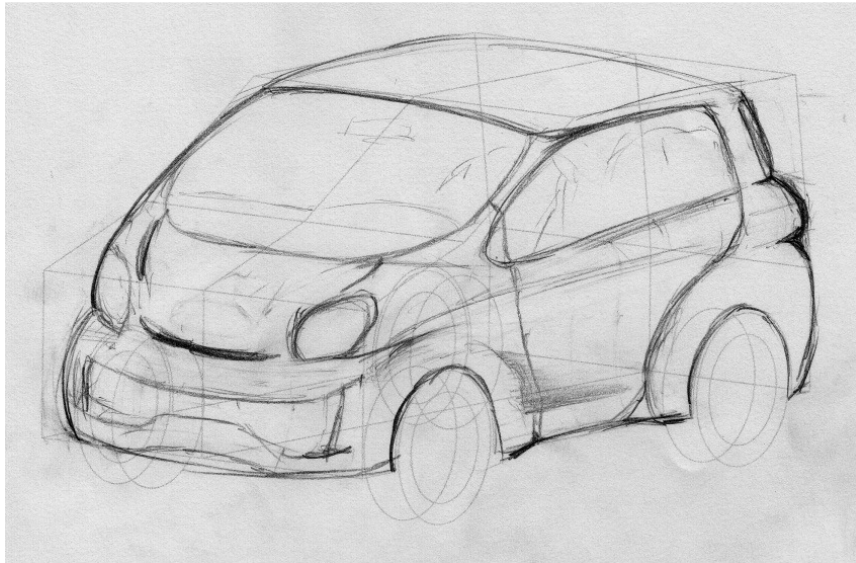


**Fonte: Autor**

A alternativa apresentada na Figura 63 possui um aspecto mais arredondado e amigável, no mesmo estilo do Kia Picanto, Chery QQ e Toyota iQ. Os faróis traseiros e dianteiros arredondados, linhas suaves, além do uso de sobreposição de materiais resulta numa proposta interessante, mas que não foi escolhida pois era bastante similar a veículos já encontrados no mercado.



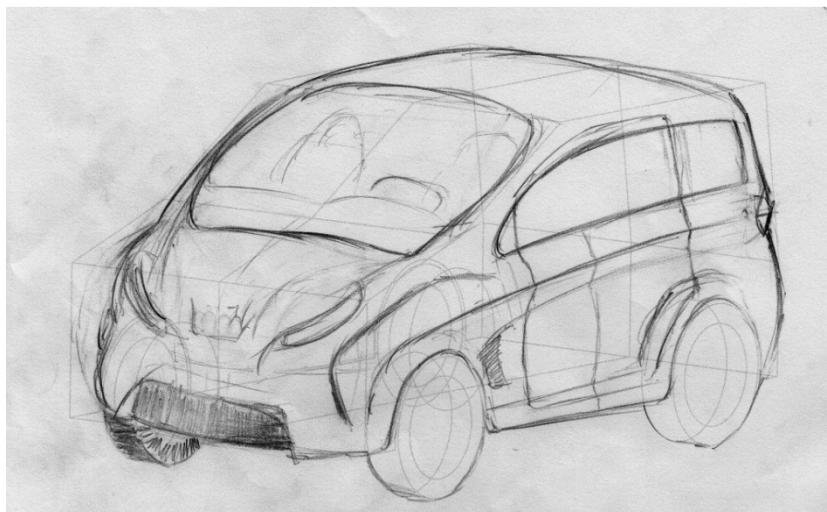
**Figura 63 - Alternativa de carroceria 04**



**Fonte: Autor**

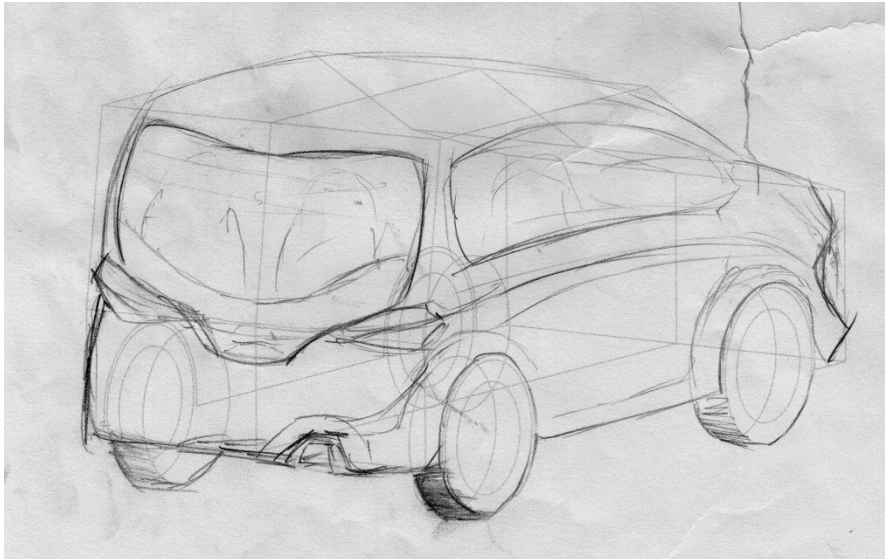
Por fim, a alternativa escolhida para ser desenvolvida foi a apresenta nas Figuras 64 e 65. Por possuir uma frente bastante distinta, uma linha de ombro pronunciada e faróis estreitos, características que contribuem para o visual mais agressivo, mas sem perder a essência de um carro compacto.

**Figura 64 - Alternativa de carroceria selecionada (frente)**



**Fonte: Autor**

**Figura 65 - Alternativa de carroceria selecionada (traseira)**



**Fonte: Autor**

A partir destes esboços, a proposta foi refinada dentro do ambiente de modelagem tridimensional no software SolidWorks 2012, a partir da geração de superfícies. A montagem do conjunto que engloba estrutura, habitáculo e carroceria foi realizada e, a partir destas montagens, os desenhos de acabamento (*renderings*) foram gerados via software Keyshot 3.2. Uma grande grelha frontal foi adicionada para que a refrigeração do motor seja eficiente.

Os painéis da carroceria são fabricados de resina epóxi reforçada com fibra de vidro, para que os custos de fabricação e o peso do veículo sejam reduzidos.

As Figuras 66 a 72 ilustram o resultado final obtido nesta etapa em várias vistas. O detalhamento dimensional, conforme foi explicado anteriormente, está constante no Apêndice A, para melhor legibilidade.

**Figura 66 - Proposta final, vista em perspectiva frontal**



**Fonte: Autor**

**Figura 67 - Proposta final, vista em perspectiva traseira**



**Fonte: Autor**

**Figura 68 - Proposta final, vistas frontal e traseira**



**Fonte: Autor**

**Figura 69 - Proposta final, vista superior**



**Fonte: Autor**

**Figura 70 - Proposta final, vista lateral**



**Fonte: Autor**

**Figura 71 - Proposta final, vista dos componentes internos**



**Fonte: Autor**

**Figura 72 - Proposta final, vista ambientada**



**Fonte: Autor**

### **7.9. Resumo da proposta final**

- Dimensões externas (C x L x H): 3000 mm x 1580 mm x 1450 mm
- Entre-eixos: 2000 mm
- Distância entre as rodas: 1450 mm
- Peso estimado: 800 kg
- Combustível: Gás Natural Veicular
- Capacidade total dos cilindros: 13 m<sup>3</sup>
- Autonomia estimada: 200 km
- Potência estimada: 80 cv
- Taxa de compressão do motor: 14:1
- Material da estrutura: tubo de alumínio de seção circular
- Material dos painéis da carroceria: Resina epóxi reforçada com fibra de vidro.
- Suspensão traseira e dianteira: duplo garfo em A com amortecedor e mola helicoidal
- Pneus recomendados: 175-65R14
- Vão livre do solo: 250 mm

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste projeto foi a de elaborar o projeto conceitual de um veículo diferenciado para o mercado emergente da Classe C, cada vez mais exigente. O mercado automobilístico lentamente está abrindo os olhos para este segmento, mas ainda não conseguiu oferecer uma solução verdadeiramente acessível e condizente com a realidade dessas pessoas.

