

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO & FABRICAÇÃO DE VEÍCULO TRICICLO PARA
TRANSPORTE URBANO DE CARGAS E PASSAGEIROS

por

Eduardo de Oliveira Cristal

Dissertação para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia

Porto Alegre, novembro de 2008.

PROJETO & FABRICAÇÃO DE VEÍCULO TRICICLO PARA
TRANSPORTE URBANO DE CARGAS E PASSAGEIROS

por

Eduardo de Oliveira Cristal
Engenheiro Mecânico

Dissertação submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, PROMEC, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de

Mestre em Engenharia

Área de Concentração: Processos de Fabricação

Orientador: Prof. Vilson João Batista, Dr. Eng.

Comissão de Avaliação:

Prof. Fernando Antonio Forcellini, Dr. Eng.

Profa. Márcia Elisa Soares Echeveste, Dra.

Prof. José Antonio Mazzaferro, Dr. Eng.

Prof. Luiz Carlos Gertz, Dr. Eng.

Prof. Flávio José Lorini, Dr. Eng.
Coordenador do PROMEC

Porto Alegre, 17, novembro de 2008.

DEDICATÓRIA

Assim como dediquei a conclusão de minha graduação em Engenharia Mecânica, dedico a conquista desta nova etapa novamente à minha “pretinha linda”, minha muito querida e amada filha Alexia Pereira Cristal. Uma criança muito especial, que com sua personalidade marcante, inteligência e carinho conquista à todos em sua volta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente às minhas duas mulheres, Simone Pereira Cristal e Alexia Pereira Cristal, minha esposa e minha filha, respectivamente. O amor, a tranquilidade, o carinho, a atenção e o apoio que elas me proporcionam são fundamentais para que eu atinja meus objetivos. Nos últimos anos me tornei uma pessoa totalmente dependente e viciada na companhia destas duas “peruas resmungonas”.

Aos meus pais, Paulo Roberto Cristal e Heloisa Helena de Oliveira Cristal, que me apoiaram incondicionalmente em todas as decisões de minha vida. Meus queridos e amados “véios” sempre fizeram tudo (e um pouco mais) o que estava ao seu alcance para proporcionar a mim e a meus irmãos toda a estrutura e educação que precisávamos para nos preparar para a nossa vida adulta. O amor, os ensinamentos, as “chineladas”, os castigos, os conselhos, o carinho, o apoio, a atenção, a educação e o incentivo que eles me proporcionaram são inevitavelmente a base para as minhas conquistas. O sucesso deste dois “véinhos” como educadores se traduz nos meus sucessos, como, por exemplo, a conclusão deste mestrado. Quero ter a serenidade e a inteligência para dar a meus filhos a mesma base que eles me deram.

Aos meus irmãos Maurício de Oliveira Cristal e Thamiris de Oliveira Cristal. Maurício, ou Mítio, como aprendi a chamá-lo durante a infância, é o irmão mais velho, o primogênito, o meu melhor amigo, a pessoa que foi a frente abrindo o caminho e mostrando as dificuldades, servindo de exemplo e inspiração. Thamiris, a nossa maninha “raspa do tacho” e minha primeira afilhadinha, a quem participei e acompanhei do crescimento e educação, a minha melhor amiga. Orgulho-me muito de tê-los e poder chamá-los de meus irmãos.

À minha cunhada Rosane Ferraro Cristal, à minha sobrinha e afilhadinha Mylena Ferraro Cristal e a meu pequeno sobrinho Pedro Henrique Ferraro Cristal, que vêm recheando e incrementando nossa “Grande Família”.

Às minhas avós Dalila Cristaldo e Maria Dadi de Oliveira, progenitoras e responsáveis pelo início de toda esta “Grande Família”.

Aos meus compadres e grandes amigos, Henrique Fröelich, Daniela Fröelich, Paulo Nicheli e Luciane de Oliveira. Às minhas afilhadas Andrielli Nicheli e Gabriela Fröelich. Pessoas que me fazem muito feliz e me proporcionam grandes momentos de descontração.

Aos meus sócios Eurico Schoenardie, Marcelo Saldanha, Rodrigo Schoenardie e Giovani Saldanha, que foram grandes parceiros para conclusão deste projeto e que apostaram grande confiança no resultado de meu trabalho.

Aos meus chefes Alberto Schmitt e Roque Bassin que sempre me deram todo o apoio e liberdade para realização e conclusão do mestrado.

Ao professor, mestre, orientador e amigo Vilson João Batista pelo incentivo, orientação, atenção, disponibilidade e confiança durante as atividades de realização deste projeto de mestrado. Sua influência, experiência e orientação tornaram o mestrado sem dúvida alguma uma atividade mais prazerosa, e também foram de grande contribuição para sua conclusão.

Finalmente, a todos familiares, amigos e colegas de trabalho que viveram e participaram comigo desta caminhada.

RESUMO

O presente tema apresenta o desenvolvimento do projeto e fabricação de um veículo de baixo custo de aquisição, de manutenção e facilidade de utilização. O projeto foi desenvolvido a partir da transformação de motocicletas do tipo comerciais para a faixa de cilindrada entre 100 e 150cc, disponíveis no mercado. Após transformá-las em um veículo triciclo, agrega-se um incremento na sua capacidade de carga, e com a devida adequação para o transporte nas modalidades de cargas e passageiros com a segurança devida. O projeto é constituído de uma estrutura metálica que tem a função de chassi de sustentação para a montagem da carroceria escolhida; de carga ou passageiro. E, esta estrutura tem uma configuração de planta do tipo triangular, onde o vértice frontal permite o encaixe e fixação na parte traseira da motocicleta. Também, neste chassi está montada a suspensão traseira composta dos respectivos pares de molas e amortecedores. A transmissão do eixo traseiro é realizada por um conjunto de pinhão, coroa e corrente para adequar a relação de transmissão ajustada para a nova dinâmica veicular, que considerou as capacidades de carga e velocidade final. Esta configuração conta com o mecanismo de um diferencial, proporcionando maior conforto na condução do triciclo, bem como assegurando ao usuário os itens necessários de estabilidade e segurança veicular. A fabricação foi desdobrada em duas fases, sendo a primeira de um protótipo para a homologação do conceito junto ao DENATRAN. Na segunda fase fabricou-se de um lote piloto dentro dos preceitos da engenharia da mobilidade, e para assim executar os testes em condições reais de uso para verificação do desempenho veicular propriamente dito. Cinco protótipos fabricados e submetidos a testes de rodagem em campo foram planejados e realizados em ambiente industrial para transporte de carga numa rotina sistemática. Assim, a configuração final resultou num veículo triciclo formado por vários conjuntos, que foram devidamente montados para atender aos requisitos da demanda do cliente, das questões legais e das exigências da engenharia automotiva. Finalmente, obteve-se um desempenho geral que foi qualificado como “muito satisfatório”, e que foram monitorados através dos seguintes itens como: operacionalidade, consumo e manutenção.

Palavras-chaves: Triciclo de carga. Veículo de baixo custo. Veículo alternativo.

ABSTRACT

“Design & Fabrication Project of a Three-wheeled Vehicle for Urban Transport of Loads and Passengers”

This work presents the design and fabrication of a low cost, easy to use vehicle. The development project was to transform currently available commercial motorcycles with engines from 100-150cc. These motorcycles are transformed into three-wheeled motorcycles, increasing their load carrying capacity and adapted to transport loads and passengers with the addition of necessary safety features. The core of the development is a metallic structure that functions as a frame to assemble the desired three-wheeled motorcycle configuration, load or passenger. The structure has a triangular shape and a front point that fixes to the original frame structure at the back of the motorcycle. A suspension system securing the axle with shocks and springs is fixed to this frame. Power transmission to this rear axle passes through a series of chains and sprockets to adjust the ratio to the new load conditions, considering the load capacity and new maximum speed. The axle itself uses a differential to assure safe, comfortable and predictable handling of the three-wheeled motorcycle. The fabrication process evolved in two phases, the first being a prototype for concept homologation with the Brazilian transportation authority - DENATRAN. The second phase involved pilot production of machines according to the necessary motor vehicle standards with an objective to realize tests in real working conditions. Five prototypes were constructed and subjected to such testing, systematically transporting material in an industrial environment. The resulting final configuration is a three-wheeled motorcycle formed of several principal assemblies, each assembled according to the needs of the client and the consequent legal requirements for automotive engineering. The final product achieved “very satisfactory” performance according to users when evaluated in the areas of ease of operation, fuel consumption, and maintenance cost.

Keywords: Load transport three-wheeled motorcycle. Low cost vehicle. Alternative vehicle.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	METODOLOGIA DE PROJETO PROPOSTA	3
2.1	Metodologia de projeto do produto	3
3	EXECUÇÃO DO PROJETO	11
3.1	Planejamento do Produto	11
3.2	Concepção de Produto Único	18
3.3	Concepção de Produto em Pequena Série	29
3.4	Lote Piloto	55
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	58
4.1	Teste de Capacidade de Tração	59
4.2	Teste de Dirigibilidade	61
4.3	Identificação da Posição do CG	61
4.4	Cálculo da Estabilidade do Veículo ao Capotamento	65
4.5	Apresentação do Produto ao Mercado	68
4.6	Módulo Configurador	69
4.7	Estudo de Custo Operacional	70
5	CONCLUSÃO	76
	Referências Bibliográficas	78
	Apêndice A	81
	Apêndice B	83
	Apêndice C	85
	Apêndice D	87
	Apêndice E	89
	Anexo A	95
	Anexo B	96
	Anexo C	97
	Anexo D	98

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Inclinação	[°]
A	Área da seção	[m ²]
a	Aceleração	[m/s ²]
C	Coeficiente	
C	Capacidade de tanque	[l]
e	Superelevação	[m/m]
f	Coeficiente de atrito	
F	Força do amortecedor	[N]
g	Aceleração da gravidade	[m/s ²]
H	Altura	[mm]
i	Relação de transmissão	
i	Taxa de juros	[%]
L	Distância	[mm]
m	Massa do veículo	[kg]
M	Momento	[N.m]
N	Distância	[mm]
n	Rotação	[rpm]
n	Tempo	[mês]
N	Quantidade	[un.]
P	Valor monetário	[R\$]
p	Distribuição percentual	[%]
PBT	Peso bruto total	[kg]
Q	Densidade do ar	[kg/m ³]
r	Raio dinâmico	[m]
R	Raio de curvatura	[m]
rend	Rendimento de combustível	[km/l]
R	Força resultante	[N]
S	Distância	[mm]

S	Intervalo de distância	[km]
T	Torque	[N.m]
V	Velocidade	[km/h]
V	Vida útil	[km]
W	Peso	[kg]

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Procedimento no planejamento do produto proposto por Pahl et al. (2005).	4
Figura 2.2 Modelo do processo de projeto proposto por Pahl et al. (2005).	5
Figura 2.3 Atividades de concepção do produto dividida em duas fases. Adaptado de Pahl et al. (2005).	6
Figura 2.4 Planejamento do produto e concepção de produto único - Fase 1	8
Figura 2.5 Planejamento e concepção de produto em pequena série - Fase 2	9
Figura 2.6 Início da produção em pequena série e manutenção do produto - Fases 3 e 4	10
Figura 3.1 Exemplo de aplicação da motocicleta em transportes urbanos.....	12
Figura 3.2 Histórico de vendas de motocicletas no mercado interno brasileiro. Fonte: Abraciclo.	12
Figura 3.3 Histórico de vendas de automóveis no mercado interno brasileiro. Fonte: Anfavea. .	13
Figura 3.4 Percentual de vendas de automóveis 1000cc no mercado interno brasileiro. Fonte: Anfavea.....	13
Figura 3.5 Histórico de automóveis convertidos para utilizar GNV como combustível. Fonte: Anfavea.....	13
Figura 3.6 Transporte perigoso de carga em motocicleta.	15
Figura 3.7 Reboque de carretas por motocicletas – prática revogada pela Resolução 69/98.	15
Figura 3.8 Modelos de <i>sidecar</i> disponíveis no mercado brasileiro.....	16
Figura 3.9 Modelo de triciclo importado disponível no mercado brasileiro.....	16
Figura 3.10 Priorização das Importâncias das Características da Qualidade.....	18
Figura 3.11 Conceito explodido para o produto a ser projetado.	20
Figura 3.12 Estrutura do chassi para a montagem do projeto de produto único.....	20
Figura 3.13 Conjunto da balança e eixo traseiro para a montagem do projeto de produto único. .	21
Figura 3.14 Detalhe da montagem do eixo intermediário para o projeto de produto único.....	22
Figura 3.15 Detalhe da montagem do eixo traseiro para o projeto de produto único.	22
Figura 3.16 Produto único utilizado para o processo de homologação.....	23
Figura 3.17 Ensaio do triciclo sobre bancada do CATERG para verificação de folgas.	24

Figura 3.18 Ensaio do sistema de suspensão e freio dinamômetro de inércia do CATERG.	25
Figura 3.19 Verificação do alinhamento das rodas, CATERG.	25
Figura 3.20 Ensaio de torção do conjunto.	26
Figura 3.21 Ensaio de verificação dimensional.	26
Figura 3.22 Verificação da funcionalidade do diferencial.	27
Figura 3.23 Ensaio do triciclo em pista para dirigibilidade.	28
Figura 3.24 Medição da distância percorrida para frear o veículo a 80km/h.	28
Figura 3.25 Ensaio do freio de estacionamento em rampa.	29
Figura 3.27 Visão Geral do Diagrama de Fluxo do Processo	31
Figura 3.26 Estratégia de TDD utilizado para a estrutura do produto	32
Figura 3.28 Níveis do TDD para o conjunto básico do kit triciclo.	32
Figura 3.29 Níveis do TDD para os conjuntos variáveis e opcionais, A, B, C e D.	33
Figura 3.30 Sobreposição dos <i>layout's</i> da motocicleta e kit triciclo.	34
Figura 3.31 Conjunto básico do kit triciclo.	35
Figura 3.32 Conjunto intermediário do kit triciclo.	36
Figura 3.33 Pontos de fixação do conjunto intermediário ao quadro da motocicleta.	36
Figura 3.34 Conjunto base da carga do kit triciclo.	37
Figura 3.35 Conjunto balança do kit triciclo.	38
Figura 3.36 Versões básicas para carroceria do triciclo: baú (esquerda), passageiro (centro), caçamba (direita).	39
Figura 3.37 Composição de forças envolvidas na suspensão traseira da motocicleta. Dimensões em milímetros.	41
Figura 3.38 Composição de forças envolvidas na suspensão traseira do triciclo. Dimensões em milímetros.	42
Figura 3.39 Força aplicada a cada amortecedor traseiro da motocicleta.	43
Figura 3.40 Força aplicada a cada amortecedor traseiro do triciclo.	44
Figura 3.41 Suspensão traseira com amortecedores duplos.	44
Figura 3.42 Conjunto parcial do cubo de roda, com rolamento de roda e freio.	45
Figura 3.43 Mecanismo de acionamento do freio de trânsito.	46
Figura 3.44 Velocidade da motocicleta em relação à rotação do motor.	48
Figura 3.45 Torques e Forças máximas de tração por marcha na roda da motocicleta.	48
Figura 3.46 Configuração para reduções intermediária e final do triciclo.	49
Figura 3.47 Velocidade do triciclo em relação à rotação do motor.	50
Figura 3.48 Torques e Forças máximas de tração por marcha na roda do triciclo.	50

Figura 3.49 Forças que compõe a resistência do veículo ao movimento. Adaptado de Cocco (2004).	51
Figura 3.50 Gráfico tridimensional da resistência ao movimento do triciclo carregado em relação ao ângulo de inclinação da via e a velocidade.....	52
Figura 3.51 Vista em corte do sistema de diferencial.	54
Figura 3.52 Vista em corte da montagem do cubo da roda traseira do triciclo.....	55
Figura 3.53 Quatro das cinco unidades montadas como lote piloto.....	56
Figura 3.54 Amortecedor de direção para eliminação de trepidação do guidão.	57
Figura 3.55 Barra estabilizadora para aumentar rigidez do chassi.....	57
Figura 4.1 Dimensões em mm do comprimento e altura da motocicleta Sundown Max original e com kit triciclo montado. Dimensões em milímetros.....	58
Figura 4.2 Dimensões em mm da largura da motocicleta Sundown Max original e com kit triciclo montado. Dimensões em milímetros.....	59
Figura 4.3 Teste de tração em via com 11° de inclinação.....	60
Figura 4.4 Teste de dirigibilidade do triciclo.	61
Figura 4.5 Posicionamento do CG na direção longitudinal. Adaptado de Canale (1989).	62
Figura 4.6 Posicionamento CG na direção transversal. Adaptado de Canale (1989).	63
Figura 4.7 Posicionamento CG na direção altura. Adaptado de Canale (1989).....	64
Figura 4.8 Meia-distância entre rodas (t) de um veículo de quadro rodas e de um triciclo. Adaptado de Riley & Foale (2006).	65
Figura 4.9 Procedimento para cálculo da margem de segurança contra capotamento proposto por Riley & Foale (2006).....	66
Figura 4.10 Modelo de Riley & Foale (2006) para cálculo da estabilidade do triciclo ao capotamento, dimensões em milímetros.....	67
Figura 4.11 Gráficos de estabilidade do veículo em relação a velocidade e raio de curvatura....	68
Figura 4.12 Apresentação do produto ao público na Expointer 2008.	69
Figura 4.13 Módulo configurador do triciclo.....	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1 Comparativo das grandezas torque, velocidade e força de tração para a motocicleta e para o triciclo.....	60
Tabela 5.2 Dados utilizados para cálculo do custo variável.....	73
Tabela 5.3 Dados utilizados para cálculo do custo fixo.....	74
Tabela 5.4 Cálculo do custo variável.....	74
Tabela 5.5 Cálculo do custo fixo.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS

- 3D: Tridimensional
- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANFAVEA: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
- ABRACICLO: Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares
- Art.: Artigo
- CAD: Computer-Aided Design (Desenho Auxiliado por Computador)
- CAT: Certificado de Adequação à Legislação de Trânsito
- CATERG: Centro de Apoio Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul
- CCT: Comprovante de Capacitação Técnica
- CG: Centro de Massa ou Centro de Gravidade
- Cj: Conjunto
- Cj Sd: Conjunto Soldado
- CMT: Capacidade Máxima de Tração
- CONTRAN: Conselho Nacional de Trânsito
- CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CREA: Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia
- CTB: Código de Trânsito Brasileiro
- DENATRAN: Departamento Nacional de Trânsito
- DICOR: Divisão de Credenciamento de Organismo (do Inmetro)
- DNIT: Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
- DPVAT: Seguros de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores
- EXPOINTER: Exposição Internacional de Animais
- GLP: Gás liquefeito de petróleo
- GNV: Gás Natural Veicular
- IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

INPI: Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPVA: Imposto Sobre a Propriedade de Veículos Automotores
Nº: Número
NBR: Norma Brasileira
NIT: Norma Inmetro
OIC: Organismos de Inspeção Credenciados
PBT: Peso Bruto Total
PBTC: Peso Bruto Total Combinado
QFD: Quality Function Deployment (Desdobramento da Função Qualidade)
RENAVAM: Registro Nacional de Veículos Automotores
RTQ: Regulamento Técnico da Qualidade
SAE: Society of Automobile Engineers (Sociedade de Engenheiros da Mobilidade)
TDD: Top Down Design (Projeto Escalável de Cima para Baixo)
VDS: Vehicle Descriptor Section (Seção Descritiva do Veículo)
VIN: Vehicle Identification Number (Número de Identificação Veicular)
VIS: Vehicle Indicator Section (Seção Identificadora do Veículo)
WNI: World Manufacturer Identifier (Identificador Mundial do Fabricante)

1 INTRODUÇÃO

Esta trabalho apresenta o projeto de um veículo alternativo para o transporte urbano de passageiros e de cargas. Com base na evolução da produção e vendas apresentadas pelo mercado automotivo brasileiro, dados que são disponibilizados via análises através das entidades como ANFAVEA e ABRACICLO, em que se pode verificar uma tendência no aumento da utilização de transportes de baixo custo, ágil, seguro e de maior mobilidade. Assim, através da crescente elevação do custo dos combustíveis oriundos do petróleo e, também do contínuo aumento nos preços dos automóveis e utilitários, pode-se notar um direcionamento do mercado pelo sucesso de vendas de veículos:

- a) Automóveis com motor de mil cilindradas;
- b) Veículos bi-combustível;
- c) Kits para transformação de automóveis para utilização do GNV como combustível;
- d) Motocicletas.

Durante o desenvolvimento do projeto, no qual está sendo desenvolvido o presente TEMA, e devido ao interesse comum, realizou-se uma parceria da empresa Targos e a participação da UFRGS.

- **Objetivo Geral** - Tem-se como objetivo geral desenvolver o projeto de um veículo com base nos conceitos atuais de engenharia da mobilidade, e que atenda especificamente as necessidades e expectativas do usuário.

- **Objetivo Específico** - Como objetivo específico desenvolver o produto, através do detalhamento dos conjuntos e sistemas funcionais, construção e teste de protótipos de um veículo triciclo nos seus aspectos legais, dirigibilidade, segurança, conforto e economia.

- **Estrutura do Trabalho** - Esta Dissertação está formatada em capítulos aonde estão abordados os assuntos que dizem respeito ao desenvolvimento do TEMA proposto, sendo que no Capítulo 1 está descrito o contexto inicial considerado para o entendimento da demanda e o seu encaminhamento para uma solução tendo em vista o uso de uma metodologia de Projeto de Produto como ferramenta de apoio. Em metodologia de projeto proposta, Capítulo 2, apresentou-se o planejamento e as etapas definidas para desenvolvimento do projeto. Como Capítulo 3 descreveu-se a execução do projeto, tanto de um produto preliminar, que fora utilizado para testes iniciais e homologação prévia junto ao DENATRAN, quanto para as etapas de refinamento do projeto em relação aos quesitos de engenharia do produto, segurança

veicular, custo e design. No Capítulo 4 apresenta-se os resultados e discussões obtidos pelo projeto de engenharia do produto. A conclusão e a indicação da continuidade e manutenção do aprimoramento do TEMA deste projeto é apresentada no Capítulo 5.

- **Metodologia de Trabalho** - Dado a abrangência do TEMA, foi proposto a Metodologia de Projeto referenciada em Pahl et. al. (2005), a qual propõe o desdobramento das atividades de projeto em fases, e onde considera como de extrema relevância a fase de planejamento do produto. Adicionado aos requisitos legais de segurança veicular definidos por órgãos governamentais, durante a fase de planejamento do produto foram buscadas as informações junto aos usuários, de forma a poder estabelecer os requisitos do cliente para o atendimento da demanda identificada. Os requisitos do cliente, devidamente transformados em requisitos do produto, com seus respectivos parâmetros, são essenciais para a formulação das propostas de produto, e das fases posteriores com as sucessivas atividades de concepção do produto.

Como resultado deste projeto obteve-se um veículo triciclo para transporte de cargas desenvolvido, testado e homologado. A homologação do veículo pelo DENATRAN, e conseqüente emissão do Certificado de Adequação a Legislação de Trânsito - CAT, é resultado do atendimento a todos os requisitos legais de segurança veicular, contemplando a empresa responsável pelo desenvolvimento do veículo com a permissão de produção e comercialização de forma seriada.

2 METODOLOGIA DE PROJETO PROPOSTA

Com o objetivo de seguir uma metodologia estruturada e adequada de procedimento no planejamento do produto, utilizou-se como base a metodologia proposta por Pahl et al. (2005), que se baseia em um modelo consensual que divide o processo do projeto em fases.