Este público se esforça para pagar mais de 25 mil reais num carro 0km, mas será que ele precisaria gastar tudo isso? Esta é a pergunta que o autor se fez durante todo o trabalho.

O norte deste projeto foi a racionalização das escolhas, a redução de tudo que era possível reduzir, como espaço utilizado na via, preço, custo de rodagem e manutenção, mas sem perder de vista o conforto e o estilo, dois atributos valorizados pela classe média.

Assim, este Trabalho de Conclusão de Curso encerra-se com a definição da proposta geral do package, dos principais componentes mecânicos, o sistema de propulsão e o combustível utilizado, além do *layout* dos ocupantes e suas posturas, e o tipo de estrutura (e material) e suspensão.

O trabalho em desenvolvimento automotivo é, sem dúvida, árduo e extenso, pois em um projeto tão complexo como é um carro, as implicações de cada decisão tomada numa etapa anterior podem comprometer o andamento do restante do projeto. A maior dificuldade encontrada foi a proposta do package extremamente reduzido, o que acabou por dificultar – e muito – as soluções mecânicas. Um grande exemplo disso foi a adequação da suspensão traseira para que se pudesse colocar dois bancos de passageiro na parte de trás e a remoção do espaço de carga no modo para quatro passageiros.

Tudo isso para oferecer uma proposta diferenciada em relação ao que existe hoje no mercado nacional. Os chamados carros compactos de entrada ainda

são extremamente caros, se formos considerar os benefícios reais que eles oferecem.

Na questão do desenvolvimento do projeto em si, uma das grandes dificuldades encontrada foi a modelagem tridimensional, pois a passagem da ideia do esboço no papel para o ambiente virtual 3D do software de modelagem é bastante complexa e muita informação se perde nessa transição. O desejo do autor era o de um maior refinamento na proposta visual, mas a abordagem de desenvolvimento de dentro para fora acabou reduzindo o tempo hábil para o refinamento visual da proposta, aspecto que seria um dos pontos fortes do produto.

Contudo, o aprendizado decorrente do processo foi muito grande. As ferramentas de projeto, principalmente aquelas que lidam com os requisitos de usuário e de projeto, são de extrema valia para a compreensão de problemas de projeto.

Por fim, o autor acredita que o resultado obtido foi satisfatório, dentro das condições que se apresentaram durante o projeto. Envolveram desde mudanças de foco do projeto – inicialmente o projeto seria mais focado no trânsito e acabou lidando mais com o público-alvo – até mudanças estruturais nos componentes escolhidos, o que tomou uma grande dose de tempo.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A CLASSE C. **O Brasil que sonha com C: Carros, Cartões de Crédito, Casa Própria, Celulares, Consumo, Cruzeiro.** 2011. Artigo disponível em <<http://aclasec.wordpress.com/2011/06/01/o-brasil-que-sonha-com-c-carros-cartoes-de-credito-casa-propria-celulares-consumo-cruzeiro%E2%80%9D/>>. Acessado em maio de 2012.

ANP, Brasil. **Síntese de Preços Praticados - Brasil.** 2012. Disponível em <[http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo\\_Quatro\\_Combustiveis.asp](http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Quatro_Combustiveis.asp)> Acessado em dezembro de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA - ABEP. **Critério de Classificação Econômica Brasil.** 2012. Disponível em <<http://www.abep.org/novo/Content.aspx?ContentID=301>>. Acessado em maio de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ADMINISTRADORES DE CONSÓRCIO – ABAC. **Nos consórcios, pesquisa revela mais presença da classe C.** São Paulo, 2011.

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; DA SILVA, Jonny Carlos. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem.** Editora Manole. Barueri, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos.** 2ª edição. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 2000.

BERTINI, Roberto L. **You Are the Traffic Jam: An examination of Congestion Measures.** 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C. Novembro, 2005.

BRASIL, República Federativa do. **Lei Federal nº 8.46/1976.** Diário Oficial da União. Brasília, 1976.

BRASIL, República Federativa do. **Lei Federal nº 9.503/1997 – Código de Trânsito Brasileiro.** Diário Oficial da União. Brasília, 1997.

CALCARS – California Cars Initiative. **In popular mechanics fuel-type comparison, electricity wins.** 2006. Disponível em <<http://www.calcars.org/calcars-news/421.html>>. Acessado em julho de 2012.

CESVI BRASIL, Índices CESVI. **Comparativos de Veículos.** 2012. Disponível em

<<http://www.cesvibrasil.com.br/indices/comparativo.aspx>> Acessado em julho de 2012.

CETELEM BGN-IPSOS. **O Observador: Brasil 2012**. Brasil, 2012.

COMPAGAS, Home. **Vantagens do gás natural para seu veículo**. 2012. Disponível em <[http://www.compagas.com.br/index.php/web/onde\\_e\\_como\\_usar\\_o\\_gas](http://www.compagas.com.br/index.php/web/onde_e_como_usar_o_gas)>  
COSTA, Paulo G. **A Bíblia do Carro**. Rio de Janeiro, 2002.

DEMARCHI, Sérgio Henrique; MELO, R.A.; SETTI, José Reynaldo A. **Validação de um Modelo de Desempenho de Caminhões em Rampas Ascendentes**. Transportes. Rio de Janeiro, RJ, v. 9, n.1, p. 53-68, 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. **Estatísticas da Frota Nacional**. Brasília, 2012. <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>> Acessado em julho de 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. **RENAEST – Anuário Estatístico dos Acidentes de Trânsito**. Brasília, 2009.

DOWNS, Anthony. **Still stuck in traffic: coping with peak-hour congestion**. Editora Brookings Institution Press. Washington D.C., 2004.

DUCATI, Bikes. **MH900e - Technical specification**. 2012. Disponível em <[http://www.ducati.com/bikes/mh900e/900e/2002/tech\\_spec.do](http://www.ducati.com/bikes/mh900e/900e/2002/tech_spec.do)> Acessado em novembro de 2012.

EHSANI, Mehrdad et al. **Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design**. 2010

EXTRA. **Joãosinho Trinta: “Povo gosta de luxo, quem gosta de miséria é intelectual”**. 2011. Notícia disponível em <[http://extra.globo.com/noticias/rio/FEDERAÇÃO\\_NACIONAL\\_DA\\_DISTRIBUIÇÃO\\_DOS\\_VEÍCULOS\\_AUTOMOTORES\\_-\\_FENABRAVE\\_Anuário\\_2010\\_-\\_O\\_desempenho\\_da\\_distribuição\\_automotiva\\_no\\_Brasil\\_São\\_Paulo,2011](http://extra.globo.com/noticias/rio/FEDERAÇÃO_NACIONAL_DA_DISTRIBUIÇÃO_DOS_VEÍCULOS_AUTOMOTORES_-_FENABRAVE_Anuário_2010_-_O_desempenho_da_distribuição_automotiva_no_Brasil_São_Paulo,2011)>

GROHMANN, Marcia Zampieri; SCHAEDLER, Andréia Regina. **O Comportamento do Consumidor de Automóveis: Fatores Importantes para a Decisão de Compra**. In XXVII Encontro Nacional de Engenharia da Produção. Foz do Iguaçu, 2007.

HOW STUFF WORKS - HSW BRASIL. **Como tudo funciona**. 2012. Disponível em <<http://carros.hsw.uol.com.br/>>. Acessado em agosto de 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. Despesas, Rendimentos e Condições de Vida.** Rio de Janeiro, 2010.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION – IEA. **What is Ergonomics?.** 2000. Disponível em <[http://www.iea.cc/01\\_what/What%20is%20Ergonomics.html](http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html)>. Acessado em julho de 2012.

joaosinho-trinta-povo-gosta-de-luxo-quem-gosta-de-miseria-intelecual-leia-outras-frases-3470006.html>. Acessado em julho de 2012.

LARICA, Neville Jordan. **Design de Transportes – Arte em Função da Mobilidade.** Rio de Janeiro, RJ. 2AB, 2003.

LARMINIE, James. **Electric vehicle technology explained.** 2003

LEWIN, Tony. **How to design cars like a pro.** Editora Motorbooks. St. Paul, 2003.

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial – Bases para a configuração dos produtos industriais.** 1ª edição. Editora Edgard Blücher. Rio de Janeiro, 2001.

MACEY, Stuart; WARDLE, Geoff. **H-Point: The Fundamentals of car design & packaging.** Ed. Design Studio Press. 1ª edição. Pasadena, 2008.

MAMMARELLA, Rosetta. **Como anda Porto Alegre.** 2009

MATTHEW P. REED, Downloads. **Downloads.** 2012. Disponível em <<http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/downloads.html>> Acessado em novembro de 2012.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Cartilha da Mobilidade Urbana.** Brasília, 2007.

MORAES, Wellington. **Embate de Classes.** Disponível em <<http://grupomblog.blogspot.com.br/2011/12/embate-de-classes.html>>. Acessado em junho de 2012.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia.** 4ª Edição. Editora LTC, 2002.

MOTORPASIÓN, Meio Ambiente. **Eficiência energética: a vez dos motores menores.** 2009. Notícia disponível em <<http://www.motorpasion.com.br/meio-ambiente/eficiencia-energetica-a-vez-dos-motores-menores>>. Acessado em agosto de 2012.

MOVIMENTO NACIONAL PELO DIREITO AO TRANSPORTE. **Mobilidade urbana e inclusão social**. 2009

natural/gn\_p\_seu\_veiculo> Acessado em agosto de 2012.

PANERO, Julius. **Dimensionamento humano para espaços interiores: um livro de consulta e referência para projetos**. 2002

POVO, Gazeta do. **Por ano, brasileiro passa um mês inteiro no carro**. Notícia disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?tl=1&id=781427&tit=Por-ano-brasileiro-passa-um-mes-inteiro-no-carro>>. Acessado em junho de 2012.

QUATRO RODAS, Carros / Comparativos. **QQ x Celta x Clio x Gol x Ka x Mille**. 2011. Disponível em <<http://quatorrodas.abril.com.br/carros/comparativos/qq-x-celta-x-clio-x-gol-x-ka-x-mille-624601.shtml>> Acessado em agosto de 2012.

QUATRO RODAS, Reportagens. **Design: Fator Determinante na Compra de um Carro**. 2012. Notícia disponível em <<http://quatorrodas.abril.com.br/reportagens/design-fator-determinante-compra-carro-684842.shtml>>. Acessado em julho de 2012.

SÃO PAULO, O Estado de – ESTADÃO. **Classe C movimentada R\$ 880 milhões por ano no Brasil**. 2011. Notícia disponível em <<http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,classe-c-movimentada-r-880-bilhoes-por-ano-no-brasil,661015,0.htm>>. Acessado em julho de 2012.

SAVARESI, Sergio M. **Semi-active suspension control design for vehicles**. 2010

SECRETARIA DE AÇÕES ESTRATÉGICAS – SAE. **45 curiosidades sobre a nova classe média**. Brasília, 2011. Disponível em <[http://www.sae.gov.br/novaclassemedia/?page\\_id=58](http://www.sae.gov.br/novaclassemedia/?page_id=58)>. Acessado em maio de 2012.

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, Acesso à informação. **A hora e a vez da nova classe média (Revista Pellegrino)**. 2012. Disponível em <<http://www.sae.gov.br/site/?p=10723>> Acessado em julho de 2012.

TERRA, Portal de Notícias. **Classe C passa a ser maioria no país**. 2008. Notícia disponível em <[http://economia.terra.com.br/noticias/noticia.aspx?idNoticia=200803262244\\_RED\\_72991442](http://economia.terra.com.br/noticias/noticia.aspx?idNoticia=200803262244_RED_72991442)>. Acessado em junho de 2012.

TILLEY, Alvin R.. **The measure of man and woman : human factors in design**. 2002

TORRES, João Carlos Brum. **Porto Alegre, uma visão de futuro: ciclo de eventos sobre o futuro da cidade realizado em 2008.** 2009

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. **Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento - Reflexões e propostas.** 3ª Edição. Editora Annablume. São Paulo, 2000.

VUCHIC, Vukan R. **Urban transit: systems and technology.** 2007

## ANEXO A – FICHAS TÉCNICAS DOS AUTOMÓVEIS ANALISADOS

Chery QQ



|                    |                               |                       |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                         | Chery                 |
|                    | Modelo                        | QQ                    |
|                    | Ano                           | 2012                  |
|                    | Preço (básico) (R\$)          | 23.990,00             |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                   | 1485                  |
|                    | Largura (mm)                  | 1495                  |
|                    | Comprimento (mm)              | 3550                  |
|                    | Entre-eixos (mm)              | 2340                  |
|                    | Volume porta malas (L)        | 190                   |
|                    | Volume tanque (L)             | 35                    |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)   | 890                   |
|                    | Portas                        | 4+1                   |
| Assentos           | 5                             |                       |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> ) | 1083                  |
|                    | Tipo                          | 4 cilindros em linha  |
|                    | Tração                        | Dianteira transversal |
|                    | Potência (cv@rpm)             | 68@6000               |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)      | 130                   |
|                    | Combustível                   | Gasolina              |
|                    | Taxa de Compressão            | 9,5:1                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Gas)    | 13                    |

## Chevrolet Celta



|                    |                                |                       |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Chevrolet             |
|                    | Modelo                         | Celta                 |
|                    | Ano                            | 2012                  |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 23.988,00             |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1408                  |
|                    | Largura (mm)                   | 1771                  |
|                    | Comprimento (mm)               | 3788                  |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2443                  |
|                    | Volume porta malas (L)         | 260                   |
|                    | Volume tanque (L)              | 54                    |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 860                   |
|                    | Portas                         | 2+1                   |
|                    | Assentos                       | 5                     |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 1000                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha  |
|                    | Tração                         | Dianteira transversal |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 77(gas)/78(eta)@5200  |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | N.I.                  |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina       |
|                    | Taxa de Compressão             | 12,6:1                |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 10/12                 |

## Chevrolet Corsa



|                    |                                |                       |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Chevrolet             |
|                    | Modelo                         | Corsa                 |
|                    | Ano                            | 2012                  |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 29.359,00             |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1432                  |
|                    | Largura (mm)                   | 1954                  |
|                    | Comprimento (mm)               | 3833                  |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2491                  |
|                    | Volume porta malas (L)         | 260                   |
|                    | Volume tanque (L)              | 44                    |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 1029                  |
|                    | Portas                         | 4+1                   |
| Assentos           | 5                              |                       |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 1400                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha  |
|                    | Tração                         | Dianteira transversal |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 105(eta)/99(gas)@6000 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | N.I.                  |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina       |
|                    | Taxa de Compressão             | 12,4:1                |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 11/15                 |