2.1 METODOLOGIA DE PROJETO DO PRODUTO

De acordo com a execução do planejamento apresentado por Pahl et al. (2005), e que está ilustrado pela Figura 2.1, as fases de planejamento e concepção do produto são subdivididas em diversas atividades específicas para cada uma das fases. O planejamento do produto inicia com a análise dos ambientes internos e externos, seguido pela estratégia e busca de idéias, até a seleção de idéias e definição dos produtos. Já na fase de concepção, onde as definições do produtos já foram realizadas, iniciam-se os esclarecimentos sobre as especificações de requisitos internos e externos através da lista de requisitos que devem ser utilizados para o desenvolvimento e detalhamento do produto.

Porém, um ponto a ser salientado pelo procedimento apresentado na Figura 2.1, é o fato que este não é um fluxo aberto e de direção única, ou seja, a retro-alimentação e a contínua atualização dos dados e resultados obtidos em etapas que já foram ultrapassadas é necessária. Para isto entende-se que, principalmente em desenvolvimentos de longo prazo de duração, a análise da situação e formulação de estratégias de busca devem ser constantemente realizadas e atualizadas conforme a necessidade.

Uma alternativa para a busca de novas idéias de um produto é foco no cliente, que evolui cada vez mais para uma integração do cliente. De acordo com Pahl et al. (2005), alguns estímulos provenientes do mercado ou da conjuntura se incluem:

- a) Mudança das vontades do mercado, por exemplo, novas funções, novas aparências.
- b) Estímulos e críticas por parte dos consumidores.
- c) Vantagens técnicas e econômicas em relação aos produtos dos concorrentes.
- d) Acontecimentos político-econômicos, por exemplo, aumento do preço do petróleo, diminuição das reservas naturais, restrições no transporte.
- e) Impacto ambiental e reciclagem de produtos ou processos existentes.

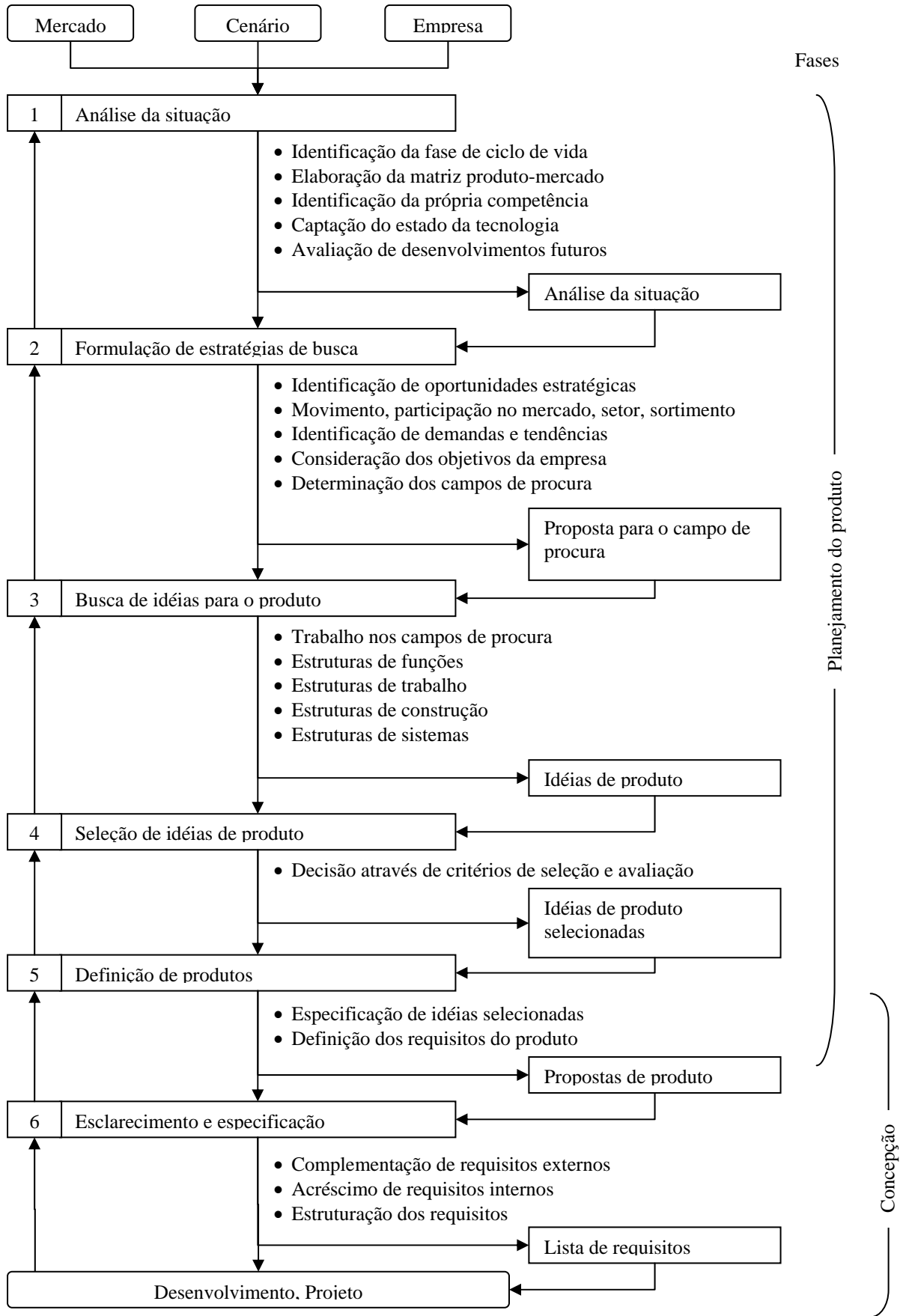


Figura 2.1 Procedimento no planejamento do produto proposto por Pahl et al. (2005).

Desenvolvimento de projetos para produções em série, e especialmente em produções de escala, requerem execução conscienciosa, com auxílio de modelos de construção e de protótipos, principalmente quando à adequada durabilidade e também com relação aos aspectos econômicos. Para tanto, em parte são necessárias várias etapas de desenvolvimento, assim como apresentado no modelo de processo apresentado na Figura 2.2.

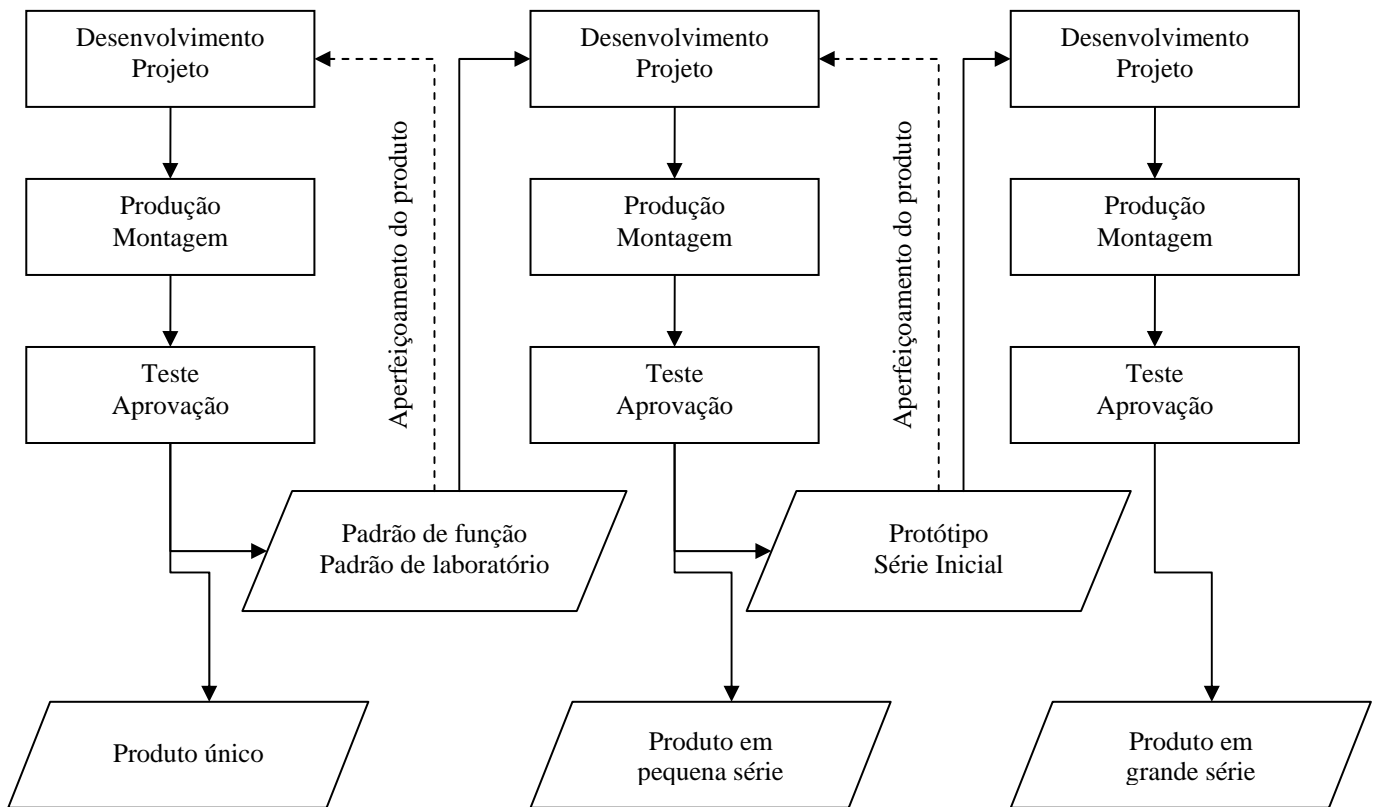


Figura 2.2 Modelo do processo de projeto proposto por Pahl et al. (2005).

Assim como Pahl et al. (2005) descreve, a engenharia mecânica abrange um amplo espectro de problemas, e em consequência disto os requisitos e o tipo da solução são extraordinariamente variados, exigindo sempre um apropriado ajuste das ferramentas e dos métodos de solução.

Desenvolvimentos para novas formulações de tarefas e novos problemas são realizados utilizando novos princípios de solução. Tais princípios poderão resultar de uma seleção e combinação de princípios e tecnologias conhecidas. Inclusive nos casos em que colocações de tarefas conhecidas ou ligeiramente modificadas são solucionadas com o emprego de novos princípios de solução. Tais projetos requerem a passagem por todas as fases de um processo de desenvolvimento, envolvimento de princípios físicos e de engenharia de processos, assim como uma abrangente elucidação técnica e econômica do problema.

Exatamente com a proposta de obter uma elucidação técnica mais abrangente, criou-se a proposta de dividir a etapa de concepção do produto em duas fases. A primeira fase para concepção de produto único, e a segunda fase para as atividades de concepção de produto em pequena série, conforme apresentado pela Figura 2.3, adaptada da proposta de Pahl et al. (2005) introduzida anteriormente pela Figura 2.2.

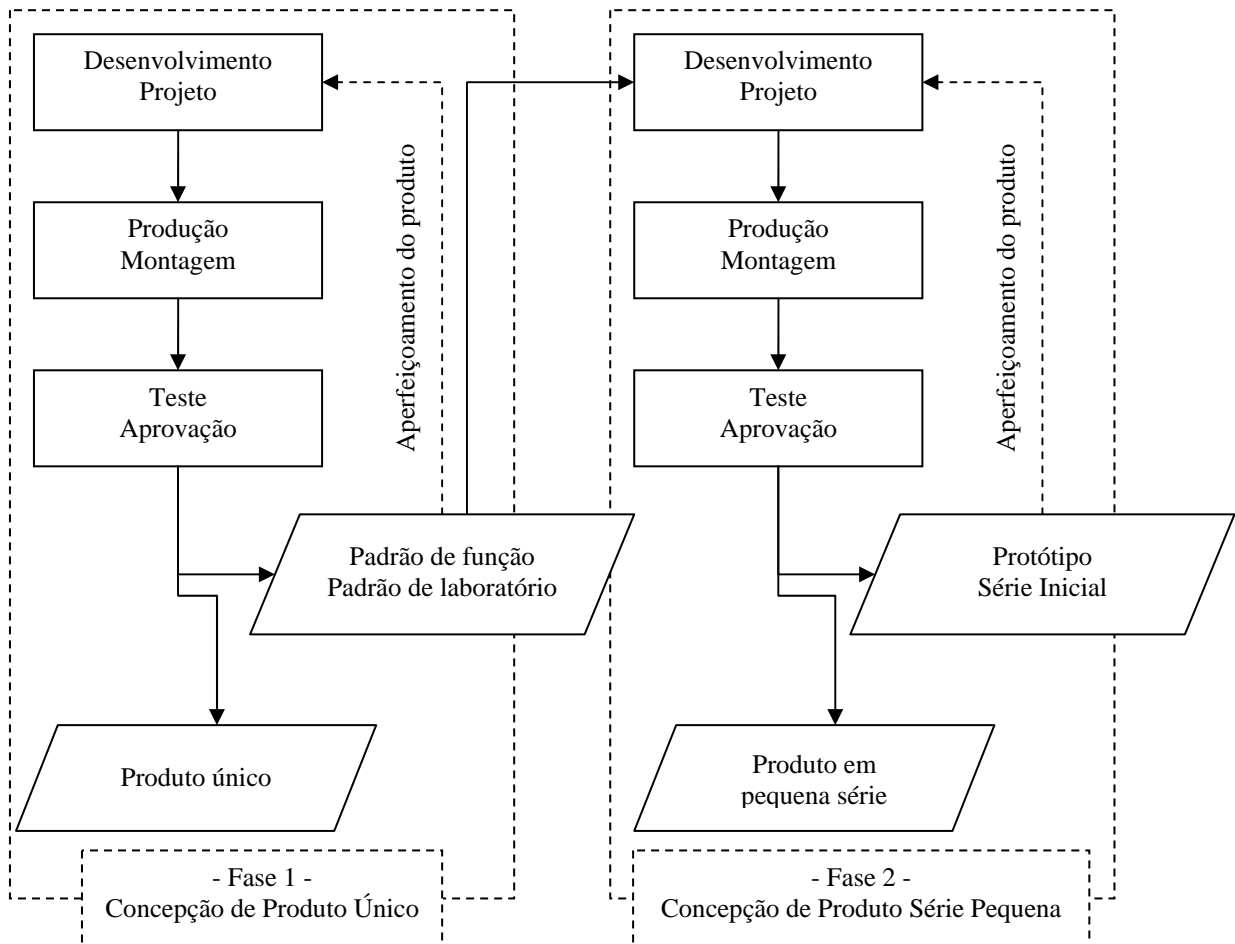


Figura 2.3 Atividades de concepção do produto dividida em duas fases. Adaptado de Pahl et al. (2005).

Seguindo a proposta de concepção do produto apresentada pela Figura 2.3, definiram-se detalhadamente as etapas de planejamento, concepção e desenvolvimento do produto a serem seguidas com base no procedimento apresentado na Figura 2.1.

Estas etapas foram divididas em quatro fases, denominadas de:

- Fase 1 – Planejamento do produto e concepção de produto único
- Fase 2 – Planejamento e concepção de produto em pequena série
- Fase 3 – Início da produção em pequena série

d) Fase 4 - Manutenção do produto

Na Fase 1 do projeto, que é apresentada na Figura 2.4, realizaram-se as etapas de planejamento do produto e concepção de um produto único. De acordo com a estratégia definida, o produto único obtido nesta fase seria utilizado exclusivamente para obtenção de um padrão de função e laboratório. A principal razão da necessidade de concepção de um padrão foi oriunda da dificuldade em encontrar bibliografias técnicas sobre o produto a ser desenvolvido, ao mesmo tempo que o processo burocrático para homologação de um veículo no Brasil não é perfeitamente claro. Desta forma, o padrão de função e laboratório pode ser utilizado tanto como base para conhecimento das características técnicas do produto, quanto para o conhecimento dos detalhes do processo de homologação.

Na Fase 2, que é apresentada pela Figura 2.5, iniciou-se a concepção de um produto em pequena série. A concepção deste produto foi realizada a partir da evolução do padrão concebido na Fase 1. Com os requerimentos técnicos e processuais mais claros, informação e conhecimento estes que foram obtidos durante a Fase 1, foi possível desenvolver o projeto de produto com maior facilidade e segurança, pois o mesmo seria facilmente aprovado no processo de homologação.

Mesmo as Fases 3 e 4 não fazendo parte do escopo desta dissertação, são apresentadas na Figura 2.6 como material informativo. Estas fases são destinadas a preparação para o início da produção em pequena série do produto, e manutenção do produto após o início da produção.