## Citroën C3



|                                |                               |                      |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>                   | Marca                         | Citroën              |
|                                | Modelo                        | C3                   |
|                                | Ano                           | 2012                 |
|                                | Preço (básico) (R\$)          | 35.940,00            |
| <b>Dimensional</b>             | Altura (mm)                   | 1519                 |
|                                | Largura (mm)                  | 1667                 |
|                                | Comprimento (mm)              | 3850                 |
|                                | Entre-eixos (mm)              | 2460                 |
|                                | Volume porta malas (L)        | 305                  |
|                                | Volume tanque (L)             | 47                   |
|                                | Peso (ordem de marcha) (Kg)   | 1091                 |
|                                | Portas                        | 4+1                  |
| Assentos                       | 5                             |                      |
| <b>Motor</b>                   | Cilindrada (cm <sup>3</sup> ) | 1360                 |
|                                | Tipo                          | 4 cilindros em linha |
|                                | Tração                        | Dianteira            |
|                                | Potência (cv@rpm)             | 82(eta)/80(gas)@5250 |
|                                | Velocidade máxima (Km/h)      | N.I.                 |
|                                | Combustível                   | Etanol/Gasolina      |
|                                | Taxa de Compressão            | N.I.                 |
| Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 8,5/13                        |                      |

## Effa M100



|                    |                               |                      |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                         | Effa                 |
|                    | Modelo                        | M100                 |
|                    | Ano                           | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)          | 24.980,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                   | 1600                 |
|                    | Largura (mm)                  | 1670                 |
|                    | Comprimento (mm)              | 3560                 |
|                    | Entre-eixos (mm)              | 2335                 |
|                    | Volume porta malas (L)        | 320                  |
|                    | Volume tanque (L)             | 42                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)   | 930                  |
|                    | Portas                        | 4+1                  |
|                    | Assentos                      | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> ) | 970                  |
|                    | Tipo                          | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                        | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)             | 47@5000              |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)      | 140                  |
|                    | Combustível                   | Gasolina             |
|                    | Taxa de Compressão            | 8,8:1                |
|                    | Consumo médio (km/L) (Gas)    | 12,5                 |

Fiat Mille



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Fiat                 |
|                    | Modelo                         | Mille Economy        |
|                    | Ano                            | 2013                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 21.360,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1445                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1548                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3693                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2361                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 290                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 50                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 820                  |
|                    | Portas                         | 2+1                  |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 65(gas)/66(eta)@6000 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 151(gas)/153(eta)    |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 10/14                |

## Fiat Uno



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Fiat                 |
|                    | Modelo                         | Uno Vivace           |
|                    | Ano                            | 2013                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 24.260,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1480                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1636                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3770                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2376                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 280/290              |
|                    | Volume tanque (L)              | 48                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 884                  |
|                    | Portas                         | 2+1                  |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 73(gas)/75(eta)@6250 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 151(gas)/153(eta)    |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 9,5/13,5             |

Fiat Palio Fire



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Fiat                 |
|                    | Modelo                         | Palio Fire           |
|                    | Ano                            | 2013                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 23.290,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1433                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1634                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3827                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2373                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 290                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 48                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 920                  |
|                    | Portas                         | 2+1                  |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 73(gas)/75(eta)@6250 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 156(gas)/157(eta)    |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 9/13,5               |

## Fiat 500



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Fiat                 |
|                    | Modelo                         | 500                  |
|                    | Ano                            | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 40.770,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1497                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1627                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3546                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2300                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 185                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 40                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 1080                 |
|                    | Portas                         | 2+1                  |
| Assentos           | 4                              |                      |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 1368                 |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 85(gas) / 88(eta)    |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 172                  |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 8/12                 |

## Fiat Novo Palio



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Fiat                 |
|                    | Modelo                         | Novo Palio           |
|                    | Ano                            | 2013                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 28.440,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1504                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1671                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3875                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2420                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 280                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 480                  |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 999                  |
|                    | Portas                         | 4+1                  |
| Assentos           | 5                              |                      |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 73(gas)/75(eta)@6250 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 157                  |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 8/12                 |

Ford Ka



|                                |                               |                      |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>                   | Marca                         | Ford                 |
|                                | Modelo                        | Ka                   |
|                                | Ano                           | 2013                 |
|                                | Preço (básico) (R\$)          | 21.240,00            |
| <b>Dimensional</b>             | Altura (mm)                   | 1420                 |
|                                | Largura (mm)                  | 1812                 |
|                                | Comprimento (mm)              | 3836                 |
|                                | Entre-eixos (mm)              | 2452                 |
|                                | Volume porta malas (L)        | 263                  |
|                                | Volume tanque (L)             | 45                   |
|                                | Peso (ordem de marcha) (Kg)   | 936                  |
|                                | Portas                        | 3                    |
| Assentos                       | 5                             |                      |
| <b>Motor</b>                   | Cilindrada (cm <sup>3</sup> ) | 1000                 |
|                                | Tipo                          | 4 cilindros em linha |
|                                | Tração                        | Dianteira            |
|                                | Potência (cv@rpm)             | 69(gas)/73(eta)@6000 |
|                                | Velocidade máxima (Km/h)      | N.I.                 |
|                                | Combustível                   | Etanol/Gasolina      |
|                                | Taxa de Compressão            | 12,8:1               |
| Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 8,5/12                        |                      |



## Ford Fiesta



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Ford                 |
|                    | Modelo                         | Fiesta RoCam Hatch   |
|                    | Ano                            | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 24.800,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1487                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1905                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3935                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2488                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 270                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 54                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 1084                 |
|                    | Portas                         | 5                    |
| Assentos           | 5                              |                      |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 1000                 |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 69(gas)/73(eta)@6000 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | N.I.                 |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | N.I.                 |

## Kia Picanto



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Kia                  |
|                    | Modelo                         | Picanto              |
|                    | Ano                            | 2013                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 38.903,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1490                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1595                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3595                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2385                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 292                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 35                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 940                  |
|                    | Portas                         | 4+1                  |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 998                  |
|                    | Tipo                           | 3 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 77(gas)/80(eta)@6200 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       |                      |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | 12,5:1               |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 8,5/12,5             |

## Nissan March



|                    |                                |                 |
|--------------------|--------------------------------|-----------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Nissan          |
|                    | Modelo                         | March           |
|                    | Ano                            | 2013            |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 24.990,00       |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1528            |
|                    | Largura (mm)                   | 1665            |
|                    | Comprimento (mm)               | 3780            |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2450            |
|                    | Volume porta malas (L)         | 265             |
|                    | Volume tanque (L)              | 41              |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 925-938         |
|                    | Portas                         | 4+1             |
| Assentos           | 5                              |                 |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 998             |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros     |
|                    | Tração                         | Dianteira       |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 74@5850         |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | N/I             |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina |
|                    | Taxa de Compressão             | N/I             |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 7/11,5          |

Peugeot 207



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Peugeot              |
|                    | Modelo                         | 207                  |
|                    | Ano                            | 2013                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 31.402,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1446                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1669                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3872                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2443                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 245                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 50                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 1033                 |
|                    | Portas                         | 2+1                  |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 1360                 |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 80(gas)/82(eta)@5250 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 162                  |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 7,5/13               |

## Renault Clio



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Renault              |
|                    | Modelo                         | Clio                 |
|                    | Ano                            | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 23.760,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1417                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1640                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3818                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2472                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 255                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 50                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 1350                 |
|                    | Portas                         | 3                    |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 76(gas)/77(eta)@6000 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 166(gas)/167(eta)    |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 10/15                |