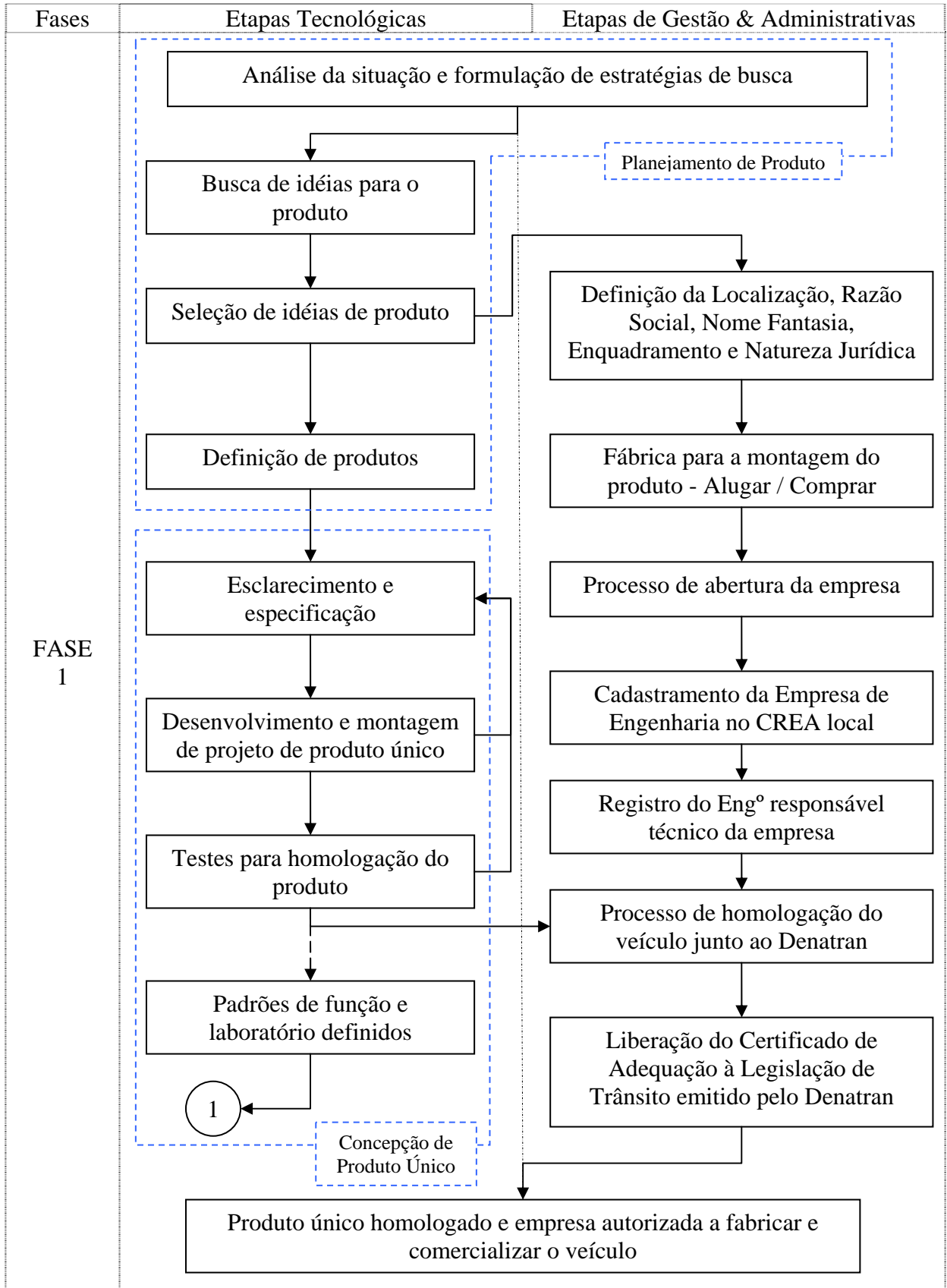


Figura 2.4 Planejamento do produto e concepção de produto único - Fase 1

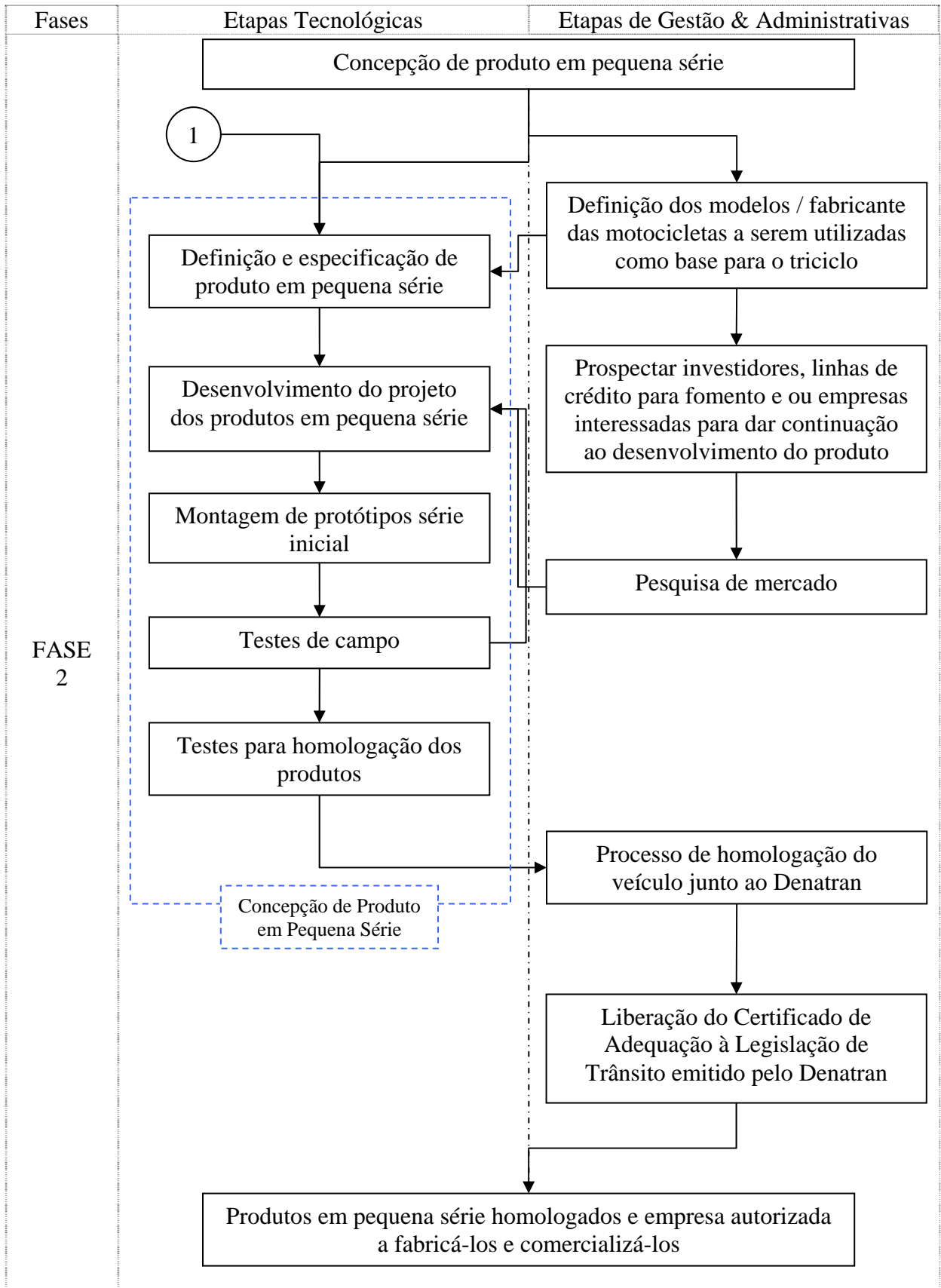


Figura 2.5 Planejamento e concepção de produto em pequena série - Fase 2

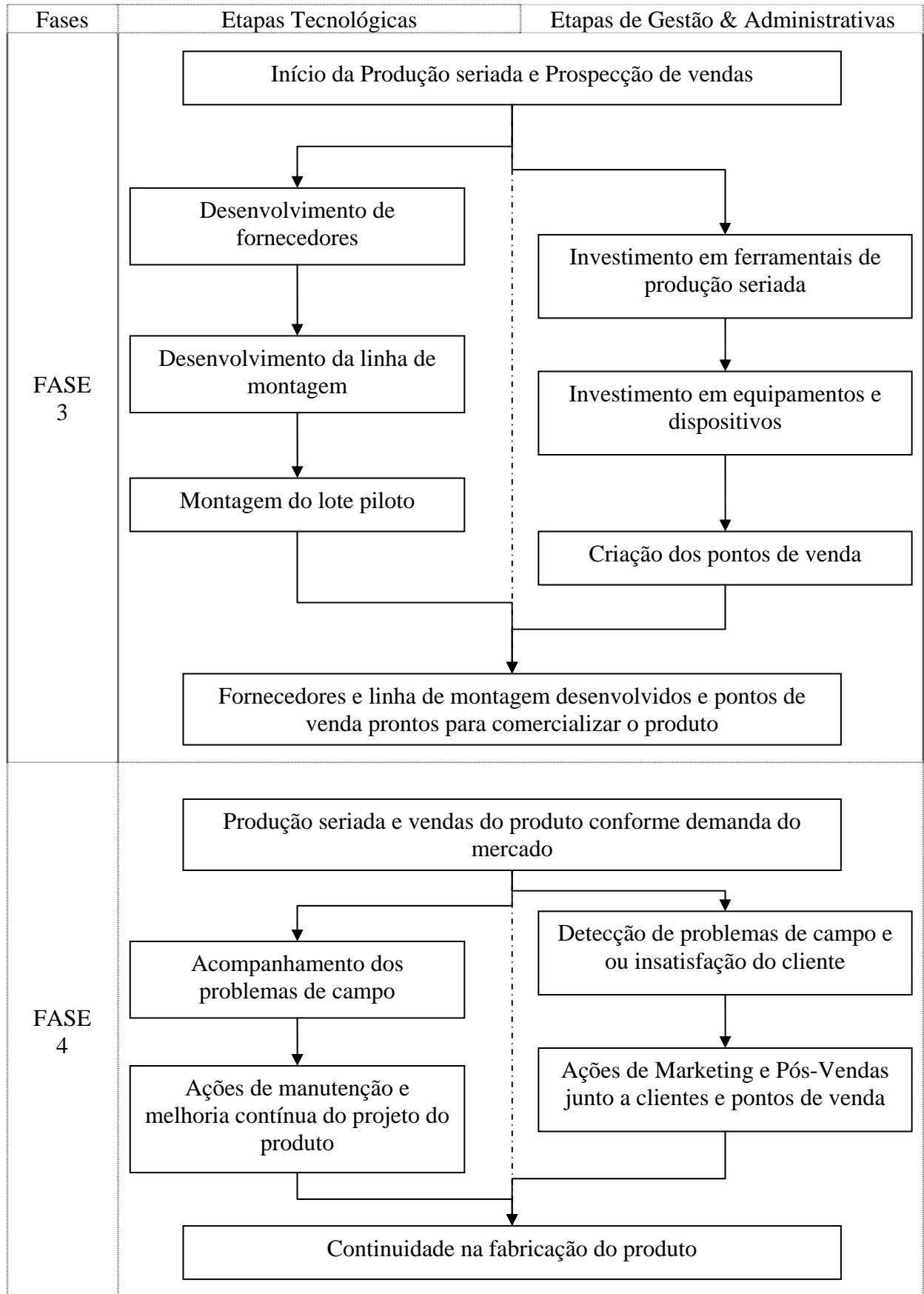


Figura 2.6 Início da produção em pequena série e manutenção do produto - Fases 3 e 4

3 EXECUÇÃO DO PROJETO

A execução do projeto foi realizada seguindo a metodologia de projeto proposta no capítulo anterior, de forma que neste capítulo estará sendo apresentado as atividades referentes às fases 1 e 2 do projeto, apresentadas pelas Figura 2.4 e Figura 2.5, respectivamente, conforme seguem a seguir.

3.1 PLANEJAMENTO DO PRODUTO

Dentro das atividades consideradas como de planejamento de produto por Pahl et al. (2005), e incluídas na fase 1 deste projeto, se podem citar:

- a) Análise da situação e formulação de estratégias de busca
- b) Busca de idéias para o produto
- c) Seleção de idéias de produto
- d) Definição de produtos

3.1.1 Análise da Situação e Formulação de Estratégias de Busca

Através de uma análise do mercado automotivo brasileiro, que atualmente não possui alternativas disponíveis para transporte de pequenas cargas, gerando demandas que hoje são parcialmente e perigosamente cobertas pelo transporte de cargas e passageiros em motocicletas, conhecidos como “*motoboys*” e “*mototaxistas*”, como exemplificado pela Figura 3.1. Estas atividades, que ainda estão em fase de regulamentação em âmbito nacional, são realizadas a margem da lei em diversas localidades, pois são regulamentadas por padrões que muitas vezes não atendem amplamente às questões de segurança e higiene.

Diversos estudos acadêmicos e discussões com as comunidades interessadas têm sido realizados, a fim de avaliar e discutir o impacto destas atividades na sociedade. Como exemplo destes eventos pode-se citar a dissertação de mestrado de Fonseca (2005), intitulada “Sobre duas rodas: o mototáxi como uma invenção de mercado” e a discussão sobre o tema “Moto-táxi e Moto-frete” na 60ª Reunião do Fórum Nacional de Secretários e Dirigentes de Transporte Urbano e Trânsito, realizado na cidade de Bauru/SP em 2006.

Outro ponto levantado nesta análise de mercado, é o crescimento apresentado pela quantidade de vendas para o mercado interno de motocicletas nos últimos anos, onde as motocicletas de baixa cilindrada, até 150cc, são as que mais se destacam neste crescimento. A Figura 3.2 mostra os números fornecidos pela Abraciclo para o histórico de vendas internas

de motocicletas no país, que apresenta um crescimento médio anual de 13% ao ano. Pode-se notar também que, avaliando os números fornecidos pela Anfavea e apresentados na Figura 3.3, o mercado de automóveis não acompanhou a mesma taxa de crescimento do mercado de motocicletas, pois apresentou certa oscilação para o mesmo período.



Figura 3.1 Exemplo de aplicação da motocicleta em transportes urbanos.

Por outro lado, o mercado automotivo apresentou redução percentual na venda de automóveis modelos 1000 cilindradas e crescimento em automóveis transformados para utilizar Gás Natural Veicular (GNV) como combustível, conforme apresentados na Figura 3.4 e Figura 3.5.

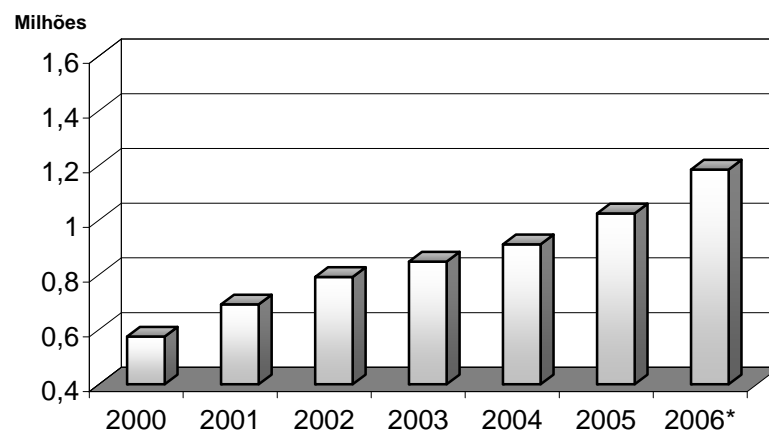


Figura 3.2 Histórico de vendas de motocicletas no mercado interno brasileiro. Fonte: Abraciclo.

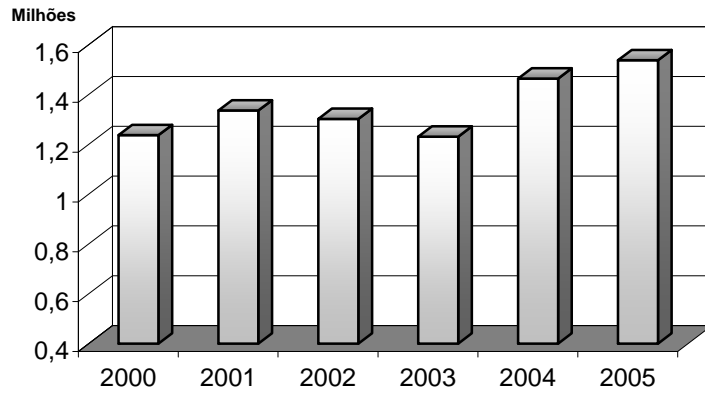


Figura 3.3 Histórico de vendas de automóveis no mercado interno brasileiro. Fonte: Anfavea.

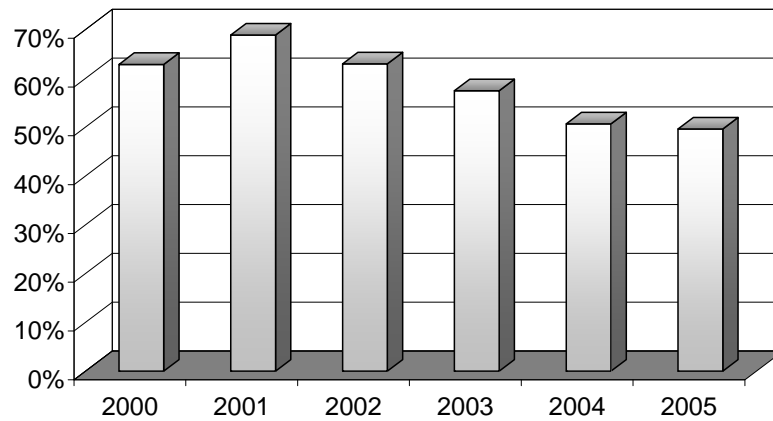


Figura 3.4 Percentual de vendas de automóveis 1000cc no mercado interno brasileiro. Fonte: Anfavea.

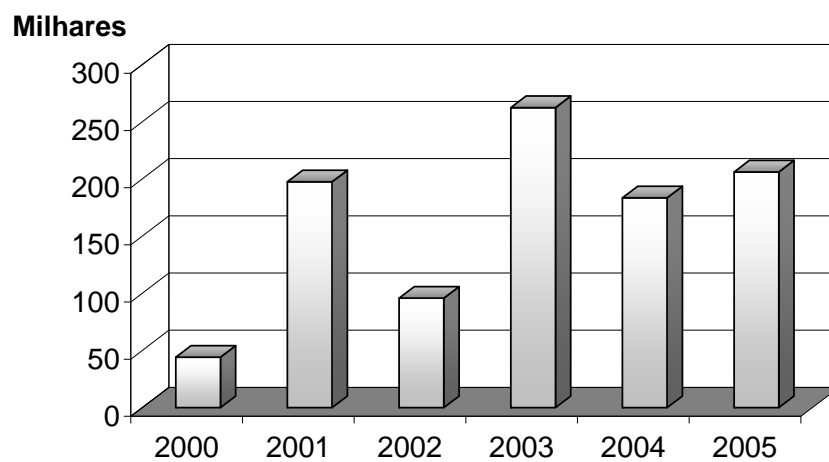


Figura 3.5 Histórico de automóveis convertidos para utilizar GNV como combustível. Fonte: Anfavea.

Os seguintes pontos foram considerados como resumo da análise da situação:

- a) Expansão contínua do mercado de motocicletas até 150cc nos últimos anos;
- b) Motocicletas são utilizadas para transportes de cargas e pessoas de forma pouco segura, causando diversos problemas sociais;
- c) Sociedade em discussão no intuito de encontrar alternativas para o transporte de cargas e pessoas em motocicletas;
- d) Flutuação do mercado de automóveis;
- e) Tendência do mercado por veículos com baixo consumo de combustível.

Como resultado desta análise de mercado, concluiu-se que existe uma oportunidade de participação no mercado automotivo brasileiro, visto que existe uma lacuna no sortimento de veículos comercializados atualmente, pois não foi identificado qualquer alternativa de modelo de veículo disponível entre os modelos de motocicleta e os modelos de automóveis de entrada apresentados pelas montadoras instaladas no país, tanto em preço de venda, quanto em capacidade de carga.

Como estratégia de busca, definiu-se por procurar alternativas que o mercado esta encontrando no sentido de preencher esta lacuna, pois desta forma pode-se começar a entender as demandas de mercado e oportunizar a identificação de como estão sendo atendidas.

3.1.2 Busca de idéias para o produto

Com a estratégia de busca definida, iniciou-se a busca por alternativas encontradas pelo mercado para meios de transporte que pudessem ser classificadas como um produto entre uma motocicleta e um automóvel pequeno, considerando características de custo e capacidade de carga.

Inicialmente, analisando a alternativa encontrada pelo mercado já citada anteriormente, verifica-se que o transporte de cargas e pessoas em motocicletas é realizado de forma pouco segura, conforme exemplificado pela Figura 3.1, e também pela Figura 3.6. Entende-se que esta demanda é gerada primordialmente pelo baixo consumo de combustível e pequeno investimento inicial. Mas entende-se também que, no caso de grandes metrópoles, a agilidade disponibilizada pela motocicleta é extremamente conveniente. Por outro lado, a falta de higiene no uso compartilhado do capacete para os passageiros de moto-taxis é outro agravante para o problema.



Figura 3.6 Transporte perigoso de carga em motocicleta.

Como apresentado pela Figura 3.7, mesmo sem possuir dados estatísticos sobre a venda ou produção de carretas rebocadas por motocicleta, é possível notar que está se tornando cada vez mais freqüente encontrar este tipo de carreta nas ruas de cidades brasileiras, mesmo que esta prática, anteriormente regulamentada pela Resolução 47/98, tenha sido revogada e proibida pela Resolução 69/98 do Contran.



Figura 3.7 Reboque de carretas por motocicletas – prática revogada pela Resolução 69/98.

Legalmente o transporte de gás liquefeito de petróleo (GLP) em motocicletas só pode ser realizado se o veículo estiver equipado com extintor de incêndio, portando nota fiscal com a classificação do produto e sem contato com produtos destinados ao consumo humano. Neste sentido, os modelos de *sidecar* disponíveis no mercado são bem adequados, conforme modelos apresentados na Figura 3.8, pois atendem os quesitos de segurança. Em contrapartida, avaliando a parte técnica do veículo, sistemas como a transmissão da motocicleta normalmente não são redimensionados para a nova capacidade de carga, o que implica na diminuição da vida útil e conseqüentemente aumento do custo de manutenção do

veículo. Outra característica do *sidecar* é sua assimetria em relação ao plano central longitudinal do veículo, o que gera alterações na dinâmica do veículo, e conseqüentemente a redução de sua dirigibilidade e vida útil.



Figura 3.8 Modelos de *sidecar* disponíveis no mercado brasileiro.

Também pode-se encontrar alguns modelos de triciclos para transporte de cargas apresentadas pela Figura 3.9, os quais são normalmente importados de países asiáticos, onde o uso deste tipo de veículo é bastante comum. Por esta razão, a disponibilidade de peças de reposição se torna um ponto extremamente crítico. Nas buscas realizadas, encontrou-se diversos casos em que os importadores dos veículos não deram continuidade ao negócio e a distribuição de peças de reposição também foi descontinuada, o que normalmente inviabiliza o uso do veículo, ou aumenta demasiadamente o custo de manutenção. Para estes casos notou-se uma grande insatisfação por parte dos clientes e o receio de novos clientes em adquirir o produto.



Figura 3.9 Modelo de triciclo importado disponível no mercado brasileiro.

3.1.3 Seleção de idéias de produto

Utilizando-se dos resultados obtidos através da busca de idéias, identificou-se alternativas para atingir a oportunidade de mercado. Das alternativas identificadas foram

selecionadas aquelas consideradas como mais importantes e que poderiam agregar um diferencial ao produto. Citam-se a seguir as alternativas selecionadas:

- a) Veículo triciclo montado a partir da transformação de uma motocicleta com até 150cc que esteja disponível no mercado brasileiro;
- b) Com capacidade de transportar volume ou massa de carga equivalente a um automóvel pequeno, mesmo que com agilidade restrita quando comparado a uma motocicleta;
- c) Destinado ao uso urbano e comercial de cargas e pessoas com características de segurança e higiene incrementadas;
- d) Considerando aspectos de manutenibilidade, ou seja, utilizando peças disponíveis para aquisição no mercado de reposição, sempre que possível;

3.1.4 Definição de produtos

Baseado nas idéias selecionadas, entendeu-se que um veículo triciclo poderia atender todos os quesitos selecionados na etapa anterior. Desenvolvendo um kit a ser instalado na parte traseira da motocicleta, com duas rodas posicionadas simetricamente ao plano longitudinal do veículo, e com o compartimento de carga entre as duas rodas, é a definição básica para o produto a ser desenvolvido.

Para auxiliar na definição dos requisitos do produto, foi utilizado os dados obtidos por Pezzi & Costa (2007) por estudo de QFD para um veículo triciclo para transporte de cargas.

3.1.4.1 A voz do cliente

Baseado em pesquisas aberta e fechada da voz do cliente para um veículo triciclo para transporte de cargas, em um trabalho realizado por Pezzi & Costa (2007), e utilizando ferramentas do QFD, foi possível elaborar a Matriz da Qualidade Demandada. Através desta matriz obtém-se as características da qualidade versus às características da qualidade associadas, que por sua vez serão as especificações meta para o produto final.

Através da correção da Importância das Características da Qualidade (IQj) e utilizando critério sugerido por Ribeiro et al. (2007), foram elencados as características da qualidade importantes (IQj*), conforme apresentado na Figura 3.10.

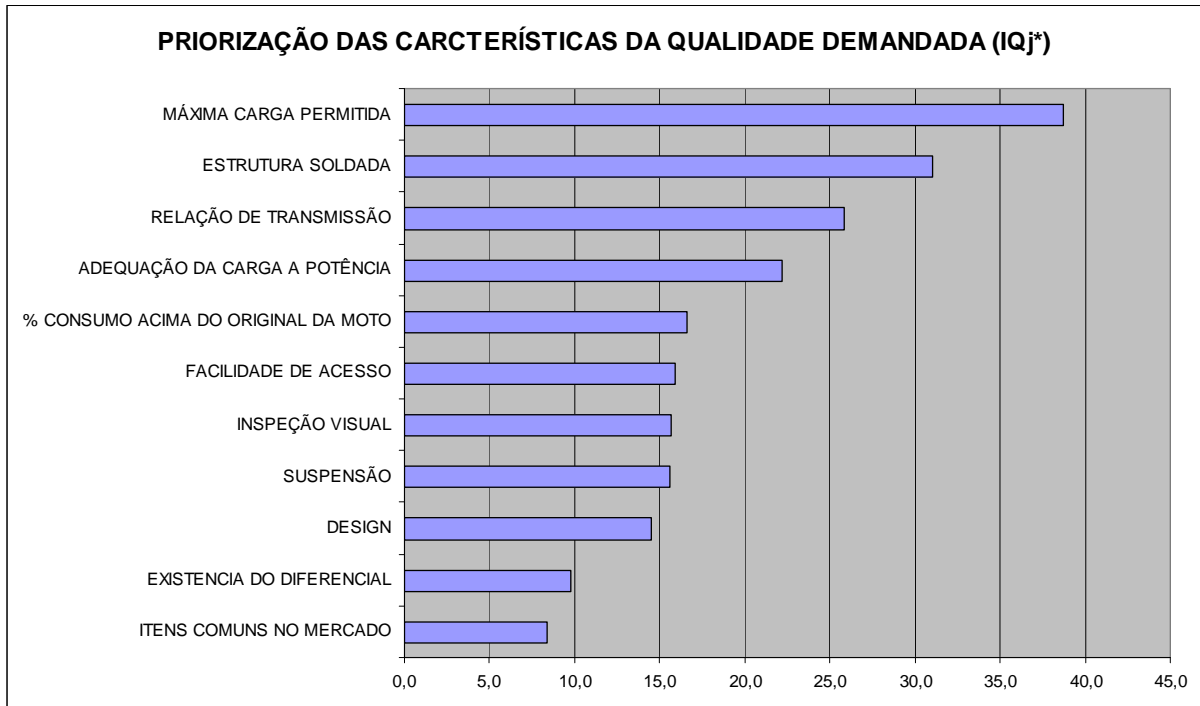


Figura 3.10 Priorização das Importâncias das Características da Qualidade.

3.2 CONCEPÇÃO DE PRODUTO ÚNICO

Dentro das atividades consideradas como de concepção de produto por Pahl et al. (2005), e incluídas na fase 1 deste projeto, se podem citar:

- a) Esclarecimento e especificação;
- b) Desenvolvimento e montagem de projeto de produto único;
- c) Testes para homologação do produto único.

3.2.1 Esclarecimento e especificação

Na etapa de esclarecimento e especificação, os esforços são centrados na complementação dos requisitos externos, acréscimo dos requisitos internos e estruturação dos requisitos, conforme proposto por Pahl et al. (2005).

No projeto de equipamentos para mobilidade, devem ser consideradas as questões legais que regulamentam os veículos através de resoluções e que implicam em desdobramentos técnicos do produto como um todo no que diz respeito a sua operação, segurança e manutenção. Assim, de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN é o órgão competente em estabelecer as normas regulamentares referidas neste Código e as diretrizes da Política Nacional de Trânsito; bem como aprovar, complementar ou alterar os dispositivos de sinalização e os dispositivos e

equipamentos de trânsito; e ao Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN compete cumprir e fazer cumprir a legislação de trânsito e a execução das normas e diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN.

De acordo com os procedimentos à concessão do código de marca-modelo-versão de veículos do Registro Nacional de Veículos Automotores – RENAVAL, e emissão do Certificado de Adequação à Legislação de Trânsito - CAT, para efeito de pré-cadastro, registro, e licenciamento no Sistema Nacional de Trânsito, as etapas apresentadas no Apêndice D devem ser seguidas. E para que o CAT de um veículo possa ser emitido, o mesmo deve atender a todas as determinações de segurança veicular definidas pelo Inmetro e Contran, conforme apresentados resumidamente nos Apêndice C e Apêndice E.

O correto entendimento de todos os requerimento legais de segurança veicular definidos por estes órgãos, se tornou um exercício bastante complicado e impreciso, devido a falta de um padrão de função ou laboratório disponível. Por isto definiu-se por desenvolver o projeto de um produto único, ou preliminar, que seria utilizado para elucidar os requerimentos legais, e posteriormente como padrão para o detalhamento do projeto de produto seriado. Este produto também foi utilizado para um processo de homologação, pois desta forma poderiam ser evidenciadas e registradas todas as dificuldades burocráticas do processo, uma vez que, além das dificuldades técnicas, eram esperadas também dificuldades inerentes a processos burocráticos e, de certa forma, políticos.

3.2.2 Desenvolvimento e montagem de projeto de produto único

Para a etapa de detalhamento deste projeto preliminar, elaborou-se as descrições sobre as disposições dos elementos, formas, medidas e materiais para a construção do kit triciclo; foram também elaborados os documentos do projeto detalhado, na forma de desenhos técnicos e instruções que possibilitassem a sua manufatura. Toda a documentação foi compilada e registrada para atender suficientemente a fabricação, montagem e homologação do produto.

Tecnicamente, a fixação da balança da roda traseira e dos amortecedores traseiros, ao quadro da motocicleta, seriam os pontos de fixação do chassi do kit triciclo, pois se tratam de pontos de fácil acesso e estruturalmente adequados. Utilizando peças fabricadas a partir de tubos, chapas, peças de reposição de motocicletas e da linha automotiva, iniciou-se a construção do protótipo, seguindo o conceito apresentado na Figura 3.11.



Figura 3.11 Conceito explodido para o produto a ser projetado.

Assim, para a fabricação do produto foi projetado um conjunto mecânico composto por um chassi, com balança e eixo traseiro, transmissão e freios de trânsito e estacionamento. O chassi foi fabricado através de uma estrutura modular de peças como tubos de seção retangular e chapas diversas. Este desenho preliminar e simplificado foi pensado para facilitar a fabricação, pois não requeria ferramentais, dispositivos e processo especiais, conforme mostrado na Figura 3.12.

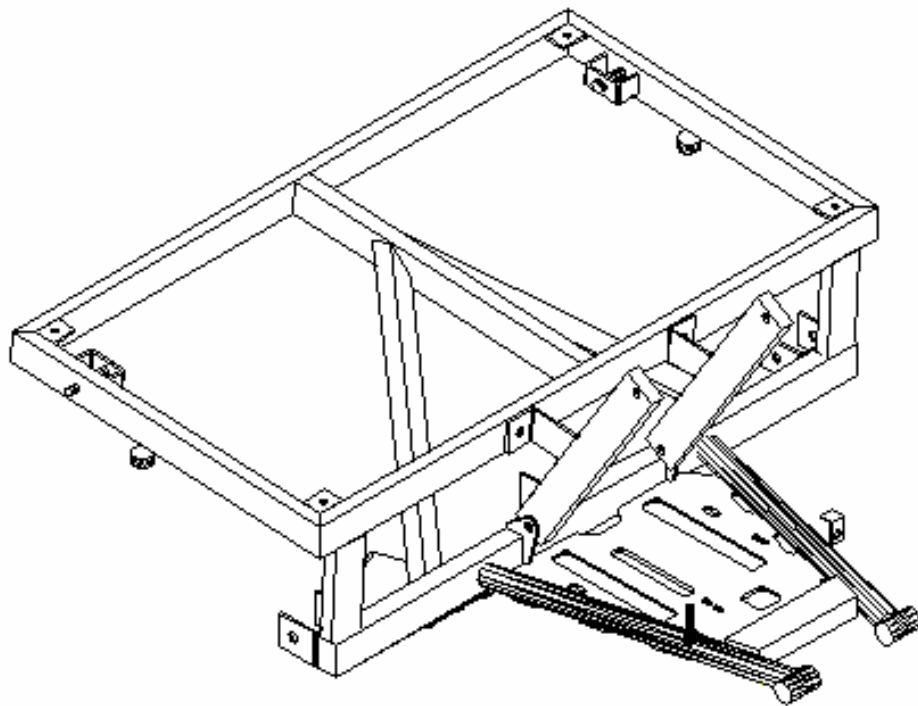


Figura 3.12 Estrutura do chassi para a montagem do projeto de produto único.

O conjunto da balança traseira, onde o eixo traseiro é fixado, foi acoplada ao chassi por três pontos de fixação rotulados. De forma a compensar as diferenças de rotações das rodas de tração durante as curvas, foi adicionado ao eixo traseiro um sistema diferencial. Utilizando peças de um diferencial da linha automotiva disponíveis no mercado, e acoplando dois semi-eixos apoiados sob rolamentos, foi criado o conjunto do eixo traseiro. Da mesma forma, para o freio traseiro, foi utilizado um sistema completo da linha automotiva, composto de freio a disco acionado hidraulicamente, o qual foi acoplado diretamente a carcaça do diferencial, vide Figura 3.13. Para o acionamento do freio foi desenvolvido um mecanismo capaz de acionar tanto o freio de estacionamento quanto o de trânsito, de forma que os mesmos eram concorrentes entre si.

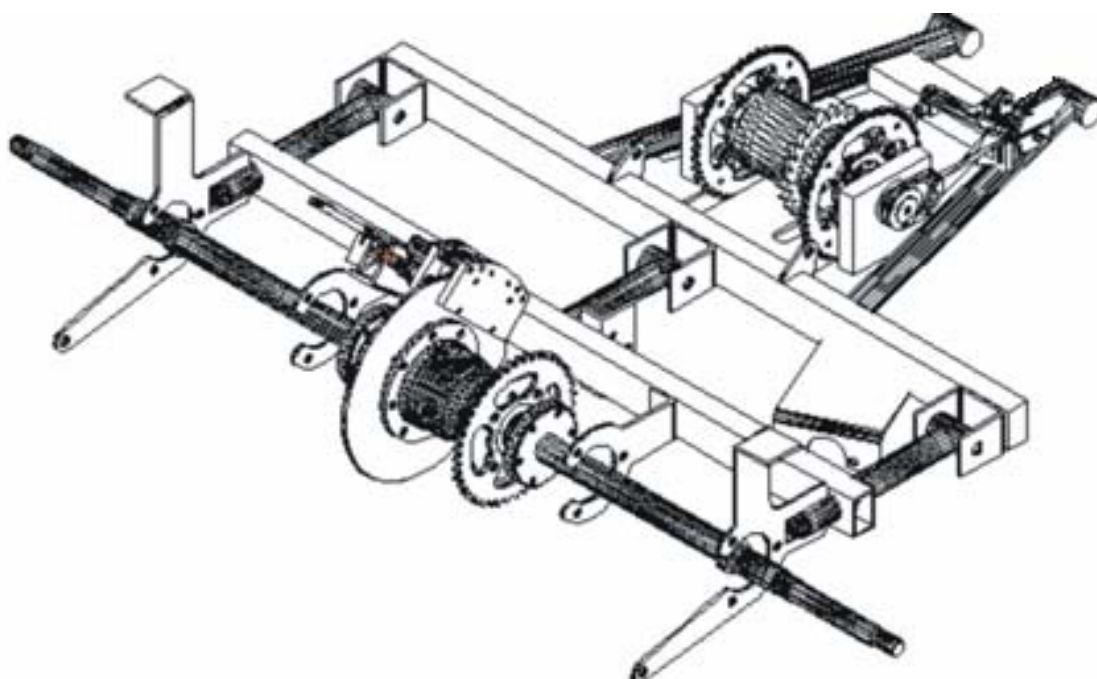


Figura 3.13 Conjunto da balança e eixo traseiro para a montagem do projeto de produto único.

Como a distância entre eixos do triciclo em relação à motocicleta foi aumentada devido o deslocamento das rodas traseiras quando da instalação do kit triciclo, conseqüentemente a distância entre o eixo do pinhão e as rodas de tração também foram aumentadas. Por esta razão, e considerando que num acionamento por corrente a relação entre a distância entre centros e o número de dentes da menor roda dentada deve seguir uma relação padronizada, houve a necessidade de se incluir um eixo intermediário ao conjunto de transmissão do triciclo, e já implementando uma redução intermediária antes da redução final, vide Figura 3.14 e Figura 3.15.

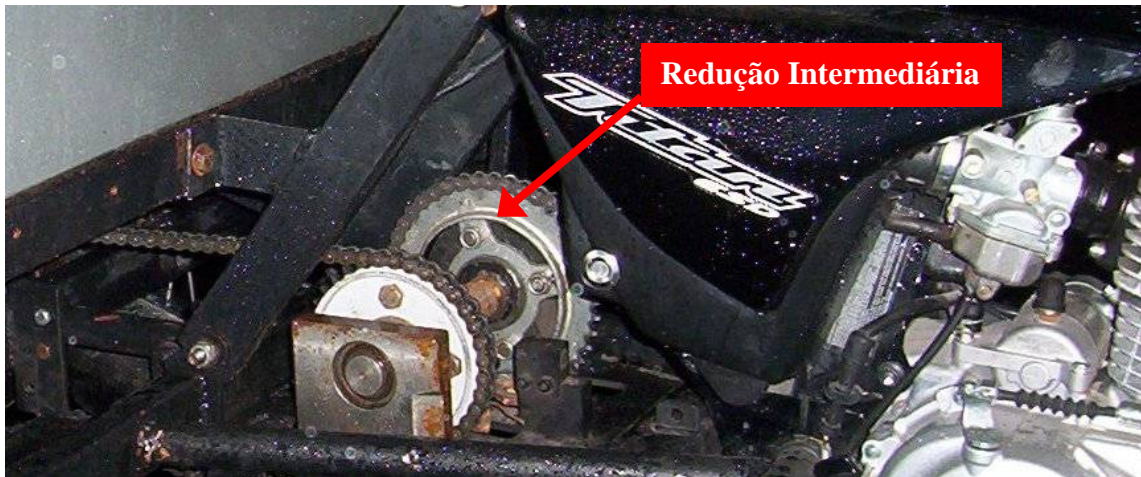


Figura 3.14 Detalhe da montagem do eixo intermediário para o projeto de produto único.

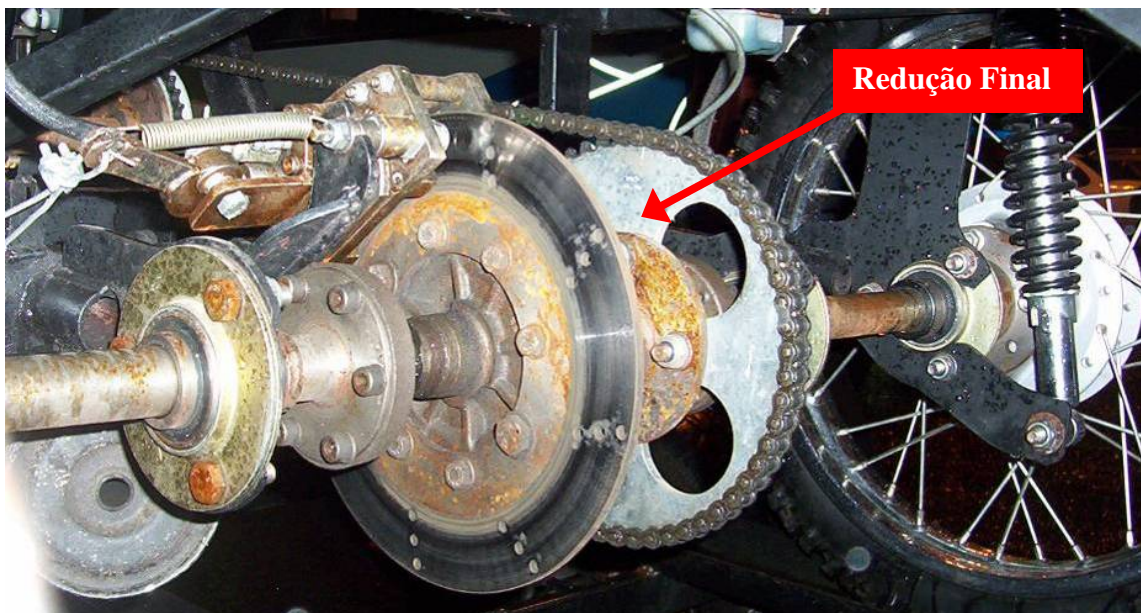


Figura 3.15 Detalhe da montagem do eixo traseiro para o projeto de produto único.

Devido a interferência entre a surdina da motocicleta e chassi, foi necessário realizar um retrabalho simples na trajetória da surdina da motocicleta, a fim de evitar a interferência e permitir a montagem do kit triciclo a motocicleta.

Finalmente, utilizando uma carroceria simplificada, do tipo “*box*”, em forma de caçamba, fabricada em chapa e fixada ao chassi do kit triciclo, se concluiu a montagem do mock-up, conforme apresentado na Figura 3.16.



Figura 3.16 Produto único utilizado para o processo de homologação.

Durante esta fase de desenvolvimento do projeto de produto único, foi possível obter diversos dados técnicos específicos ao desempenho deste tipo de veículo. Dados estes que serviram como requisito de produto para a próxima fase de desenvolvimento, uma vez que notou-se grande dificuldade em obter bibliografias e estudos específicos ao desenvolvimento de triciclos, gerando um processo interativo entre as etapas de projeto e os testes preliminares de campo. No momento em que se obteve uma configuração aceitável para o produto, partiu-se para os testes requeridos para homologação.

3.2.3 Testes para homologação do produto único

Os testes de avaliação técnica e desempenho foram orientados ao processo de homologação efetiva do triciclo junto ao Denatran, uma vez que a decisão foi de homologá-lo mesmo se tratando de uma versão preliminar do produto, pois isto anteciparia todos as

informações e requerimentos necessários para a homologação da versão do produto de pequena série.

3.2.3.1 Ensaios de sistemas, componentes e dispositivos

Para o deferimento do processo de homologação, diversos ensaios devem ser realizados e aprovados por organismos de inspeção acreditados pelo Inmetro para a inspeção veicular. Os testes de segurança veicular do triciclo foram realizados pelo CATERG – CENTRO DE APOIO TECNOLÓGICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, organismo de inspeção técnica veicular acreditado pelo Inmetro na cidade de Porto Alegre. Os seguintes testes foram realizados:

- a) Verificação da fixação do sistema de freio, suspensão e componentes (vide Figura 3.17).



Figura 3.17 Ensaio do triciclo sobre bancada do CATERG para verificação de folgas.

- b) Ensaio do sistema da suspensão e freio conforme NBR 14040 (vide Figura 3.18).



Figura 3.18 Ensaio do sistema de suspensão e freio dinamômetro de inércia do CATERG.

- c) Verificação do alinhamento das rodas, conforme NBR 14180 (vide Figura 3.19).



Figura 3.19 Verificação do alinhamento das rodas, CATERG.

- d) Ensaio de torção do conjunto, conforme Portaria 30/03 do Inmetro, utilizando um carregamento equivalente a duas vezes a capacidade de carga a ser homologada (vide Figura 3.20).



Figura 3.20 Ensaio de torção do conjunto.

- e) Verificação dimensional, conforme Portaria 32/03 do Inmetro (vide Figura 3.21).



Figura 3.21 Ensaio de verificação dimensional.

f) Verificação da funcionalidade do diferencial (vide Figura 3.22).



Figura 3.22 Verificação da funcionalidade do diferencial.

g) Ensaio em pista conforme Portaria 32/03 Inmetro (vide Figura 3.23).

- i. O sistema de direção não apresentou barulhos, rangidos ou desalinhamento em pista.
- ii. Apresentou-se estável ao deslocar-se entre os obstáculos (cones).
- iii. A transmissão não apresentou trepidações, ruídos, vibrações, dificuldade de engrenamento, ou escape de marcha.
- iv. A suspensão manteve-se alinhada, com pressão adequada, sem trepidações, ruídos ou folgas.
- v. O triciclo manteve-se com estabilidade em varias velocidades sem derivações para os lados ao acionar o freio, em pistas com buracos e pistas retas e planas.
- vi. O triciclo não apresentou dificuldades de acionamento nos pedais de cambio e freio.



Figura 3.23 Ensaio do triciclo em pista para dirigibilidade.

- h) Ensaio de frenagem conforme Portaria 32/03 do Inmetro (vide Figura 3.24).
 - i. O triciclo carregado percorreu uma distância de 27 metros para ir de 80 a 0km/h. Inferior aos 42,9 metros prescrito na norma.



Figura 3.24 Medição da distância percorrida para frear o veículo a 80km/h.

- i) Ensaio do freio de estacionamento em rampa conforme Portaria 32/03 do Inmetro (vide Figura 3.25).



Figura 3.25 Ensaio do freio de estacionamento em rampa.

Finalmente, o projeto de produto único do triciclo atendeu todos os requisitos de identificação e de segurança veicular requeridos para homologação, de forma que o veículo foi contemplado com códigos específicos na tabela de marca-modelo-versão do RENAVAM. Desta forma, o CAT nº0555/05 foi emitido pelo Denatran, conforme Anexo A, documento este que certifica o deferimento do processo de homologação.

3.3 CONCEPÇÃO DE PRODUTO EM PEQUENA SÉRIE

Com o processo de homologação do protótipo, o objetivo principal desta próxima etapa do projeto será adequar o “projeto de produto” às questões de manufatura, servicibilidade, custo, design e segurança, ou seja, adequar o projeto de produto para a fabricação em escala industrial.

Considerando que no início da produção seriada ainda existe quantidade remanescente considerável de alterações no projeto de produto para adequá-lo à sua aplicação, mas também por de falta de recursos, é que definiu-se que o projeto deveria considerar processos de fabricação que requereriam ao mínimo o investimento em ferramentais e dispositivos dedicados. Por esta razão, os processo de corte a laser, dobramento, soldagem e usinagem seriam os mais indicados neste sentido. Por outro lado, para peças que requeressem formas

mais complexas, e o custo compensaria o investimento, também seriam considerados os processos de fundição e *vacuum forming*.

Por razões de acordos comerciais, foi definido que o triciclo seria desenvolvido a partir da motocicleta fabricada pela Sundown/Max, que é comercializada nos modelos SE e SED. Estes modelos diferencia-se basicamente por acessórios e opcionais, pois os itens como motor, transmissão e quadro são comuns para ambos.

Seguindo a tendência utilizada por diversas empresas fabricantes de veículos (CAD User Mechanical Magazine, 2005), foi definido o processo *Top Down Design* (TDD), ou projeto escalável de cima para baixo, como o processo para o projeto de engenharia do produto. TDD é um processo de desenvolvimento de projeto que favorece o desenvolvimento do produto de uma perspectiva de sistema, ao invés da perspectiva de componente. Deste modo, cada componente é tratado como parte de um sistema desde o início. As interações entre componentes e o desempenho do sistema são mais importante que com a abordagem *Bottom Up* (de baixo para cima).

3.3.1 Processo *Top Down Design*

De acordo com Baer et al. (2005), o fundamento para um processo com abordagem *Top Down* consiste em um conceito de montagem que pode ser erguido sem a necessidade da existência de peças detalhadas. Este modelo conceitual tem que ser integrado a estrutura de produto, de forma que seja utilizado como uma base comum para ambos projetos detalhados de peça e conjunto durante as atividades de detalhamento do projeto. Tal modelo conceitual de montagem é frequentemente referenciado a um modelo adaptativo ou de acoplamento de referencia denominado de *skeleton*, ou esqueleto, dependendo das informações agregadas a este modelo. A razão deste esqueleto é de servir como uma interface entre os dados de entrada e ou restrição de projeto e todos componentes relacionados.

A importância do conhecimento do conceito de projeto e informação das interfaces de montagem tem sido bastante reconhecida ultimamente, resultando no desenvolvimento de metodologias apropriadas e as funcionalidades do sistema movem-se lentamente para uma maneira de trabalho orientada ao conjunto. Isto permite vantagens adquiridas em produtividade através do aumento da tecnologia dos processos de projeto.

Projeto como um processo criativo deve começar num nível conceitual de produto, ou seja, no nível de montagem. Somente no conceito contínuo do nível do produto que o projeto e detalhamento deve ser baseado.

Uma característica muito importante do TDD é armazenar as informações de projeto nas montagens dos modelos em CAD 3D. Fazer um novo projeto se torna mais uma questão de especificar novas restrições que definir um novo modelo. Modificar um projeto existente pode acontecer muito mais rapidamente porque os modelos sabem como se alterarem, baseados nas mudanças de suas restrições. Uma vez que o projeto tenha sido definido e analisado, correções são feitas nas informações contidas no modelo, não apenas na geometria, dessa forma os modelos carregam consigo o "*design intent*", ou "intenção de projeto", ou seja, os modelos possuem informações a respeito das considerações utilizadas pelo projetista no momento de sua concepção.

O diagrama de fluxo de processo apresentado na Figura 3.26 lista as principais fases do processo de TDD utilizado, mostrando uma visão geral do processo.

Esse processo está ordenado numa seqüência proposta a ser executada, no entanto ela não é estritamente seqüencial. A maioria das fases é executada concorrentemente e várias iterações ocorrem durante as fases do ciclo de desenvolvimento do produto.

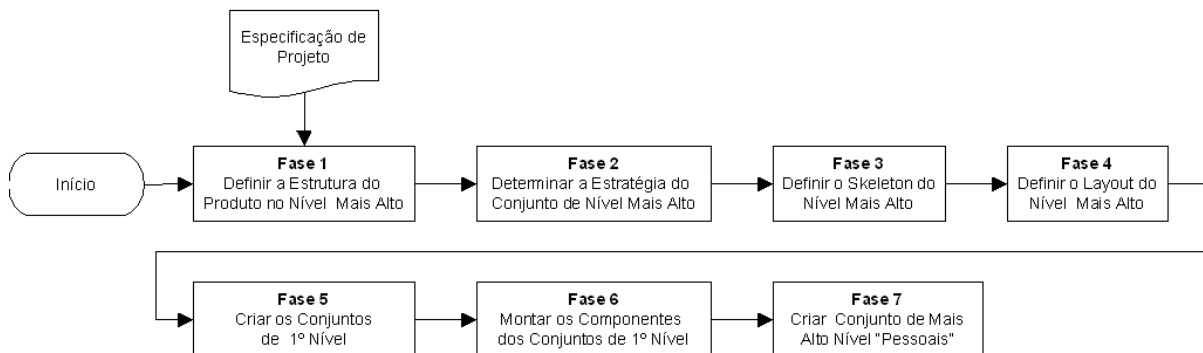


Figura 3.26 Visão Geral do Diagrama de Fluxo do Processo

3.3.2 Definição dos primeiros níveis do TDD

De forma a definir a estrutura do produto e a estratégia dos conjuntos de níveis mais altos propostos pelo processo de TDD, foram gerados os diagramas apresentados nas Figura 3.28 e Figura 3.29 para o kit triciclo. Assim como apresentado na Figura 3.27, a estratégia de divisão dos conjuntos e níveis foi definida pelas características de posição e montagem de cada sub-conjunto dentro do conjunto final. Isto significa que os sistemas funcionais não precisam estar necessariamente agrupados em um mesmo conjunto. Ou seja, utilizando o sistema de freio como exemplo, o mesmo possui peças distribuídas em pelo menos três

conjuntos diferentes, que foram separadas de forma a facilitar as questões de manufatura e montagem.

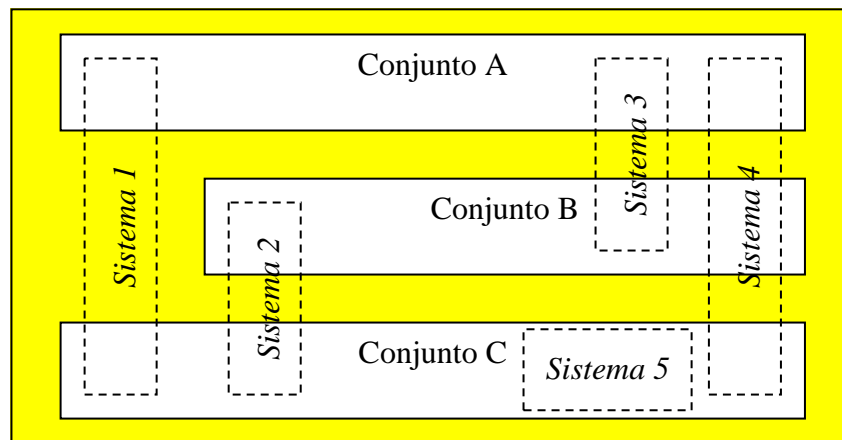


Figura 3.27 Estratégia de TDD utilizado para a estrutura do produto

Como pode-se notar, o diagrama de TDD do kit triciclo foi dividido em duas partes. A única razão para isto é de facilitar a visualização e o entendimento da estrutura, pois o conjunto final é necessariamente composto pelo conjunto básico, identificado pelo prefixo "101" na Figura 3.28 , bem como por pelo menos um de cada um dos conjuntos variáveis e opcionais identificados pelos sufixos "A", "B", "C" e "D" na Figura 3.29.