## Smart Fortwo



|                    |                               |                      |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                         | smart                |
|                    | Modelo                        | fortwo coupé         |
|                    | Ano                           | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)          | 49.900,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                   | 1565                 |
|                    | Largura (mm)                  | 1559                 |
|                    | Comprimento (mm)              | 2695                 |
|                    | Entre-eixos (mm)              | 1867                 |
|                    | Volume porta malas (L)        | 220                  |
|                    | Volume tanque (L)             | 38                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)   | 1020                 |
|                    | Portas                        | 2+1                  |
|                    | Assentos                      | 2                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> ) | 999                  |
|                    | Tipo                          | 3 cilindros em linha |
|                    | Tração                        | Traseira             |
|                    | Potência (cv@rpm)             | 71@5800              |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)      | 145                  |
|                    | Combustível                   | Gasolina             |
|                    | Taxa de Compressão            | 11,4:1               |
|                    | Consumo médio (km/L) (Gas)    | 12                   |

## Volkswagen Gol G5



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Volkswagen           |
|                    | Modelo                         | Gol G5               |
|                    | Ano                            | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 27.904,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1463                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1893                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3899                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2465                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 285                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 55                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 947                  |
|                    | Portas                         | 5                    |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 72(gas)/76(eta)@5250 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 165(gas)/167(eta)    |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 9/13,5               |

## Volkswagen Gol G4



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Volkswagen           |
|                    | Modelo                         | Gol G4               |
|                    | Ano                            | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 24.291,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1402                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1645                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3931                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2468                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 285                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 51                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 853                  |
|                    | Portas                         | 3                    |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 68(gas)/71(eta)@5750 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 168(gas)/170(eta)    |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 8/13                 |



## Volkswagen Fox



|                    |                                |                      |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Geral</b>       | Marca                          | Volkswagen           |
|                    | Modelo                         | Fox                  |
|                    | Ano                            | 2012                 |
|                    | Preço (básico) (R\$)           | 29.490,00            |
| <b>Dimensional</b> | Altura (mm)                    | 1543                 |
|                    | Largura (mm)                   | 1901                 |
|                    | Comprimento (mm)               | 3832                 |
|                    | Entre-eixos (mm)               | 2465                 |
|                    | Volume porta malas (L)         | 260                  |
|                    | Volume tanque (L)              | 50                   |
|                    | Peso (ordem de marcha) (Kg)    | 1009                 |
|                    | Portas                         | 3                    |
|                    | Assentos                       | 5                    |
| <b>Motor</b>       | Cilindrada (cm <sup>3</sup> )  | 999                  |
|                    | Tipo                           | 4 cilindros em linha |
|                    | Tração                         | Dianteira            |
|                    | Potência (cv@rpm)              | 72(gas)/76(eta)@5250 |
|                    | Velocidade máxima (Km/h)       | 158(gas)/160(eta)    |
|                    | Combustível                    | Etanol/Gasolina      |
|                    | Taxa de Compressão             | N.I.                 |
|                    | Consumo médio (km/L) (Eta/Gas) | 10,5/13              |