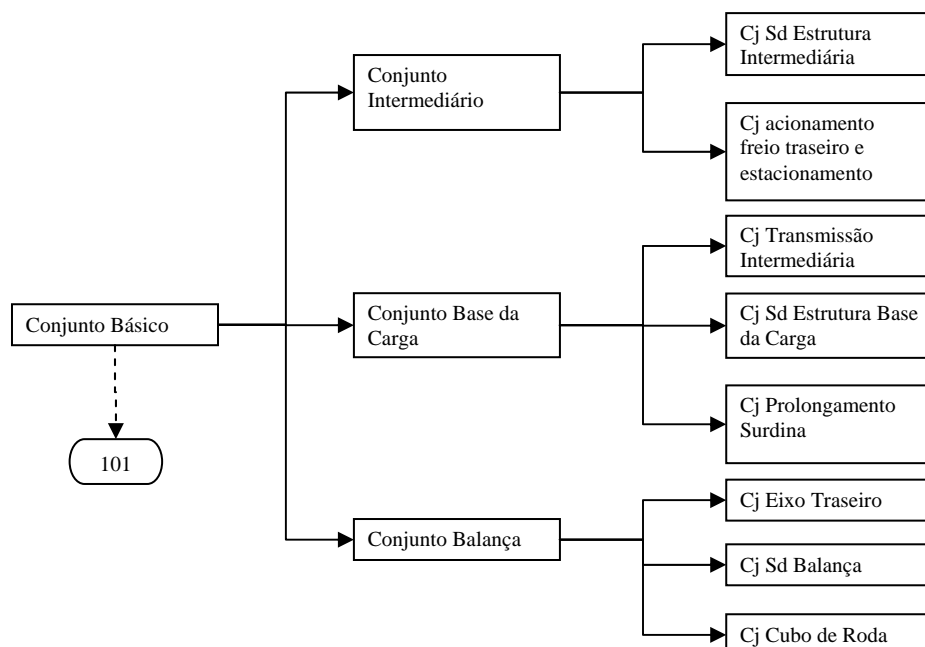


Figura 3.28 Níveis do TDD para o conjunto básico do kit triciclo.

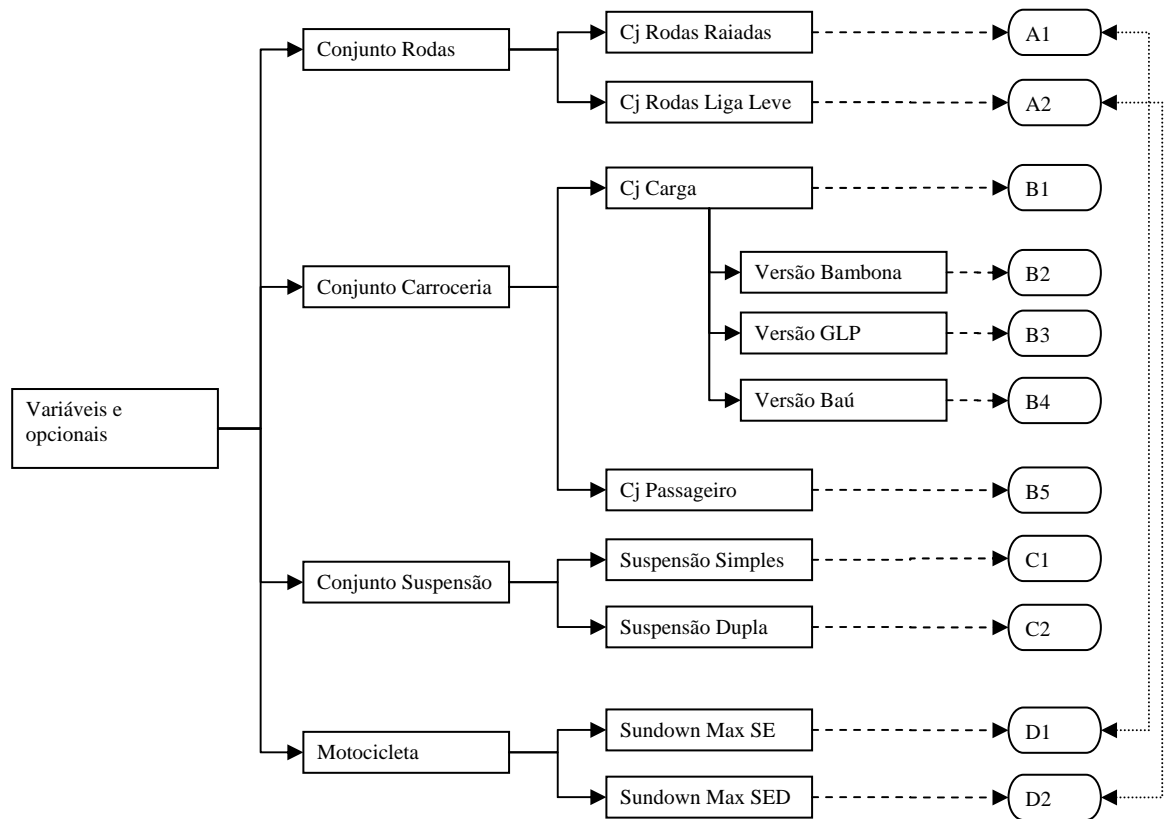


Figura 3.29 Níveis do TDD para os conjuntos variáveis e opcionais, A, B, C e D.

Através desta estratégia de estrutura de produto, também facilita bastante a forma de configuração das diferentes versões de produto que serão comercializadas. Códigos formados por prefixo e sufixos, que definem as versões a serem comercializadas, podem ser previamente criados. Com estes códigos criados, a geração da lista de peças necessárias para montagem do produto na linha de produção se torna automática, pois cada código carrega em sua estrutura todos os itens necessários para aquela configuração. Desta forma, um simples código informado pela área comercial da empresa a área de produção define diretamente a necessidade de peças em estoque e a demanda de horas na linha de montagem.

Algumas restrições de configuração também podem ser criadas por este sistema, pois pode-se notar na Figura 3.29 que os prefixos $A1 \Leftrightarrow D1$ e $A2 \Leftrightarrow D2$ estão relacionados entre si. Por exemplo, na escolha de "Rodas Raiadas (A1)", a única opção de motocicleta seria "D1", ou seja, a Sundown Max SE.

3.3.3 Layout do Produto

Para a definir corretamente a interface entre a motocicleta e o kit triciclo, foi necessário, primeiramente, remontar o *layout* da motocicleta, definindo as posições exatas dos pontos principais de interface. A partir do *layout* da motocicleta, foi possível criar os *skeletons* dos conjuntos de níveis mais altos do kit triciclo.

O *skeleton* de um conjunto é a estrutura de um conjunto. Um *skeleton* é um componente especializado de um conjunto que define o esqueleto, limites espaciais e interfaces, e outras propriedades físicas de um projeto de conjunto que pode ser usado para definir a geometria dos componentes. Também é possível criar *skeleton* para realizar a análise de movimentos em um conjunto criando-se referências de posicionamento no *skeleton* e então modificar as dimensões do *skeleton* para limitar o movimento.

Os *skeletons* criados para o triciclo são basicamente compostos por curvas, eixos e planos principais, e fora a partir das informações contidas nos *skeletons* é que definiu-se o *layout* do produto. A Figura 3.30 ilustra o resultado dos *layout's* da motocicleta e kit triciclo.

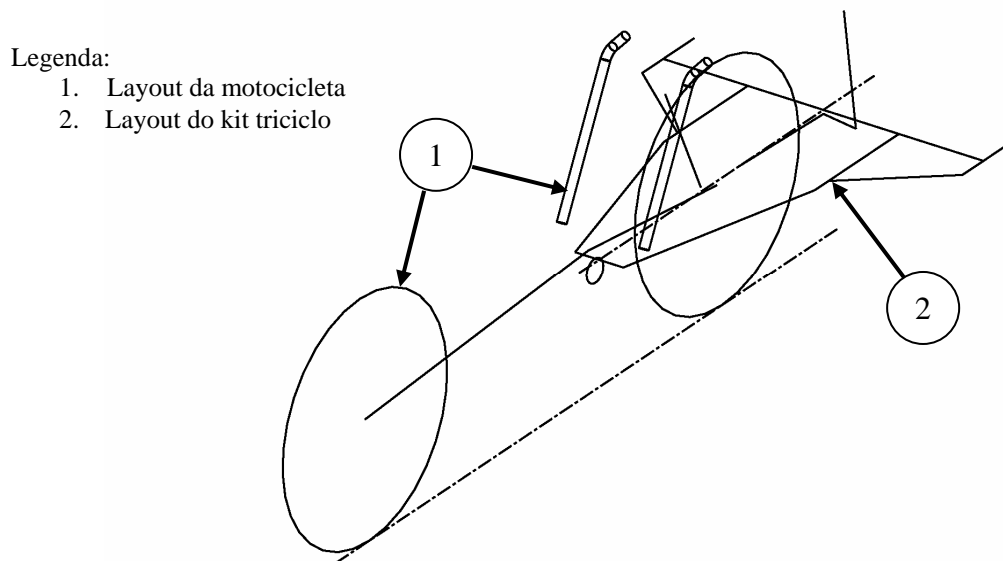


Figura 3.30 Sobreposição dos *layout's* da motocicleta e kit triciclo.

3.3.4 Conjunto Básico

O conjunto básico é composto pela parte estrutural e mecânica do kit triciclo, por isto é a parte principal. Possui interface com todos os demais conjuntos e é de uso comum para todas as configurações disponíveis.

Conforme apresentado na Figura 3.31, fazem parte do conjunto básico os seguintes subconjuntos:

- a) Conjunto Intermediário;

- b) Conjunto Base da Carga;
- c) Conjunto Balança.

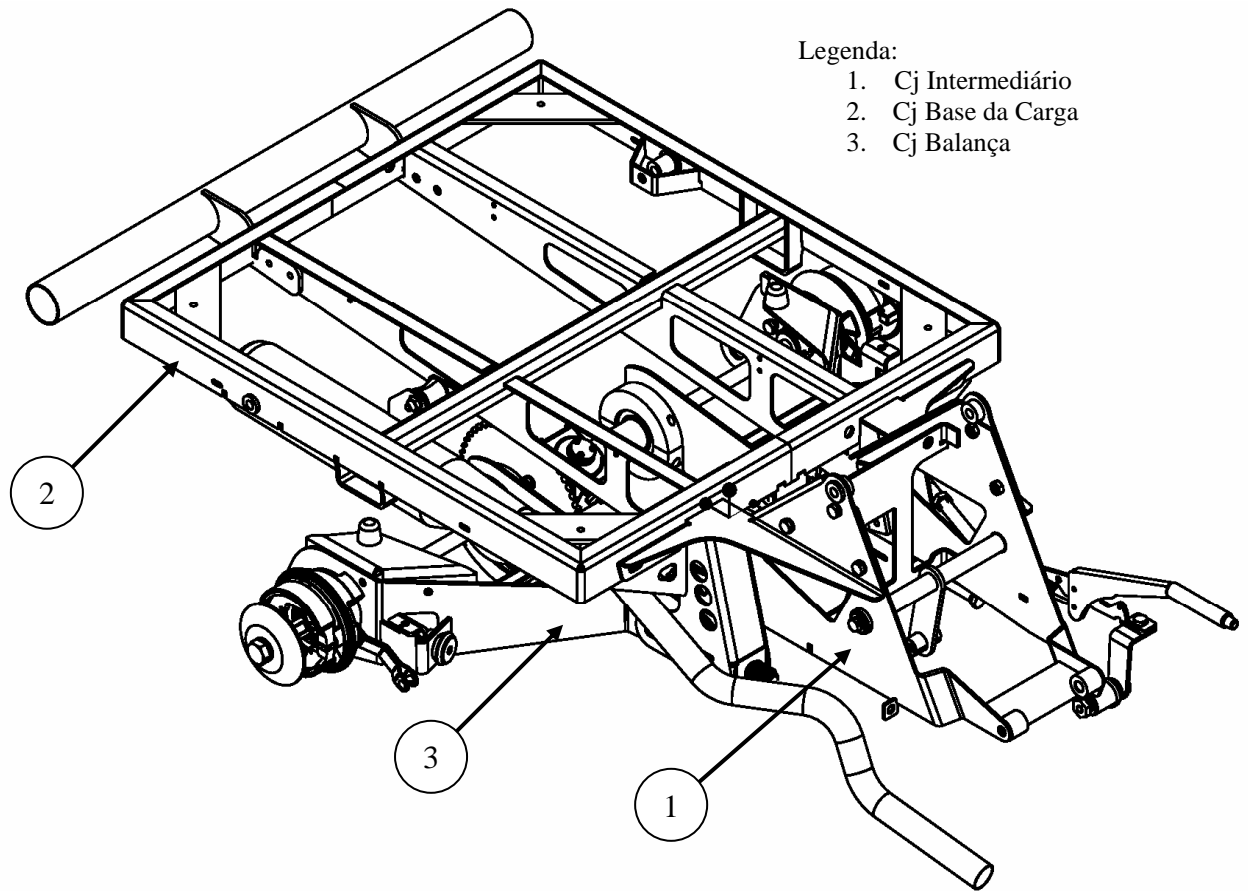


Figura 3.31 Conjunto básico do kit triciclo.

3.3.4.1 Conjunto Intermediário

Este conjunto fica localizado na posição intermediária entre a motocicleta e o kit triciclo e é responsável pela interface de fixação do kit a motocicleta. O conjunto intermediário, Figura 3.32, é composto principalmente de um conjunto soldado estrutural constituído predominantemente de peças fabricadas a partir de chapa de aço, onde as chapas laterais, em forma de triângulo vazado, fixam o kit ao quadro estrutural da motocicleta. Por causa de sua posição estratégica, é responsável também pela fixação do mecanismo de acionamento do freio traseiro e do freio de estacionamento.

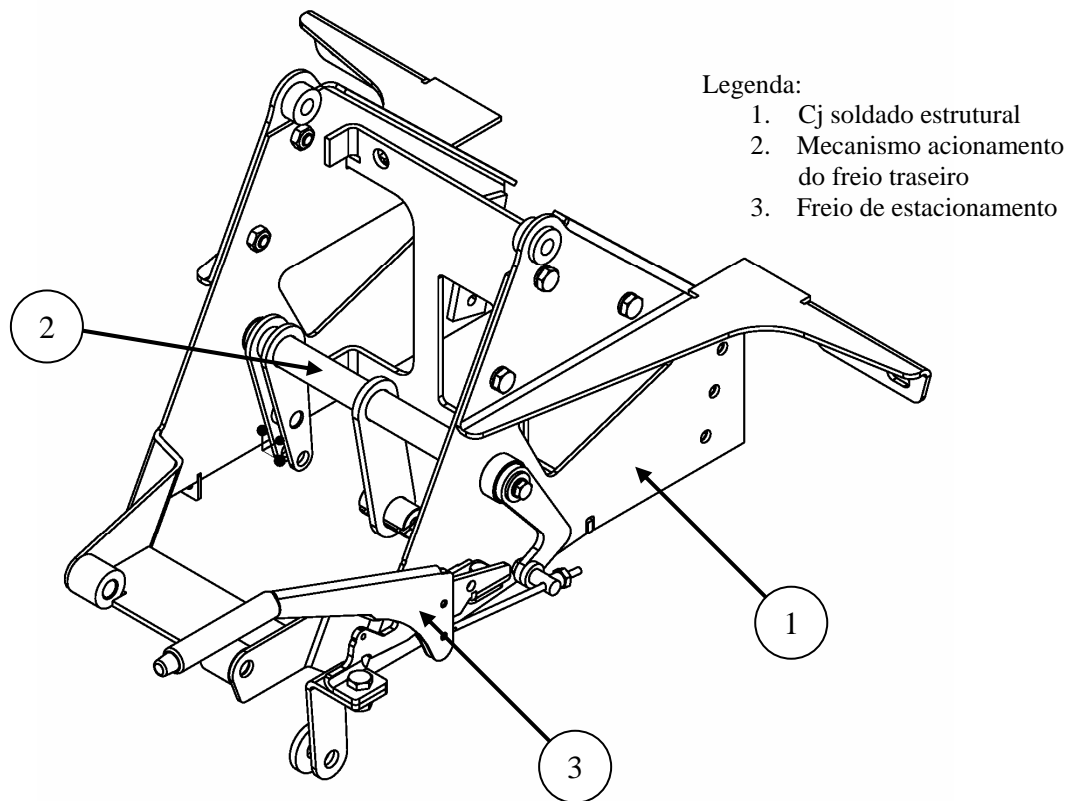


Figura 3.32 Conjunto intermediário do kit triciclo.

Conforme ilustrado pela Figura 3.33, o conjunto intermediário é fixado ao quadro da motocicleta pelos pontos “A” e “B” em ambos os lados. Na motocicleta o ponto “A” é utilizado para fixação dos amortecedores traseiros, e o ponto “B” para fixação da articulação da balança da roda traseira. Utilizando este conceito de fixação, elimina-se a necessidade de alteração do quadro da motocicleta para fixação do conjunto intermediário.

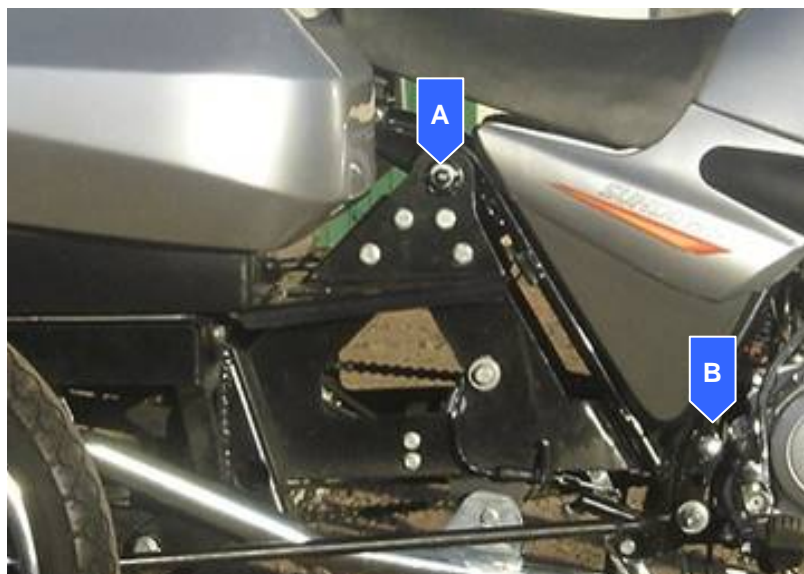


Figura 3.33 Pontos de fixação do conjunto intermediário ao quadro da motocicleta.

3.3.4.2 Conjunto Base da Carga

A superfície superior do conjunto base da carga, Figura 3.34, é a interface do conjunto básico com a carroceria, suportando as cargas a que a mesma é submetida e fixando-a ao veículo. Como é fixado a parte traseira do conjunto intermediário, é responsável pela fixação do conjunto balanço, e também fazem parte deste conjunto o eixo intermediário e o prolongamento do silenciador do escapamento de gases do motor.

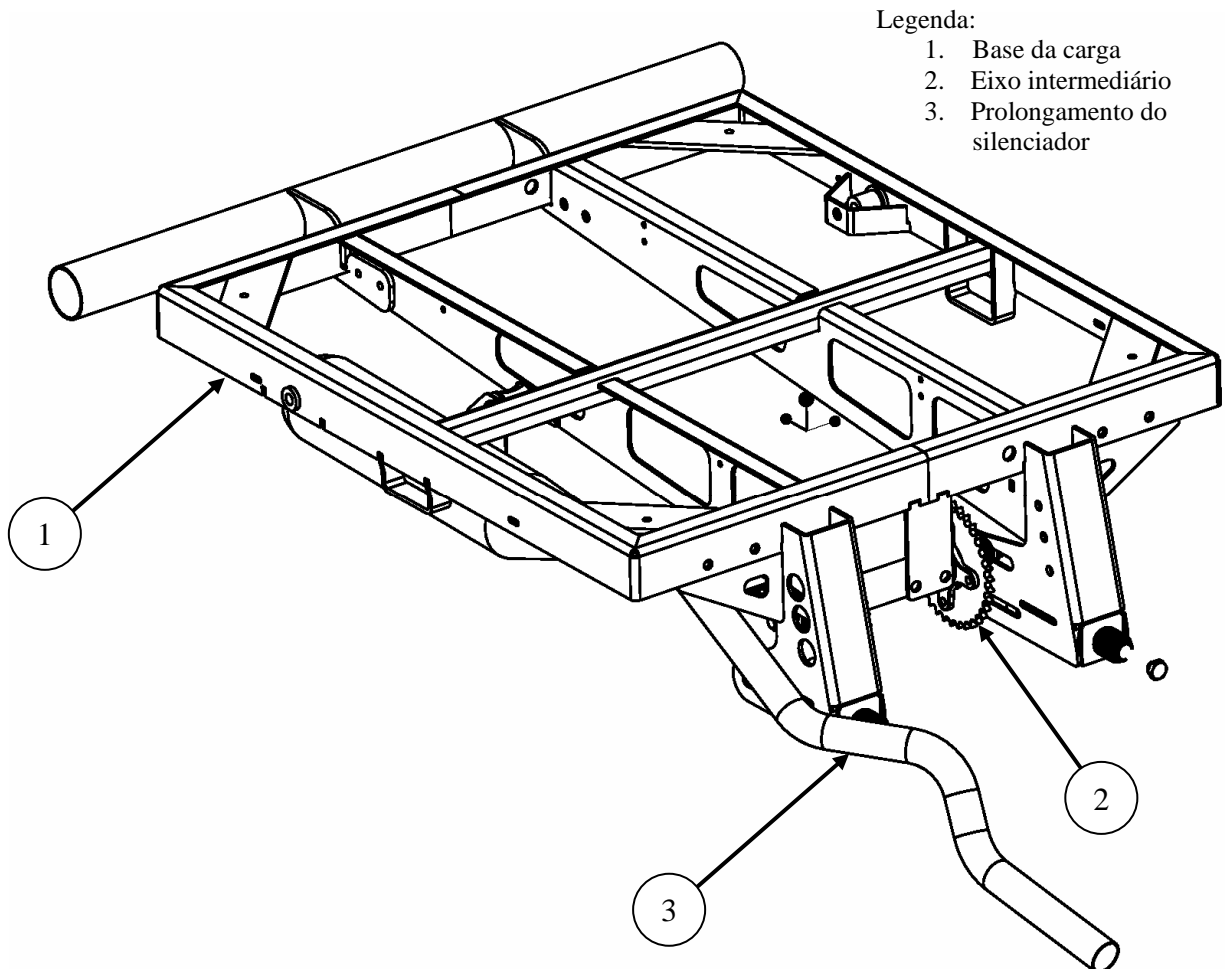


Figura 3.34 Conjunto base da carga do kit triciclo.

3.3.4.3 Conjunto Balança

O conjunto balanço, apresentado na Figura 3.35, é constituído pelo conjunto eixo traseiro, conjunto soldado balanço e conjunto cubo de roda. O conjunto eixo traseiro é composto basicamente por itens do sistema de transmissão. O conjunto cubo de roda possui componentes tanto do sistema de freio, quanto de transmissão. Os conjuntos eixo traseiro e cubo de roda são unidos por um conjunto soldado, denominado de conjunto soldado balanço.

Este conjunto soldado e fabricado a partir de peças em chapa conformadas por dobra, e é parte fundamental do sistema de suspensão.

O alinhamento dimensional e a resistência estrutural deste conjunto é primordial para a vida dos componentes de transmissão, mas principalmente para segurança, dirigibilidade e estabilidade do veículo. Devido a sua importância funcional dentro do conjunto básico, bem como sua complexidade, este foi o conjunto que mais requereu tempo para projeto de engenharia e desenvolvimento de produto, já que a simplificação das soluções eram bastante desafiadoras.

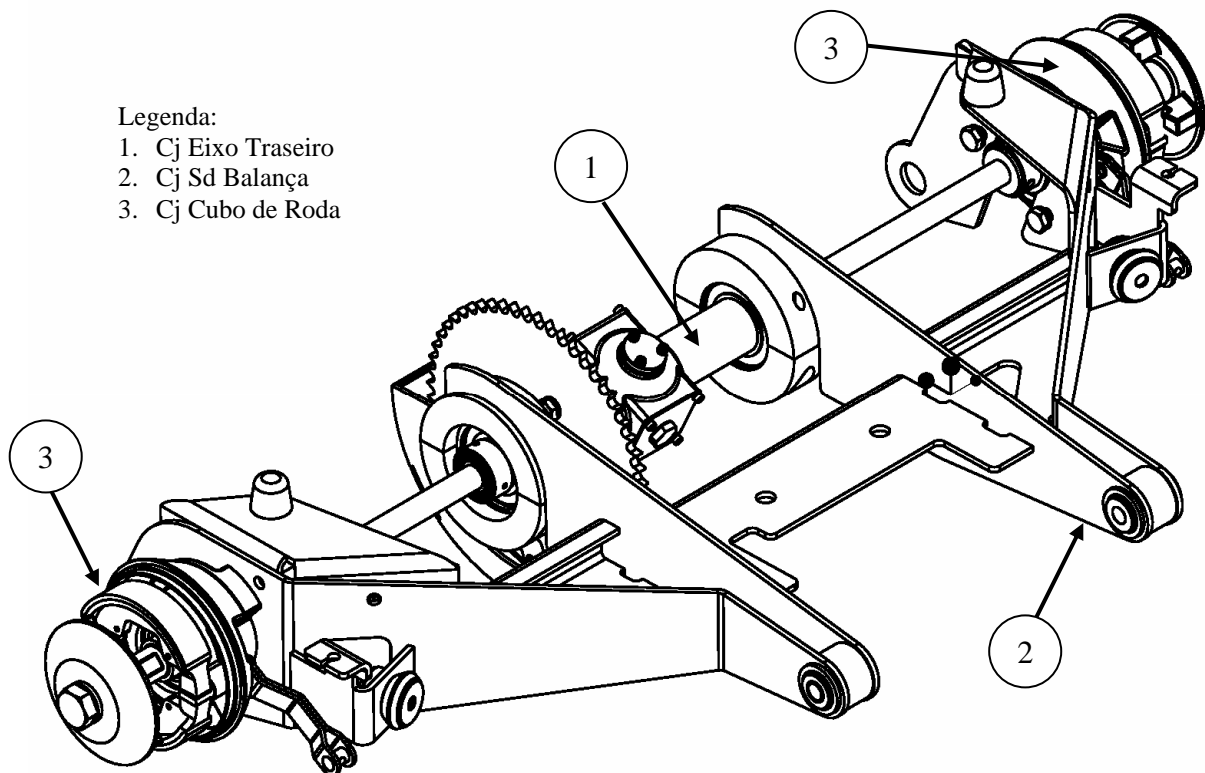


Figura 3.35 Conjunto balança do kit triciclo.

3.3.5 Variáveis e Opcionais

Os conjuntos relacionados nesta posição do TDD, conforme apresentados na Figura 3.29, foram destacados para uma estrutura paralela ao conjunto básico de forma a permitir a flexibilidade para a configuração das diferentes variáveis e opções em que o veículo será comercializado.

O conjunto rodas e motocicleta estão diretamente relacionados, para que o triciclo não seja montado com rodas raiadas nas rodas traseiras quando o modelo de motocicleta escolhido pelo cliente possua roda dianteira de liga leve, ou vice e versa.

3.3.5.1 Conjunto Carroceria

Considerando o mesmo chassi para os diferentes tipos de carroceria, foram definidas três versões básicas do conjunto carroceria, conforme apresentado na Figura 3.36, são elas:

- a) Versão caçamba;
- b) Versão baú;
- c) Versão passageiro.

Para seleção de materiais a serem utilizados no desenvolvimento das peças para carroceria foram considerados os requisitos de: facilidade para acabamento superficial e custo de desenvolvimento e produção. Assim, para fabricar a carroceria, inicialmente foi utilizado fibra de vidro para o desenvolvimento das peças, devido a facilidade de modelar formas geométrica complexas, e com um baixo custo de aquisição de moldes de fabricação. Por outro lado, detectou-se que a fase de acabamento das peças se tornava um trabalho bastante artesanal e que requereria bastante tempo. Por esta razão, mesmo a confecção de moldes de peças plásticas moldadas pelo processo de *vacuum forming* apresentarem custo de fabricação mais elevados que os moldes de peças moldadas em fibra de vidro, o processo de *vacuum forming* reduziria consideravelmente o tempo de acabamento das peças. Por isto definiu-se o plástico como sendo o material a ser utilizado.



Figura 3.36 Versões básicas para carroceria do triciclo: baú (esquerda), passageiro (centro), caçamba (direita).

Conforme definido pela Tabela 2 da Resolução 261/07 emitida pelo CONTRAN, as versões baú e caçamba são consideradas como veículos de transportes de carga fechada e aberta, respectivamente. Já a versão passageiro, logicamente, se encaixa como veículo de transporte de passageiros. Por estas razões, cada versão deve possuir um processo de homologação específico.

As versões “Bambona” e “GLP”, definidas na estrutura do TDD, são variações customizadas da versão baú e caçamba para transportes de reservatórios de 20 L de água mineral, ou botijões de GLP. Por isto não requerem processos de homologação específicos.

3.3.6 Sistemas Funcionais

Os sistemas de suspensão, freios e transmissão estão diretamente ligados ao projeto do conjunto balança, conforme identificado no capítulo 3.3.4.3. Com o objetivo de simplificar as soluções utilizadas para um conjunto complexo, mas ao mesmo tempo que fossem adequadas às questões estruturais e de segurança veicular, uma série de cálculos foram realizados, conforme apresentados neste capítulo.

3.3.6.1 Sistema de Suspensão

Com o objetivo de realizar o reaproveitamento dos amortecedores traseiros da motocicleta para o kit triciclo, identificou-se a necessidade de se obter as especificações técnicas dos mesmos. Como estas especificações não são disponibilizadas pelo fabricante da motocicleta, o procedimento utilizado para identificar a carga de trabalho a que estes amortecedores podem ser submetidos foi definido através do processo de engenharia reversa. Ou seja, as cargas a que os amortecedores podem ser submetidos quando montados na motocicleta, seriam as cargas admissíveis quando usados no triciclo.

Os carregamentos nos amortecedores traseiros foram obtidos através da resolução das equações de equilíbrio estático das forças nas balanças traseiras da motocicleta e do triciclo. Para simplificação dos cálculos, fora considerado somente o *layout* indeformado das suspensões, onde a variação dos ângulos e comprimento do amortecedor permanecem inalterados.

Foram aplicadas as equações de equilíbrio estático (1), (2) e (3) às forças F_A , F_R , R_X , R_Y e M_Z , na configuração apresentada na Figura 3.37.

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_Z = 0 \quad (3)$$

Onde:

- a) F_A = força do amortecedor [N]
- b) F_R = força da roda [N]
- c) R_X = força resultante em X [N]
- d) R_Y = força resultante em Y [N]
- e) M_Z = momento resultante em Z no ponto de pivotamento da balança [N.m]

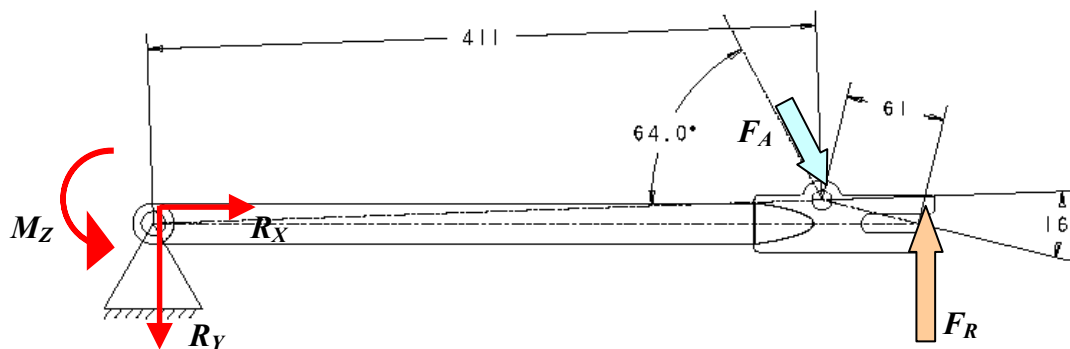


Figura 3.37 Composição de forças envolvidas na suspensão traseira da motocicleta. Dimensões em milímetros.

Conforme apresentado no Apêndice A, obtém-se os seguintes resultados a partir das equações de equilíbrio para a suspensão traseira da motocicleta:

- a) $F_A = 1,27 \cdot F_R$
- b) $R_Y = 0,44 \cdot F_R$
- c) $R_X = 0,14 \cdot F_R$

No Apêndice B, utilizando o mesmo procedimento para a configuração de forças apresentadas pela balança da suspensão traseira do triciclo, Figura 3.38, obtém-se os seguintes resultados a partir das equações de equilíbrio:

- a) $F_A = 0,75 \cdot F_R$
- b) $R_Y = 0,25 \cdot F_R$
- c) $R_X = 0,06 \cdot F_R$

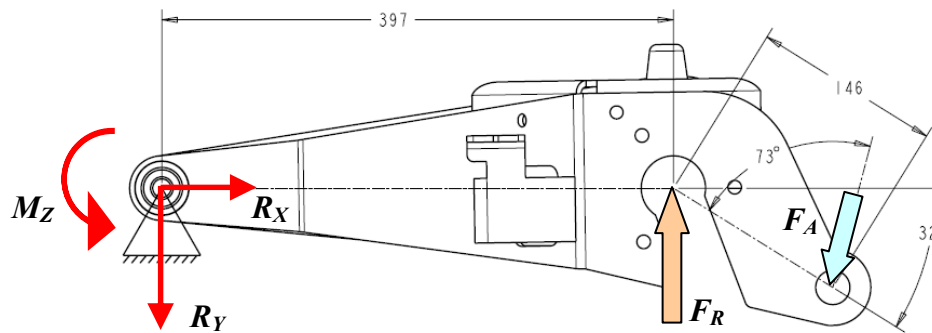


Figura 3.38 Composição de forças envolvidas na suspensão traseira do triciclo. Dimensões em milímetros.

De acordo com Cocco (2004), as forças de reação, suportadas pelas rodas da motocicleta movimentando-se a uma velocidade constante, são equivalentes ao peso bruto total (PBT) do veículo e a posição do centro de gravidade. Dependendo da distância do centro de gravidade em relação a cada um dos eixos do veículo, haverá uma distribuição de cargas diferente para cada um dos eixos, dianteiro ou traseiro. Ou seja, quanto mais perto de um determinado eixo o centro de gravidade estiver, maior será a carga sobre aquele eixo.

Para efeitos de cálculo, duas configurações de distribuição de massa foram consideradas:

- a) 30/70 – 30% no eixo dianteiro e 70% no eixo traseiro
- b) 40/60 – 40% no eixo dianteiro e 60% no eixo traseiro

Para cálculo do PBT da motocicleta considerou-se os valores variando a partir da massa da motocicleta, 115 kg, a massa da motocicleta somado a capacidade máxima de carga, 270 kg, já que a capacidade máxima de carga informada pelo fabricante (vide Anexo C e Anexo D) é 155 kg.

Utilizando estes valores de PBT para o cálculo de F_R no eixo traseiro da motocicleta, através de (4) – adaptada da proposta de Cocco (2004) – sendo g a aceleração da gravidade, e p o percentual de carga sobre o eixo traseiro, gerou-se o gráfico apresentado na Figura 3.39. Os valores de $F_A/2$ [N] são referentes a força aplicada sobre cada um dos dois amortecedores montados na suspensão traseira da motocicleta.

$$F_R = PBT \cdot g \cdot p \quad (4)$$

Onde:

- a) PBT = peso bruto total [kg]
- b) g = aceleração da gravidade [m/s^2]
- c) p = percentual de carga sobre o eixo traseiro [%]

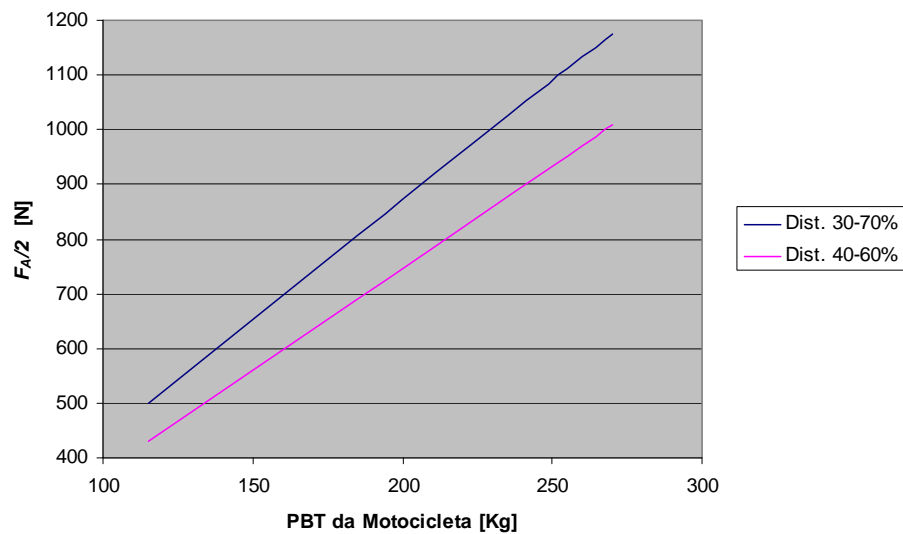


Figura 3.39 Força aplicada a cada amortecedor traseiro da motocicleta.

Para os valores de PBT do triciclo considerou-se os valores de sua massa, 200 kg, até o valor de 420 kg, correspondente a soma dos 150 kg de capacidade de carga do triciclo aos 70 kg do condutor. Assim como para a motocicleta, a Figura 3.40 apresenta os valores das forças aplicadas a cada um dos amortecedores traseiros do triciclo em relação ao seu PBT.

Comparando as piores condições de carga sobre os amortecedores da motocicleta e do triciclo, apresentadas pelas Figura 3.39 e Figura 3.40, pode-se notar que enquanto a motocicleta apresenta valores entre 1000 N e 1150 N, o triciclo apresenta valores entre 950 N e 1100 N. Isto indica que os amortecedores da motocicleta podem ser reutilizados no triciclo, para a configuração em que foram montados.

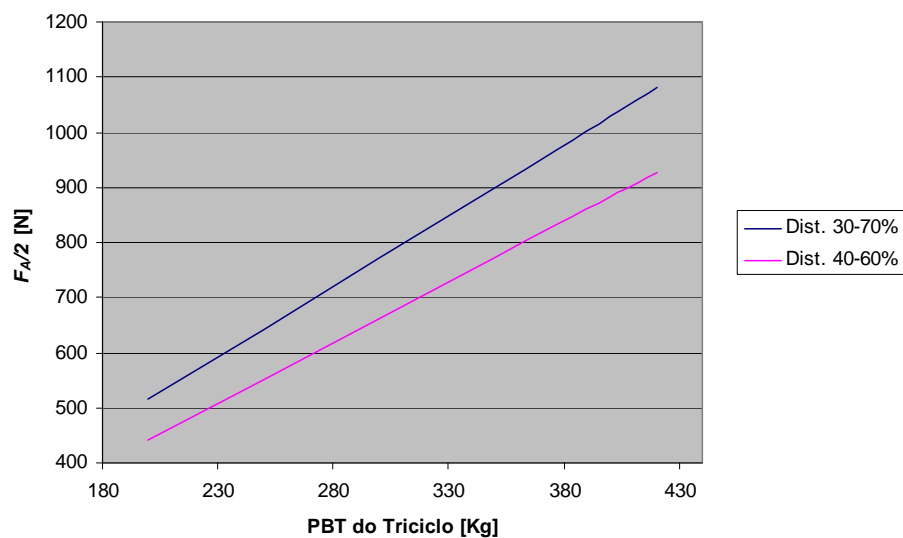


Figura 3.40 Força aplicada a cada amortecedor traseiro do triciclo.

De qualquer forma, como este é um veículo desenvolvido para fins de transporte de cargas, podem existir aplicações em condições de carga mais extremas. Por esta razão, com o objetivo de criar uma alternativa para uso do triciclo nestas condições, criou-se um opcional para a suspensão traseira com amortecedores duplos, conforme Figura 3.41.

3.3.6.2 Sistemas de Freio

Inicialmente, quando do desenvolvimento do projeto preliminar, foi desenvolvido um sistema de freio a disco, comum para as ambas rodas traseiras, e acoplado diretamente a carcaça do diferencial do triciclo. Este sistema de freio a disco apresentavam dois pontos extremamente negativos:

- a) Devido a sua complexidade e grande quantidade de peças, se tornava um sistema com custo muito elevado;
- b) Não apresentava segurança, pois se ambas as rodas traseiras não estivessem em contato com o solo, a ação do freio seria inutilizada.



Figura 3.41 Suspensão traseira com amortecedores duplos

Por estas razões se iniciou o desenvolvimento de um sistema de freio que pudesse reaproveitar as peças do sistema de freio traseiro da motocicleta, que possui um sistema de

freio a tambor de 130 mm de diâmetro na roda traseira, com duas sapatas internas acionadas pela rotação de um came.

Projetando-se um cubo de roda em ferro fundido, que permite uma maior liberdade de formas, integrou-se tanto o rolamento de roda quanto as peças necessárias para montagem do freio traseiro. O cubo de roda foi projetado de forma que a mesma peça pode ser montada em ambos os lados da balança, por isto o freio se tornou independente para cada roda.

A Figura 3.42 apresenta o resultado obtido para o cubo de roda, com as sapatas de freio, rolamento de roda e alavanca acionadora do freio. Esta solução tornou o sistema extremamente compacto e simples, tanto para montagem quanto para manutenção.

Na seqüência, iniciou-se o desenvolvimento de um mecanismo comum para acionamento dos freios de trânsito e estacionamento. Este acionamento deveria contemplar o acionamento do freio de trânsito pelo pedal localizado no pé direito do condutor, original da motocicleta, e incluir a alavanca para acionamento do freio de estacionamento.

Utilizando as laterais do conjunto intermediário, foi projetado um mecanismo que aciona os freios traseiros por cabos independentes para cada roda, e este mecanismo pode ser acionado tanto pelo pedal do freio de trânsito, quanto pela alavanca do freio de estacionamento, que foi montado na lateral externa esquerda do conjunto intermediário.

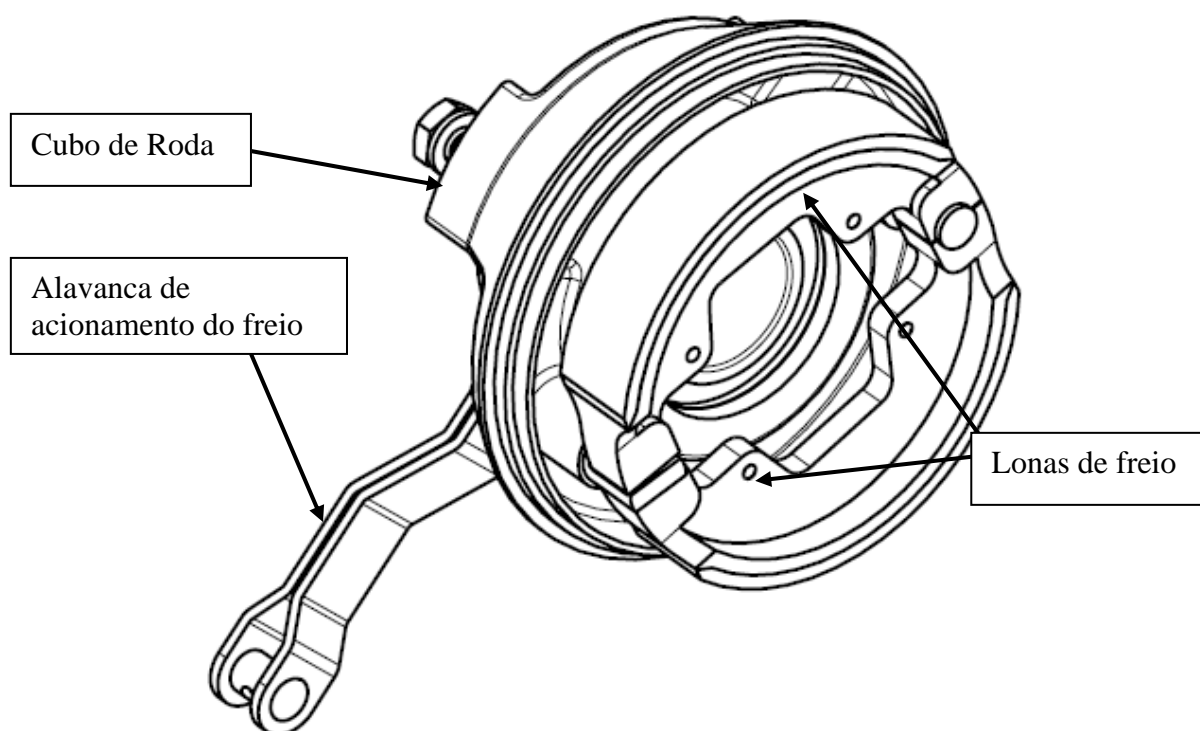


Figura 3.42 Conjunto parcial do cubo de roda, com rolamento de roda e freio

Na Figura 3.43 é possível verificar o mecanismo de acionamento do freio de trânsito. A posição e o funcionamento da alavanca do freio de estacionamento pode ser verificada junto ao conjunto intermediário, conforme apresentado anteriormente na Figura 3.32.

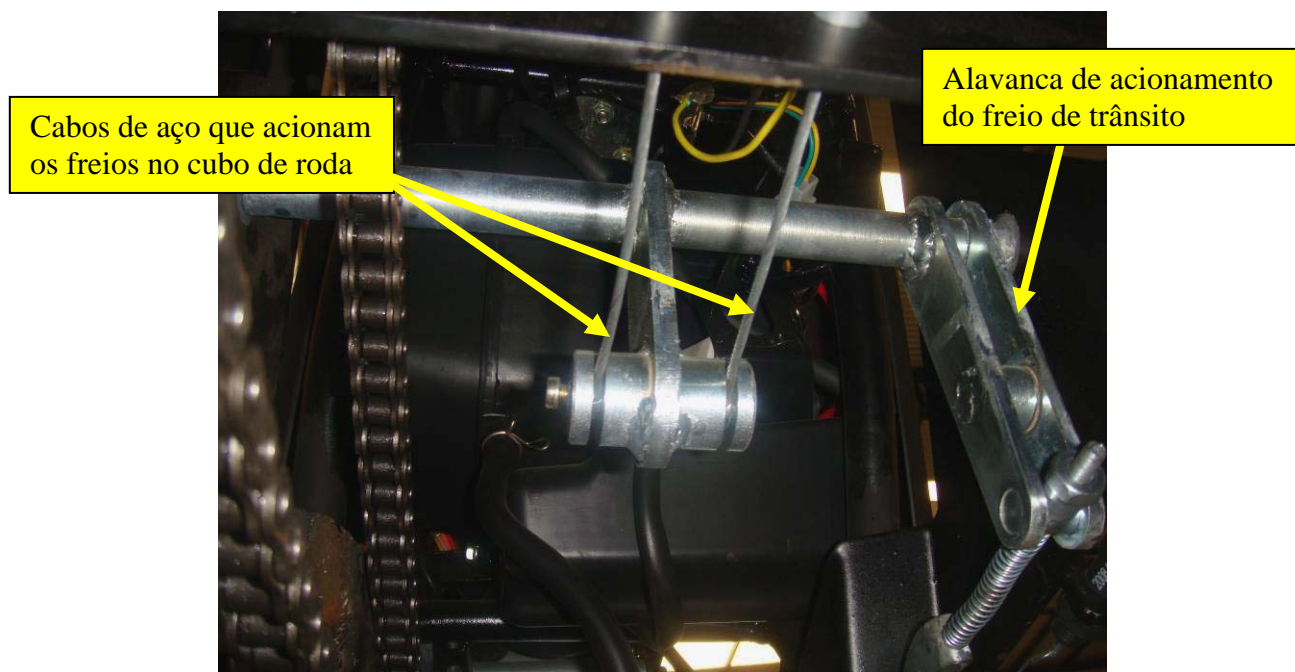


Figura 3.43 Mecanismo de acionamento do freio de trânsito.