## ANEXO B – CATÁLOGO CILINDRO GNV WHITE MARTINS

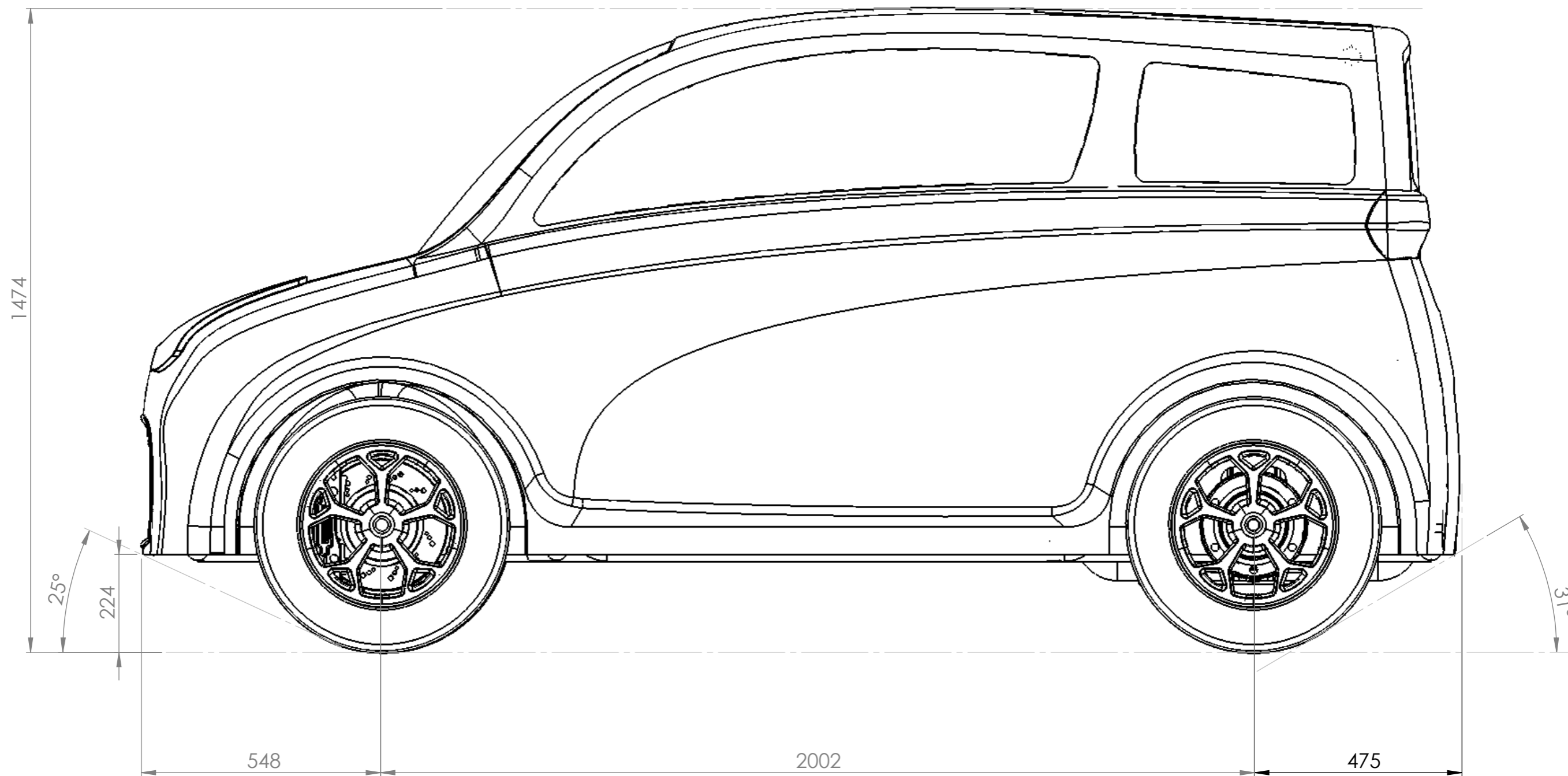
### ESPECIFICAÇÕES DOS CILINDROS CILBRÁS


| MODELO                  | PRESSÃO DE SERVIÇO (bar) | CAPACIDADE HIDRÁULICA (litros) | DIÂMETRO EXTERNO (mm) | COMPRIMENTO TOTAL (mm) | PESO (kg) |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|
| <b>LINHA LIGHT</b>      |                          |                                |                       |                        |           |
| 30.230.860              | 200                      | 30                             | 230                   | 860                    | 32        |
| 38.260.860              | 200                      | 38                             | 260                   | 860                    | 33        |
| 70.356.920              | 200                      | 70                             | 356                   | 920                    | 67        |
| 83.390.910              | 200                      | 83                             | 390                   | 910                    | 77        |
| 100.390.1020            | 200                      | 100                            | 390                   | 1.020                  | 91        |
| <b>LINHA STANDARD</b>   |                          |                                |                       |                        |           |
| 30.244.850              | 200                      | 30                             | 244                   | 850                    | 41        |
| 84.323.1260             | 200                      | 84                             | 323                   | 1.260                  | 88        |
| 100.323.1470            | 200                      | 100                            | 323                   | 1.470                  | 101       |
| 62.334.918              | 200                      | 62                             | 334                   | 918                    | 65        |
| 57.340.850              | 200                      | 57                             | 340                   | 850                    | 64        |
| 107.340.1478            | 200                      | 107                            | 340                   | 1.478                  | 104       |
| 119.340.1640            | 200                      | 119                            | 340                   | 1.640                  | 117       |
| 63.356.850              | 200                      | 63                             | 356                   | 850                    | 70        |
| 69.356.920              | 200                      | 69                             | 356                   | 920                    | 75        |
| 82.356.1055             | 200                      | 82                             | 356                   | 1.055                  | 84        |
| 99.356.1250             | 200                      | 99                             | 356                   | 1.250                  | 93        |
| <b>LINHA INDUSTRIAL</b> |                          |                                |                       |                        |           |
| 100.340.250             | 250                      | 100                            | 340                   | 1.388                  | 121       |
| 125.340.250             | 250                      | 125                            | 340                   | 1.690                  | 145       |
| 140.340.250             | 250                      | 140                            | 340                   | 1.885                  | 160       |
| 147.340.250             | 250                      | 147                            | 340                   | 1.970                  | 164       |
| 150.340.220             | 220                      | 150                            | 340                   | 2.000                  | 155       |

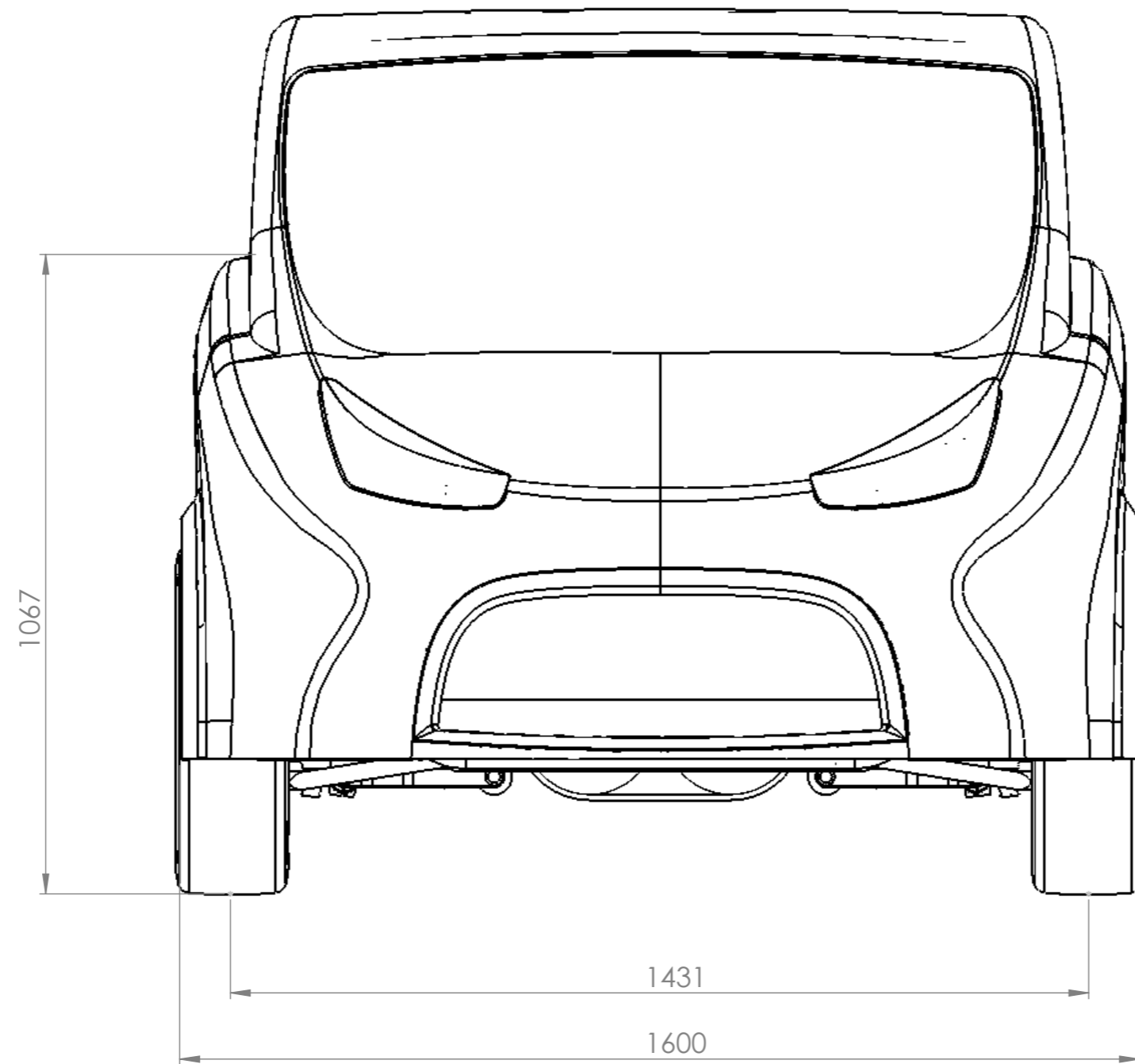


Central de Relacionamento  
**0800 709 9000**  
[www.whitemartins.com.br](http://www.whitemartins.com.br)