3.3.6.3 Sistema de Transmissão

Os componentes que fazem parte do sistema de transmissão do kit triciclo foram dimensionados considerando as novas cargas e respectivos torques. Assim, devido ao incremento de capacidade de carga quando da transformação do veículo de motocicleta para triciclo, utilização de motor e caixa originais da motocicleta e mudança do leiaute das peças envolvidas na transmissão, um novo sistema de transmissão foi projetado. Com o objetivo de obter uma boa dirigibilidade e estabilidade do triciclo em curvas, também foi incluído a esta nova transmissão um sistema diferencial, de forma a compensar a diferença de percurso das rodas traseiras em conversões laterais.

De acordo com cálculos preliminares, um incremento aproximado de 60% da capacidade de carga máxima e massa do veículo deveria ser considerado para o dimensionamento da transmissão do veículo transformado.

De acordo os dados técnicos apresentados pela literatura fornecida pelo fabricante da motocicleta, como base para a nova transmissão, foram considerados os seguintes dados:

- a) Motor
 - i. Potência máxima: 9,19 kW (12,5 CV) a 8500 rpm

- ii. Torque máximo: 8,53 N.m (0,87 kgf.m) a 7000 rpm
- b) Transmissão
- i. Redução primária: 4,055 (73/18)
- ii. 1ª marcha: 2,769 (36/13)
- iii. 2ª marcha: 1,882 (32/17)
- iv. 3ª marcha: 1,400 (28/20)
- v. 4ª marcha: 1,130 (26/23)
- vi. 5ª marcha: 0,960 (24/25)
- vii. Redução final: 2,600 (39/15)
- c) Pneu
- i. Raio dinâmico (r) 0,3 m

Utilizando (5) para cálculo da velocidade do veículo apresentada por Bosch (2005), gerou-se as curvas de “Velocidade (v) x Rotação do motor (n)” para cada marcha até uma rotação máxima de 8500 rpm conforme apresentadas na Figura 3.44.

$$v = \frac{2.n.\pi.60.r}{1000.i} \quad (5)$$

Onde:

- a) n = rotação do motor [rpm]
- b) r = raio dinâmico do pneu [m]
- c) i = relação de transmissão (adimensional)

A relação de transmissão para cada marcha (i) é calculada por (6).

$$i = \text{redução primária} \times \text{marcha} \times \text{redução final} \quad (6)$$

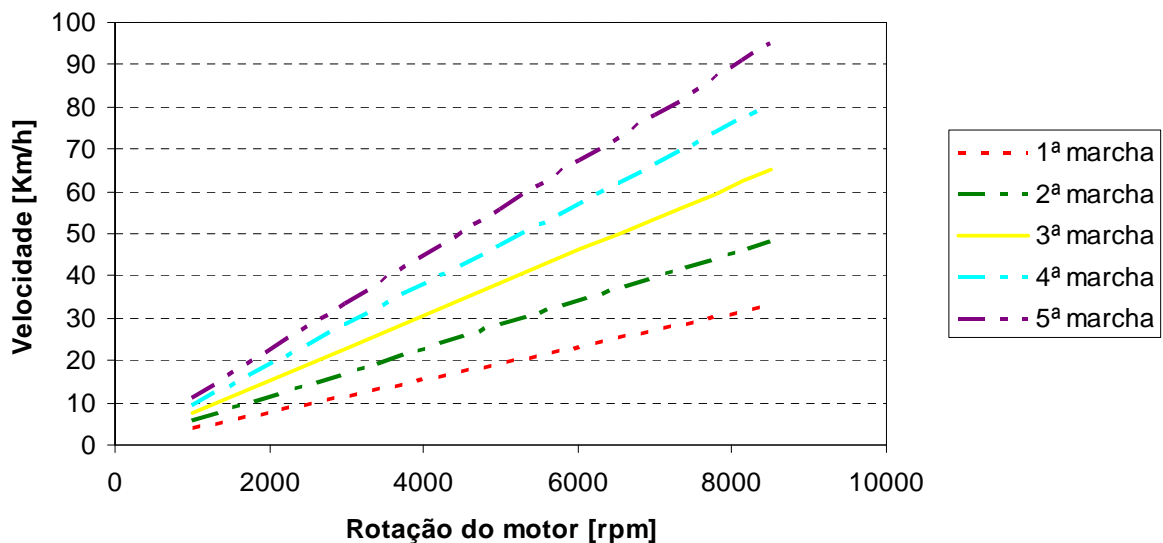


Figura 3.44 Velocidade da motocicleta em relação à rotação do motor.

Considerando o torque máximo do motor (T_{motor}) informado pelo fabricante da motocicleta, ou seja, 8,53 N.m a 7000 rpm, a i e a relação de transmissão para cada marcha (i), foi possível calcular o torque máximo possível de ser atingido na roda traseira da motocicleta por (7). Calcularam-se os valores de força máxima de tração da motocicleta por (8). As curvas de “Torque máximo na roda x Marcha” e “Força máxima de tração x Marcha” para a motocicleta são apresentados na Figura 3.45.

$$T = T_{motor} \cdot i \quad (7)$$

$$F_{tração} = \frac{T}{r} \quad (8)$$

Onde:

- a) T = torque máximo de tração na roda [N.m]
- b) T_{motor} = torque máximo do motor [N.m]
- c) $F_{tração}$ = força de tração na roda [N]
- d) r = raio dinâmico do pneu [m]

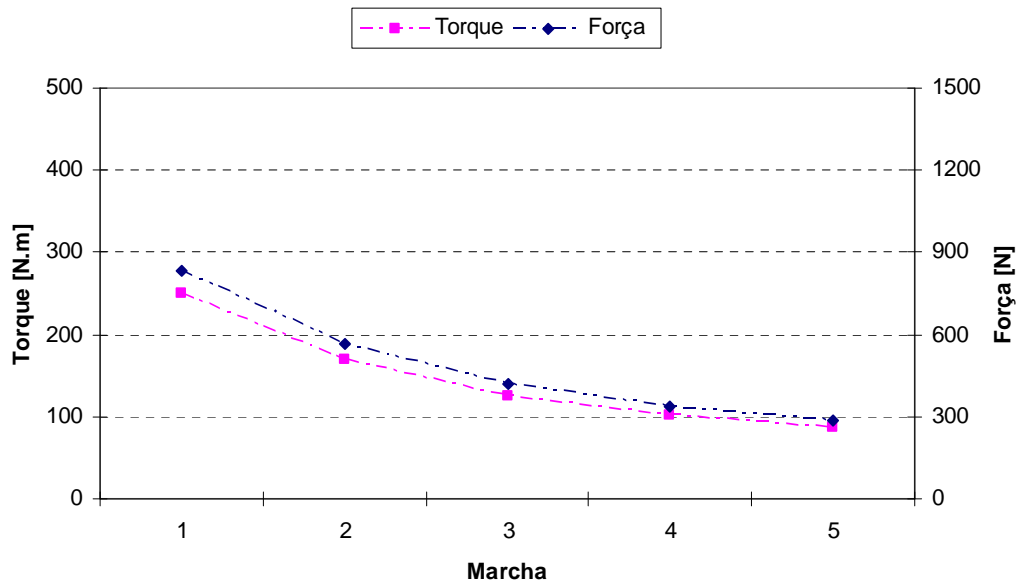


Figura 3.45 Torques e Forças máximas de tração por marcha na roda da motocicleta.

Conservando o pinhão da redução final original da motocicleta, a redução intermediária e a redução final modificada foram dimensionadas de forma a atender as novas condições de carga do veículo, que, assim como indicado anteriormente, permitam atingir um incremento de 60% na capacidade de tração. Para isto, utilizando rodas dentadas com número de dentes

disponíveis no mercado de reposição de motocicletas, foi se alternando diferentes configurações até se atingir um engrenamento que atendesse a nova demanda de tração. Como ilustrado na Figura 3.46, definiu-se que a configuração mais adequada seria:

a) Relação de Transmissão

- i. Redução intermediária: 2,600 (39/15)
- ii. Redução final: 1,600 (56/35)

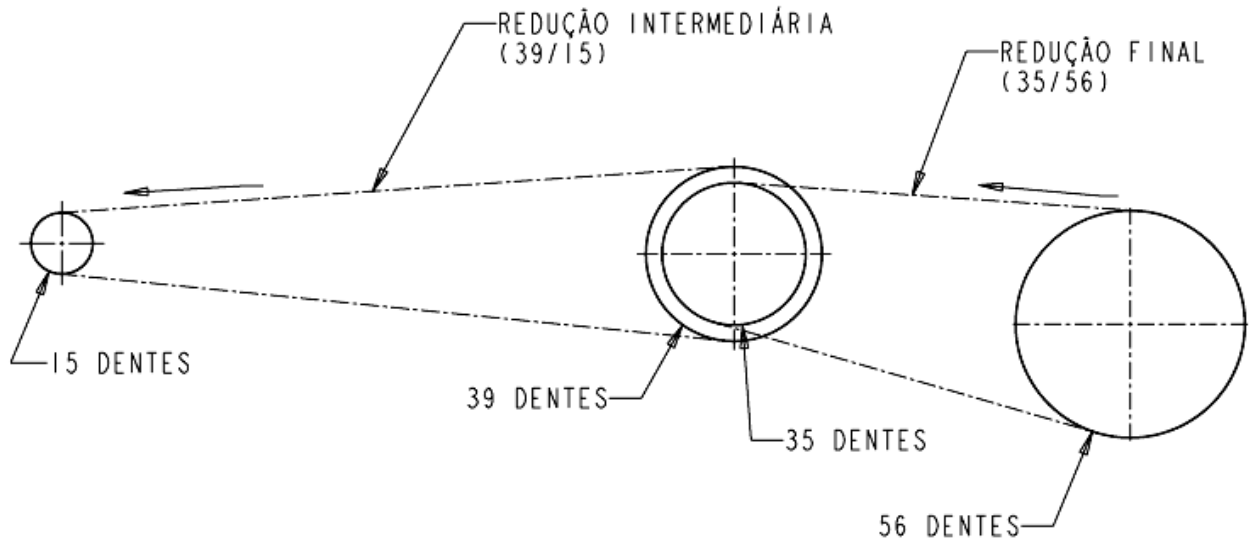


Figura 3.46 Configuração para reduções intermediária e final do triciclo.

Devido à inclusão da redução intermediária ao sistema de transmissão, a equação utilizada para cálculo da relação de transmissão para cada marcha (i) altera para (9).

$$i = \text{redução primária} \times \text{marcha} \times \text{redução intermediária} \times \text{redução final} \quad (9)$$

Nesta configuração novos valores de velocidade, torque e força são calculados, já que os valores de torque e força foram incrementados em detrimento a velocidade final do veículo, conforme apresentados nas Figura 3.47 e Figura 3.48.

Assim como a redução de velocidade máxima em quinta marcha, que passou de 95 km/h na motocicleta para 60 km/h no triciclo, o incremento nos valores máximos de torque e força de propulsão para o triciclo também são notáveis. Torques e forças máximas em primeira marcha passaram de 250 N.m e 850 N, para 400 N.m e 1350 N, respectivamente.

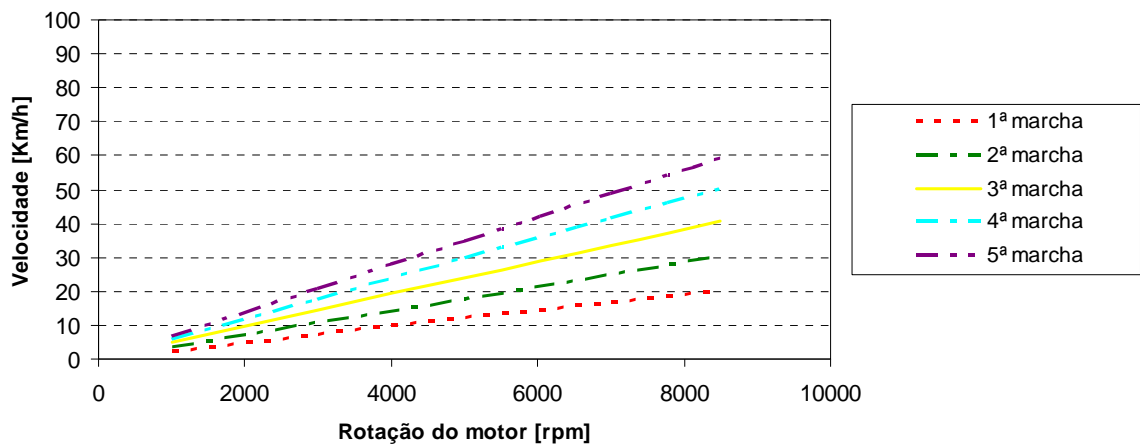


Figura 3.47 Velocidade do triciclo em relação à rotação do motor.

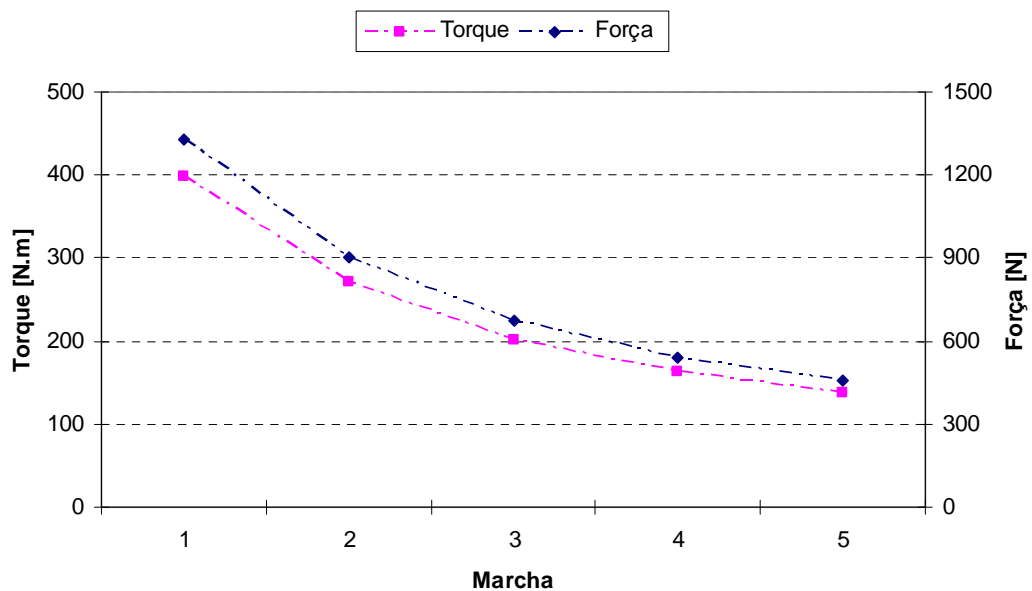


Figura 3.48 Torques e Forças máximas de tração por marcha na roda do triciclo.

A fim de verificar a capacidade de tração do triciclo carregado em um plano inclinado, foram realizados os cálculos para identificar a resistência do veículo ao movimento e comparados aos valores de força disponíveis na configuração de transmissão do triciclo.

De acordo com relação apresentada por Bosch (2005) em (10), e ilustrada pela Figura 3.49, a resistência ao movimento (F_W) apresentada por (10).

$$F_W = F_{RO} + F_{ST} + F_L \quad (10)$$

Onde:

- F_W = Resistência ao movimento [N]
- F_{RO} = Resistência ao rolamento [N], vide (11);

- c) F_{ST} = Resistência à subida [N], vide (12);
 d) F_L = Arraste aerodinâmico [N]; vide (13).

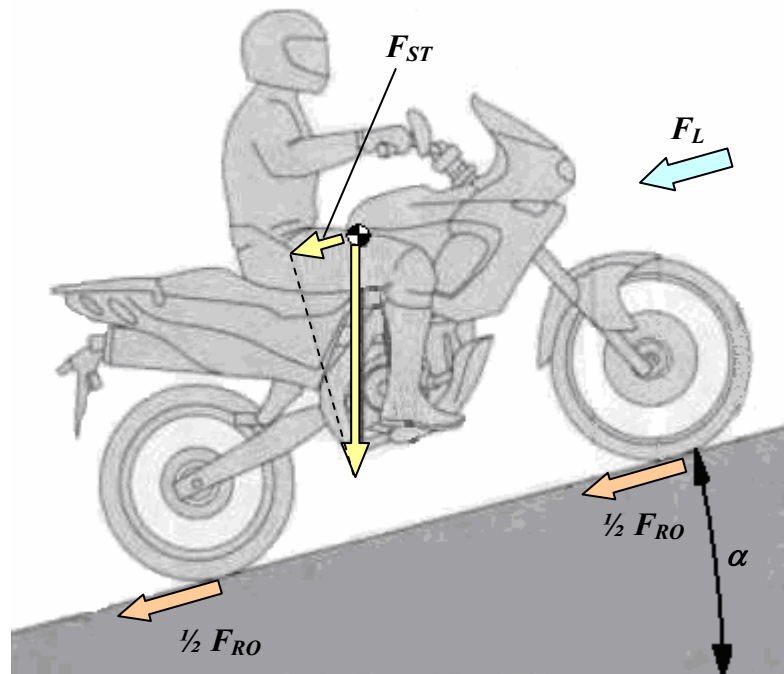


Figura 3.49 Forças que compõem a resistência do veículo ao movimento. Adaptado de Cocco (2004).

Sendo:

$$F_{RO} = f \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \quad (11)$$

$$F_{ST} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \quad (12)$$

$$F_L = 0,0386 \cdot Q \cdot C_d \cdot A \cdot (V + V_0)^2 \quad (13)$$

Onde:

- f = coeficiente de resistência ao rolamento $\cong 0,008$ para este tipo de veículo;
- m = massa do veículo [kg] \Rightarrow estimado 420kg para massa total do veículo carregado;
- g \Rightarrow aceleração da gravidade [m/s^2] = 9,8 m/s^2 ;
- Q \Rightarrow densidade do ar [kg/m^3] = 1202 m/s^2 para 200m altitude;
- C_d \Rightarrow coeficiente de arrasto aerodinâmico $\cong 0,65$ para este tipo de veículo com $V_0 = 0$;
- A \Rightarrow maior seção transversal do veículo [m^2] \Rightarrow estimado 1,5 m^2 para maior área;

g) $V \Rightarrow$ velocidade do veículo [km/h];

h) $V_0 \Rightarrow$ velocidade do vento de proa [km/h] \Rightarrow considerado $V_0 = 0$.

Realizando a variação dos valores de velocidade do veículo e o ângulo do plano inclinado, para o cálculo da resistência ao movimento, obtém-se o gráfico apresentado na Figura 3.50. O ponto “A” indicado na Figura 3.50 será utilizado para discussão no Capítulo 4.

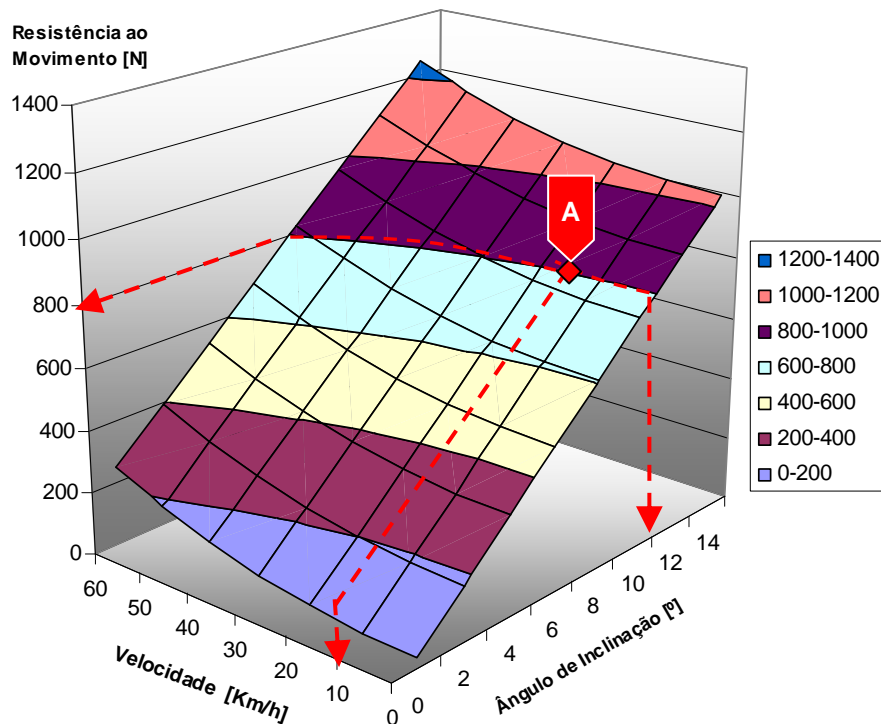


Figura 3.50 Gráfico tridimensional da resistência ao movimento do triciclo carregado em relação ao ângulo de inclinação da via e a velocidade.

De acordo com Silveira (2007), as inclinações máximas recomendadas pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, DNIT, dependem da classe da estrada de rodagem; em estradas de Classe 0 – vias expressas – (onde o volume de tráfego é o mais alto) recomenda-se no máximo inclinações de 5% (cerca de 3°). Já nas rodovias de Classe IV (aquelas que possuem o mais baixo volume de tráfego) as inclinações máximas recomendadas são de 9% (cerca de 5°). Mas em alguns casos mais extremos identificados por Silveira (2007), pode-se encontrar algumas vias na cidade de Porto Alegre com inclinações entre 10° e 16°.

Considerando a inclinação máxima de vias públicas recomendada pelo DNIT, ou seja, 5°, notamos que realizando o cruzamento das informações apresentadas pelas Figura 3.47, Figura 3.48 e Figura 3.50, e como o motor apresenta torque máximo a 7000 rpm, o que

representa para o triciclo uma velocidade de aproximadamente 45 km/h em 4ª marcha, a resistência ao movimento apresentada pelo triciclo seria por volta de 550N. Nota-se que o mesmo valor de 550N de resistência ao movimento que o triciclo apresentaria num plano inclinado a 5° e a 45 km/h de velocidade, seria a força de tração disponível nas rodas. Isto indica uma condição limite do triciclo, para transporte de cargas em sua capacidade máxima e num plano inclinado.

Em contrapartida, analisando os casos mais extremos de inclinação de vias públicas identificado por Silveira (2007), onde encontram-se inclinações entre 10° e 16°, verifica-se que o triciclo poderia realizar o percurso através destas vias em sua capacidade máxima de carga, mas somente em 1ª marcha e nas condições de torque máximo do motor.

3.3.6.4 Sistema de diferencial

O diferencial é um sistema mecânico composto por engrenagens que tem funções distintas e de extrema importância para a estabilidade e segurança do veículo. Transmitir a potência do motor para as rodas de tração, mesmo em alta velocidade, fazendo girar mais rapidamente a roda externa em uma curva, e compensando as diferentes distâncias do veículo, são as finalidades do sistema de diferencial. Os principais itens de um diferencial são as engrenagens satélites, planetárias e semi-eixos. Os satélites são instalados na cruzeta do diferencial e engrenados nas planetárias, que por sua vez são acopladas nos semi-eixos, transmitindo torque às rodas.

Os componentes do sistema de diferencial do triciclo fazem parte do conjunto eixo traseiro, e é mancalizado no conjunto soldado balança através de dois rolamento montados nas extremidades da carcaça do diferencial. Conforme apresentado na Figura 3.51, a roda dentada movida da redução final, comumente chamada de coroa, é fixada a carcaça do diferencial, que transmite o torque aos semi-eixos através das engrenagens satélites e planetárias.