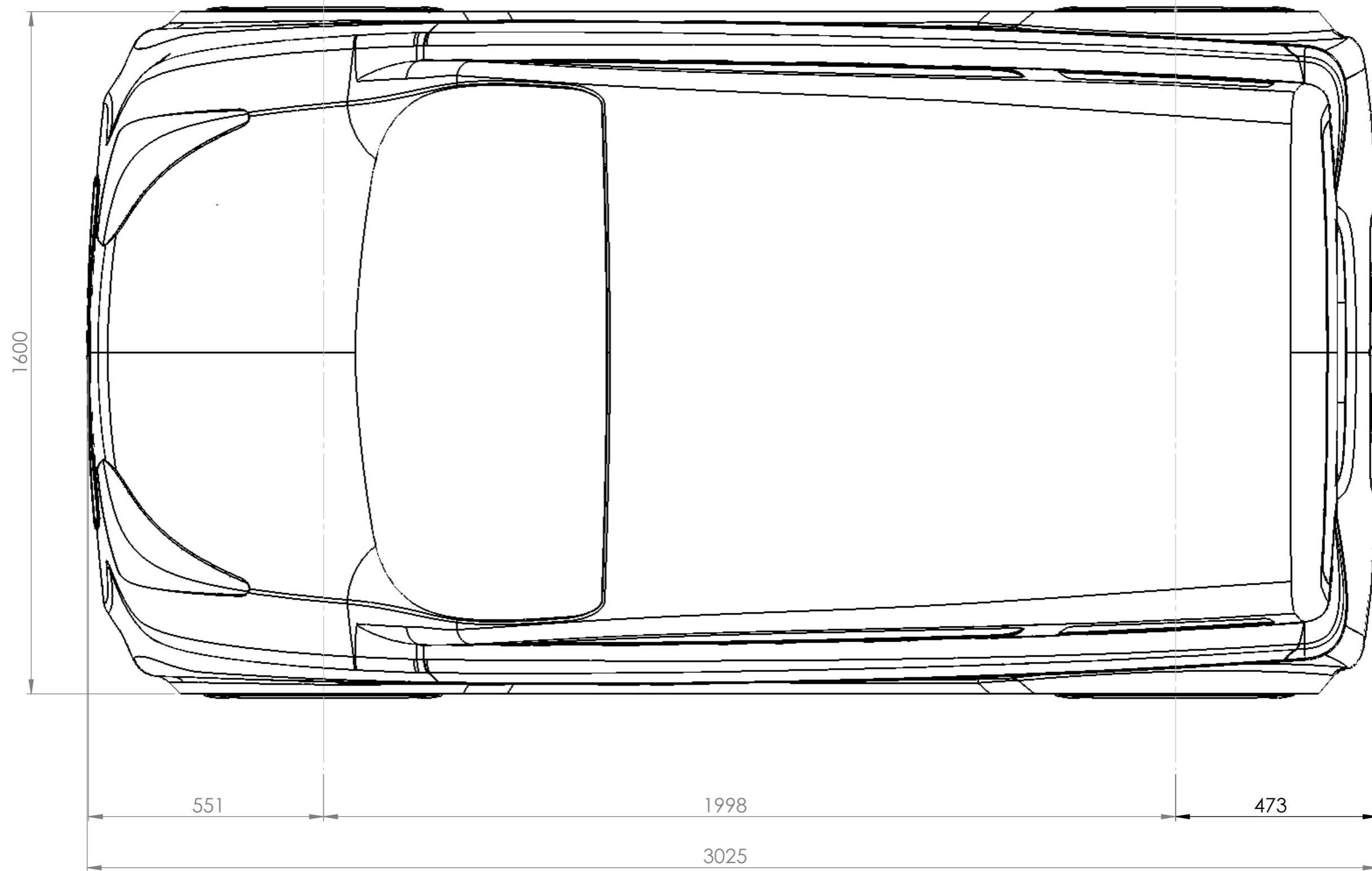
## APÊNDICE A – DESENHOS TÉCNICOS

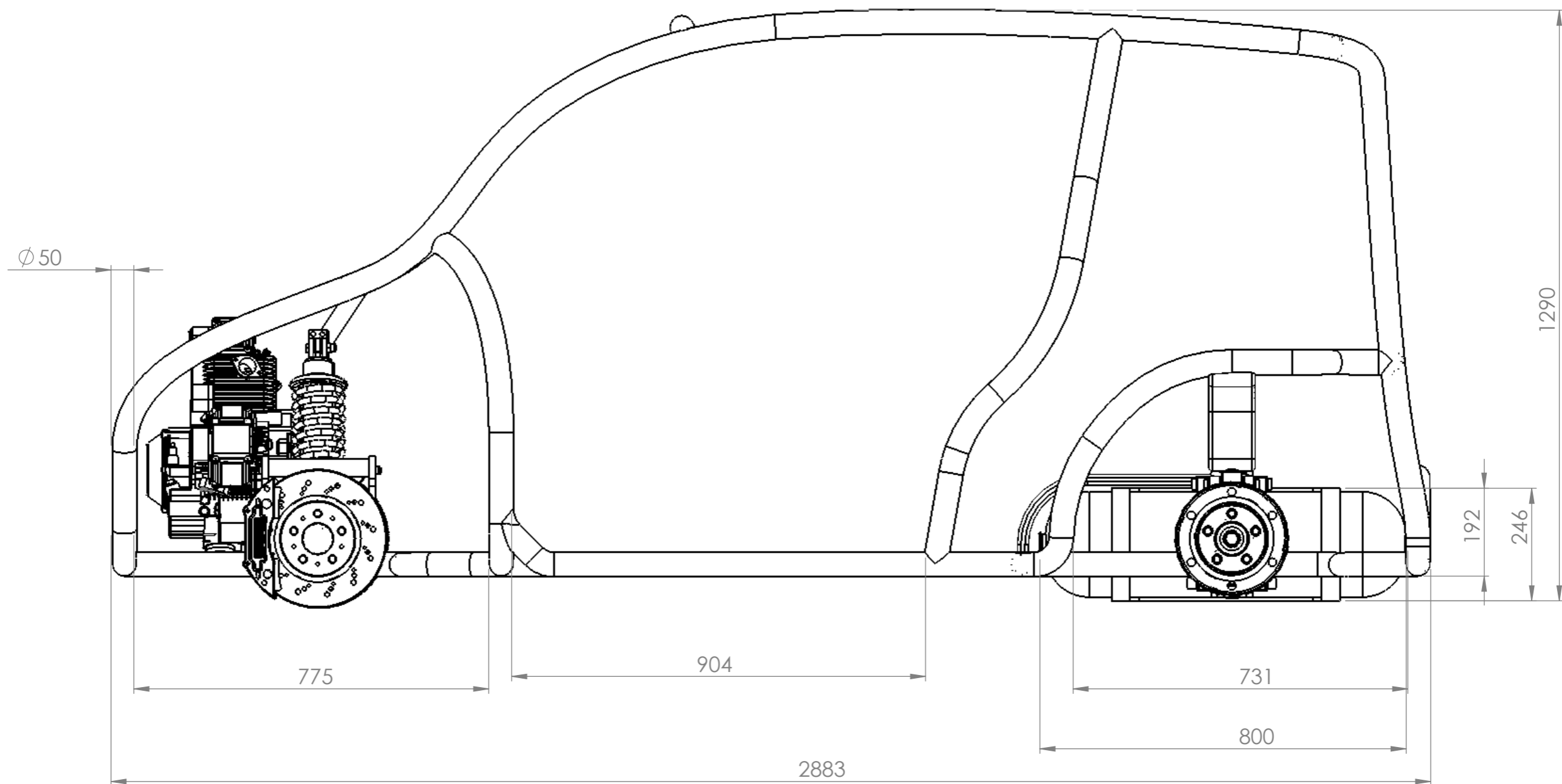


|   |                                     |  |                     |  |
|---|-------------------------------------|--|---------------------|--|
|  <b>UFRGS</b><br>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL | Descrição: Vista lateral do veículo |  | Autor: Lucas Ladwig |  |
|   | Projeto: Veículo Urbano             |  | Conjunto: Completo  |  |
|   | Escala: 1:10                        |  | Folha: 1 de 3       |  |

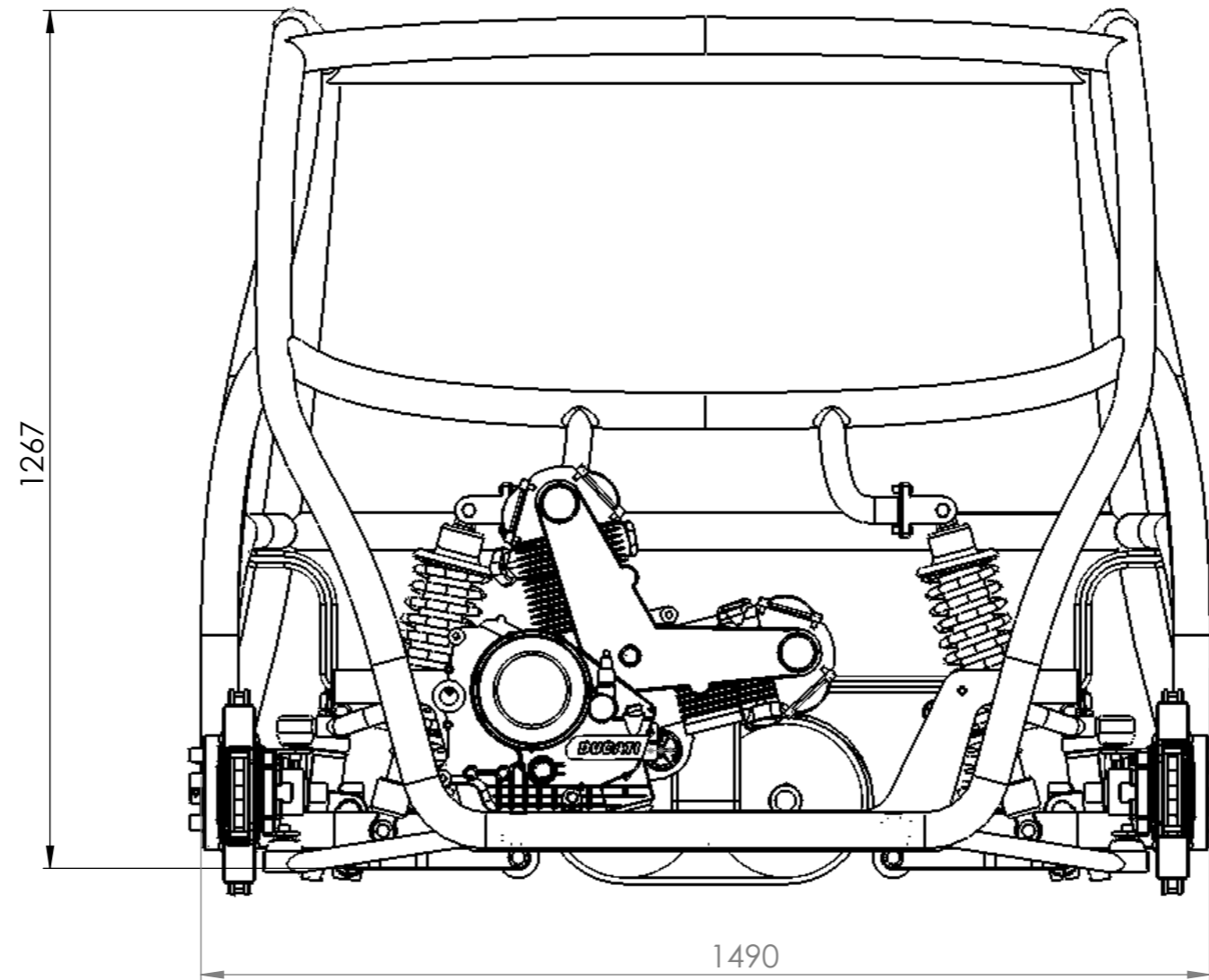


|  |                          |                   |                    |        |
|--|--------------------------|-------------------|--------------------|--------|
|  <b>UFRGS</b><br>UNIVERSIDADE FEDERAL<br>DO RIO GRANDE DO SUL | Descrição                |                   | Autor Lucas Ladwig |        |
|  | Vista frontal do veículo |                   | Formato A3         | Folha  |
|  | Projeto Veículo Urbano   | Conjunto Completo | EscaLa 1:10        | 2 de 3 |

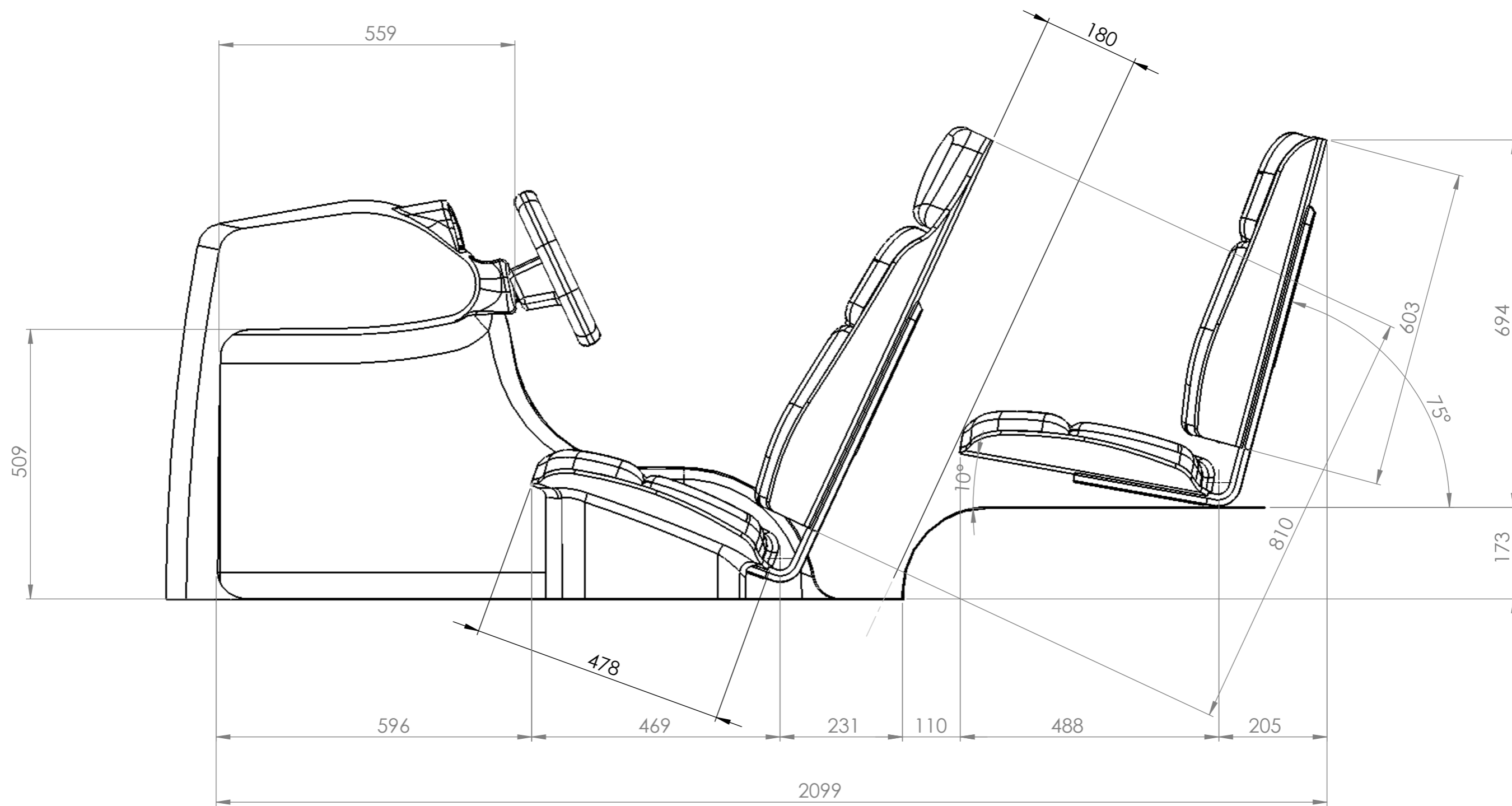




|   |   |                       |                |
|---|---|-----------------------|----------------|
|  | Descrição<br>Vista lateral do space frame | Autor<br>Lucas Ladwig |                |
|   | Projeto<br>Veículo Urbano                 | Conjunto<br>Estrutura | Formato<br>A3  |
|   |   |                       | Escala<br>1:10 |







|   |                                    |  |                     |  |
|---|------------------------------------|--|---------------------|--|
|  <b>UFRGS</b><br>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL | Descrição: Dimensões do habitáculo |  | Autor: Lucas Ladwig |  |
|   | Projeto: Veículo Urbano            |  | Conjunto: Interior  |  |
|   | Escala: 1:8                        |  | Folha: 1 de 5       |  |