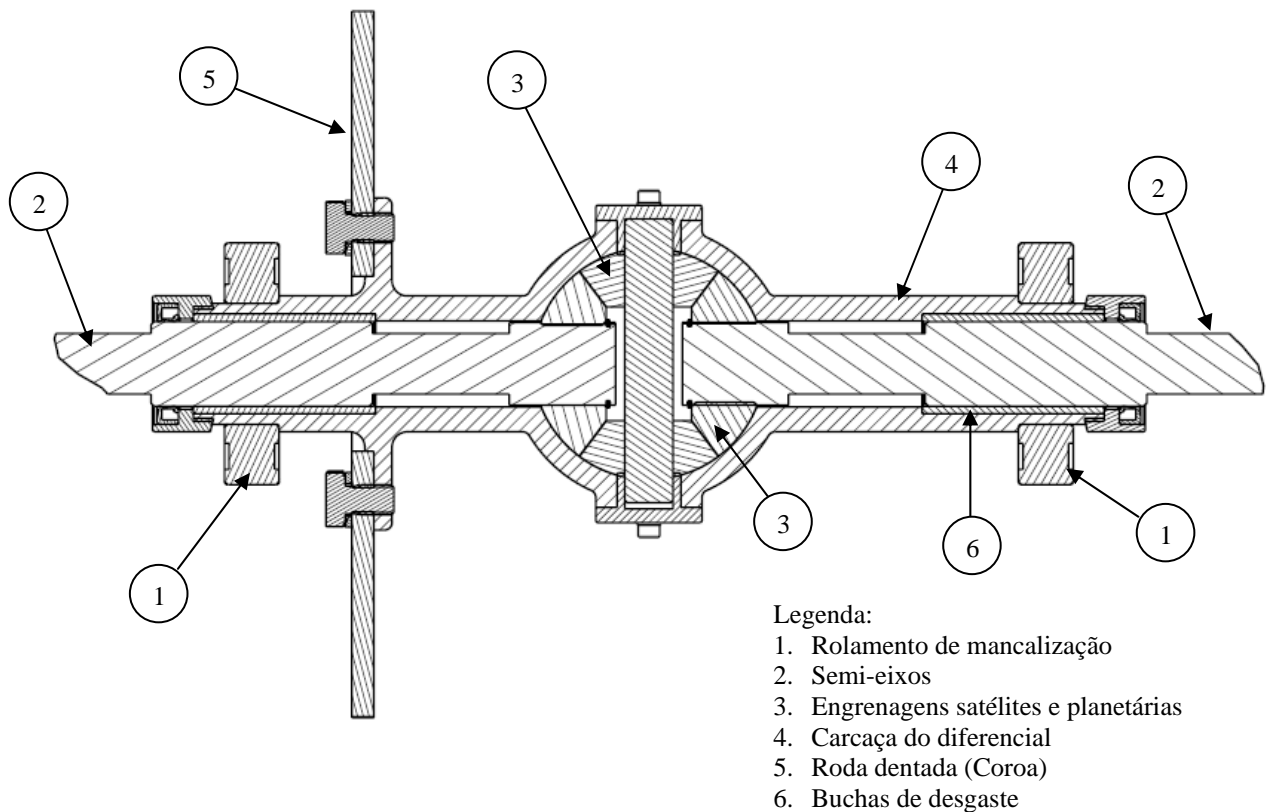


Figura 3.51 Vista em corte do sistema de diferencial.

Utilizando engrenagens satélites e planetárias disponíveis no mercado automotivo de reposição, e que requerem uma superfície esférica côncava para seu correto posicionamento, foi possível criar um conjunto bastante compacto, funcional e de fácil manutenção.

3.3.6.5 Sistema de cubo de roda

O cubo de roda é um sistema que requereu uma atenção especial durante sua concepção, pois sua funcionalidade e confiabilidade são de extrema importância para o correto funcionamento dos sistemas de transmissão, suspensão e freios, os quais são considerados sistemas de segurança de um veículo.

Para um correto entendimento de sua montagem e funcionamento, uma vista em corte do conjunto montado é apresentado na Figura 3.52. A peça principal deste sistema é o cubo de roda, no qual são montados o rolamento de roda, as lonas de freio e a alavanca de acionamento do freio. O semi-eixo é montado no anel interno do rolamento, e suporta as cargas oriundas da roda traseira do triciclo. O semi-eixo também transmite torque a roda através da superfície estriada que possui na interface com o flange de tração. Todo este conjunto é mantido no lugar através da força aplicada pelo parafuso de roda.

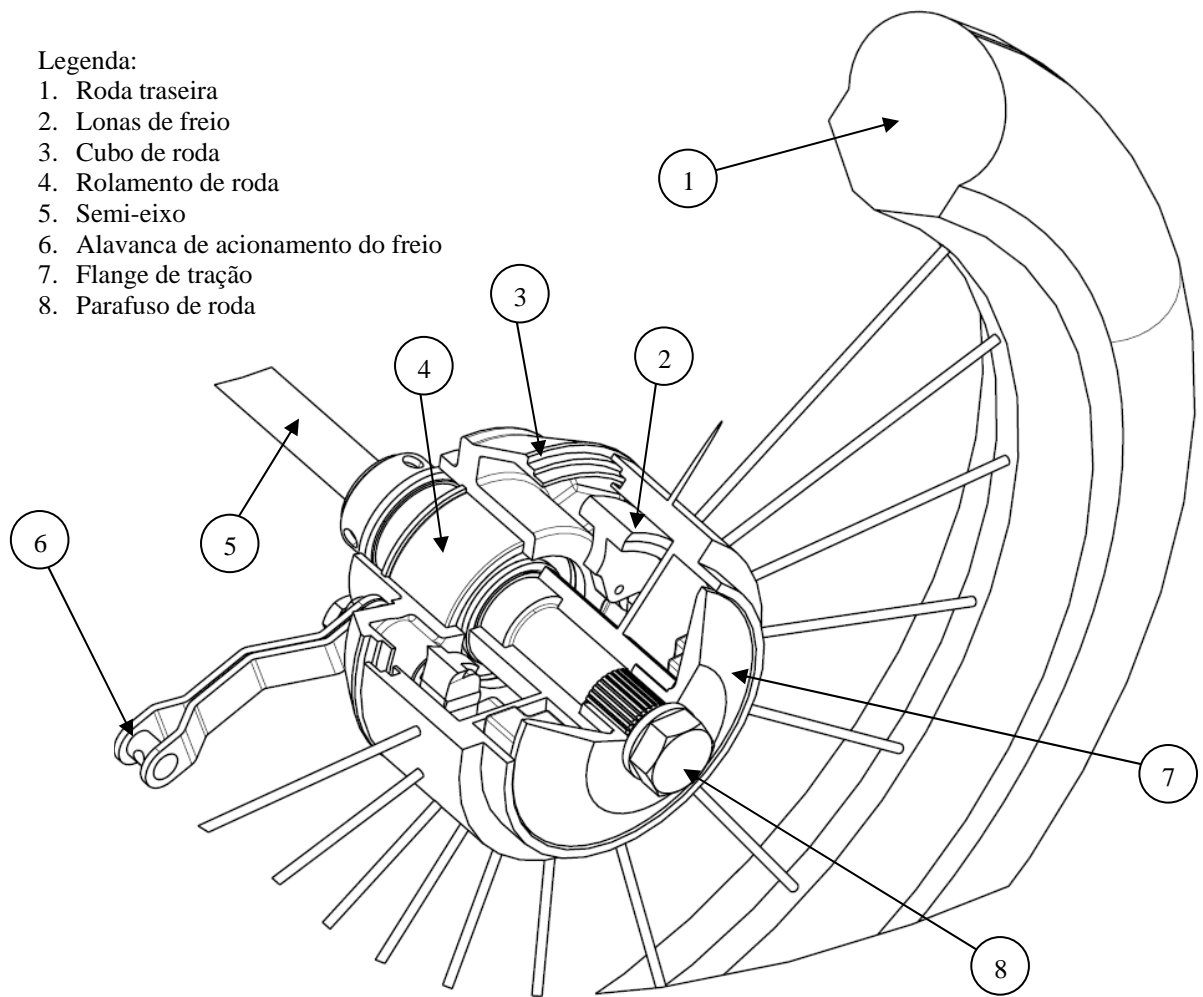


Figura 3.52 Vista em corte da montagem do cubo da roda traseira do triciclo.

3.4 LOTE PILOTO

A quantidade de cinco de triciclos foram montados como lote piloto da nova versão do kit triciclo, utilizando motocicletas modelo Sundown/Max SE, vide Figura 3.53. Estas unidades foram utilizadas para testes de transportes de cargas em um ambiente fabril. Uma das unidades também foi utilizada para os testes de homologação. Três unidades foram montadas nas versões baú, uma na versão caçamba, e a unidade utilizada para homologação foi montada de forma a permitir o intercambiamento entre as versões caçamba e baú.



Figura 3.53 Quatro das cinco unidades montadas como lote piloto.

Deste lote piloto foram detectados diversos detalhes construtivos a serem corrigidos no projeto de engenharia, dentre eles podemos destacar a necessidade de inclusão de um amortecedor de direção e de barras estabilizadoras.

Entende-se que devido a diferença dos valores de carregamento entre o eixo dianteiro e traseiro, o eixo dianteiro se tornou muito “leve”. Esta diferença gerou a trepidação do guidão durante o deslocamento, a qual fora eliminada através da inclusão de um amortecedor de direção disponível no mercado de reposição da linha automotiva, conforme apresentado em Figura 3.54.

Duas barras estabilizadoras interligando o quadro da motocicleta e a balança do triciclo foram incluídas para resolverem problemas de rigidez torcional do chassi, conforme Figura 3.55. Estas barras foram incluídas em ambos os lados e apresentaram excelentes resultados para dirigibilidade do triciclo.



Figura 3.54 Amortecedor de direção para eliminação de trepidação do guidão.



Figura 3.55 Barra estabilizadora para aumentar rigidez do chassi.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

A fim de se identificar as dimensões principais da motocicleta Sundown Max antes e depois da transformação em triciclo, apresentam-se as Figura 4.1 e Figura 4.2 para ilustrar as novas configurações assumidas. Verifica-se um incremento de 640mm para o comprimento total, passando de 2010 mm da motocicleta para 2650 mm do triciclo. Para a largura, verifica-se um incremento de 410 mm, passando de 760 mm para 1170 mm, respectivamente. A altura, por ser medida pela posição dos espelhos retrovisores, manteve-se inalterada.

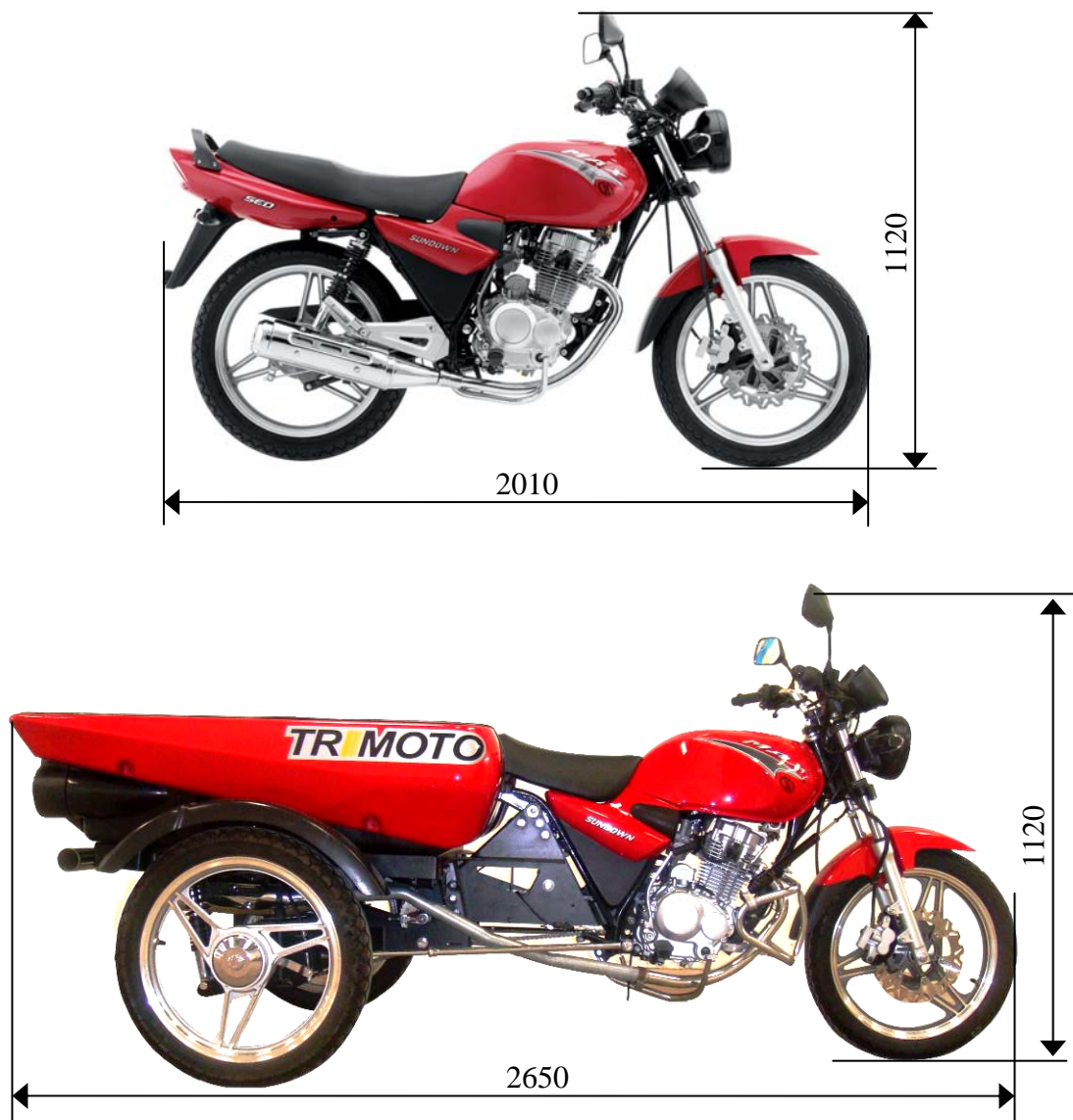


Figura 4.1 Dimensões em mm do comprimento e altura da motocicleta Sundown Max original e com kit triciclo montado. Dimensões em milímetros.

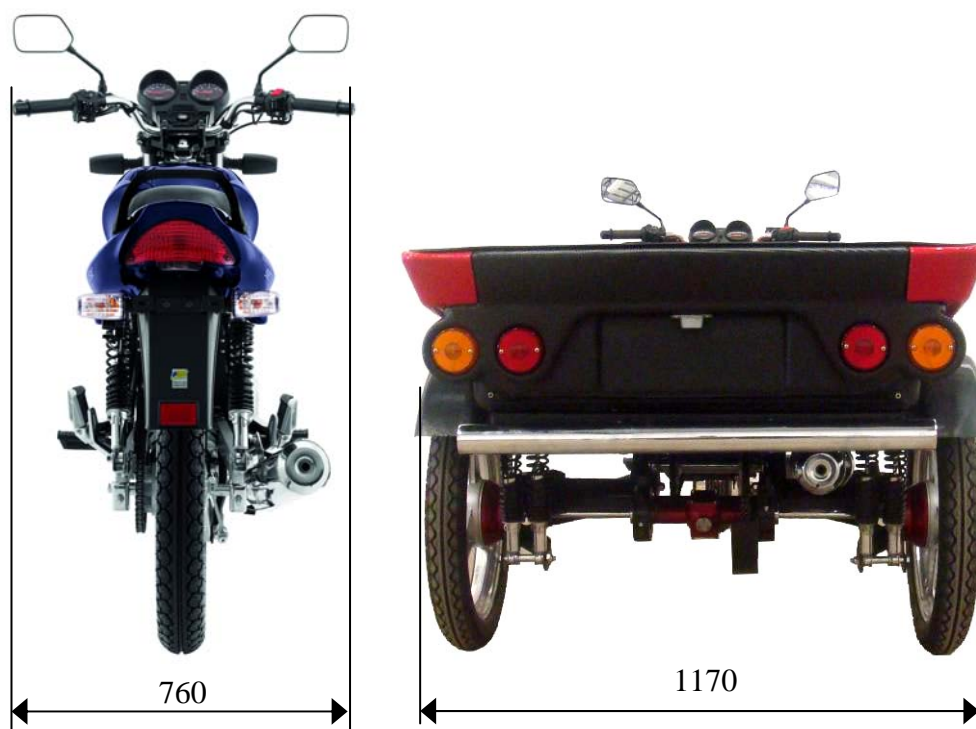


Figura 4.2 Dimensões em mm da largura da motocicleta Sundown Max original e com kit triciclo montado. Dimensões em milímetros.

4.1 TESTE DE CAPACIDADE DE TRAÇÃO

De acordo com a Figura 3.50, pode-se identificar o ponto “A” marcado no gráfico, que indica a resistência ao movimento apresentada pelo triciclo a uma velocidade de 10 km/h num via com 11° de inclinação. Esta resistência seria equivalente a 800 N, ou seja, a transmissão do triciclo deve disponibilizar uma força de tração equivalente a 800 N às rodas para que o veículo possa trafegar nestas condições. Pela Figura 3.47 verifica-se que a marcha mais próxima da rotação do motor com máximo torque, 7000 rpm, a uma velocidade de 10 km/h, seria a primeira marcha. Na Figura 3.48 verifica-se que o triciclo teria disponível uma força de tração superior a 1200 N, ou seja, o triciclo teria condições de trafegar em uma via com 11° de inclinação a 10 km/h.

Com o objetivo de comprovar a capacidade de tração do veículo em terreno inclinado, foi utilizada a mesma metodologia proposta por Silveira (2007) para identificação do ângulo de inclinação da via, conforme apresentado na Figura 4.3. Deslocando o triciclo carregado com 220 kg através de uma via com 11° de inclinação, foram realizados os testes de tração. Mesmo esta inclinação estando acima da inclinação máxima recomendada pelo DNIT para

vias públicas, Silveira (2007) identificou a existência de diversas vias públicas nesta condição. Através destes testes foi possível confirmar a capacidade de tração do triciclo carregado em terreno inclinado, e também confirmar a coerência dos cálculos teóricos realizados para a transmissão do triciclo, pois fora somente possível deslocar o veículo por esta via em primeira marcha, visto que a força de tração disponibilizada em segunda marcha não fora suficiente para dar continuidade ao deslocamento do triciclo nesta via.



Figura 4.3 Teste de tração em via com 11° de inclinação.

Pela Tabela 4.1 podemos verificar os valores máximos de torque, velocidade e força de tração calculados para a motocicleta e triciclo. Através da mesma, pode-se constatar o aumento das grandezas torque e força de tração em detrimento da velocidade.

Tabela 4.1 Comparativo das grandezas torque, velocidade e força de tração para a motocicleta e para o triciclo.

	Motocicleta	Triciclo	Comparativo
Torque máximo [N.m]	250	400	↑
Velocidade máxima [km/h]	95	60	↓
Força máxima de tração [N]	800	1300	↑

4.2 TESTE DE DIRIGIBILIDADE

Os testes de dirigibilidade do triciclo foram realizados através do deslocamento do triciclo contornando uma fileira de cones distantes 3 m entre si, conforme Figura 4.4. Verificou-se que os obstáculos foram facilmente contornados.



Figura 4.4 Teste de dirigibilidade do triciclo.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DA POSIÇÃO DO CG

De acordo com Canale (1989), a posição do centro de massa (CG) de um veículo de quatro rodas pode ser identificado conhecendo as distância entre eixos, distância entre rodas e a distribuição de massa em cada roda. Por analogia, utilizou-se a metodologia de Canale (1989) para a identificação do centro de massa do triciclo.

4.3.1 Posicionamento do CG na direção longitudinal

De acordo com Canale (1989) o posicionamento do CG na direção longitudinal é identificado utilizando as equações (14), (15) e (16).

$$W_r = W - W_f \quad (14)$$

$$L_f = \frac{W_r \cdot L}{W} \quad (15)$$

$$L_r = \frac{W_f \cdot L}{W} \quad (16)$$

Donde as variáveis referentes a massa (W) e as cotas de posicionamento do CG na direção longitudinal (L) podem ser identificadas na Figura 4.5.

Realizando a pesagem e a medição do triciclo foram encontrados os seguintes valores:

- Massa total do triciclo (W) = 206 kg
- Massa na roda dianteira (W_f) = 69 kg
- Massa no eixo traseiro (W_r) = 137 kg
- Distância entre eixos (L) = 1736 mm

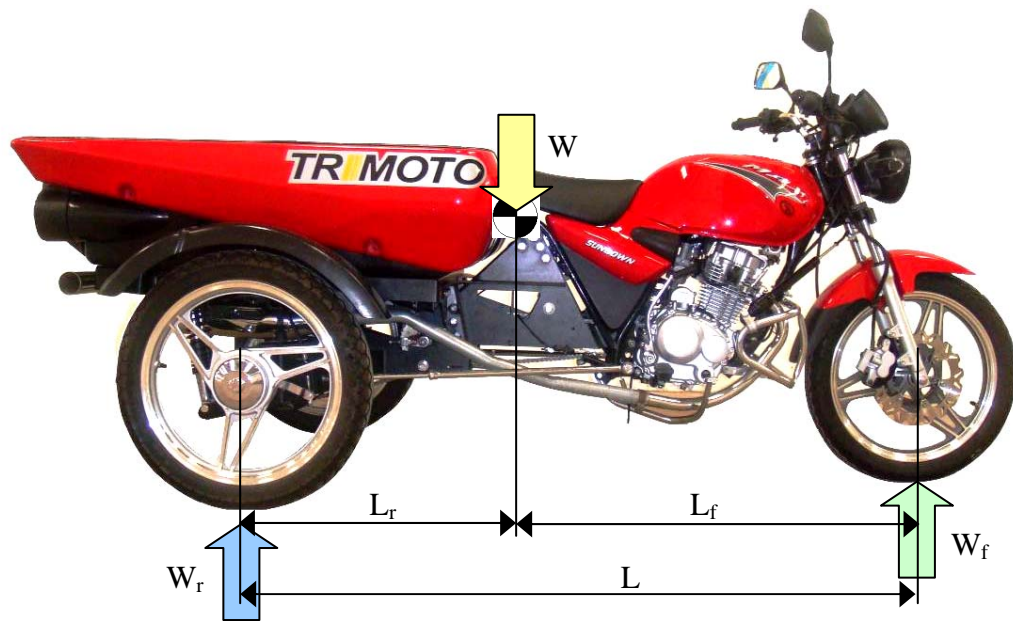


Figura 4.5 Posicionamento do CG na direção longitudinal. Adaptado de Canale (1989).

Calculam-se os seguintes valores para L_r e L_f :

- $L_r = 581$ mm
- $L_f = 1155$ mm

4.3.2 Posicionamento do CG na direção transversal

Realizando uma analogia a proposta de Canale (1989), o posicionamento do CG na direção transversal fora identificado utilizando as equações (17), (18) e (19).

$$S = S_1 + S_2 \quad (17)$$

$$S_1 = \frac{W_2 \cdot S}{W_r} \quad (18)$$

$$S_2 = \frac{W_1 \cdot S}{W_r} \quad (19)$$

Donde as variáveis referentes a massa (W) e as cotas de posicionamento do CG na direção transversal (S) podem ser identificadas na

Figura 4.6.

Realizando a pesagem e a medição do triciclo foram encontrados os seguintes valores:

- Massa total no eixo traseiro (W_r) = 137 kg
- Massa na roda traseira esquerda (W_1) = 65 kg
- Massa na roda traseira direita (W_2) = 72 kg
- Distância entre rodas (S) = 1060 mm

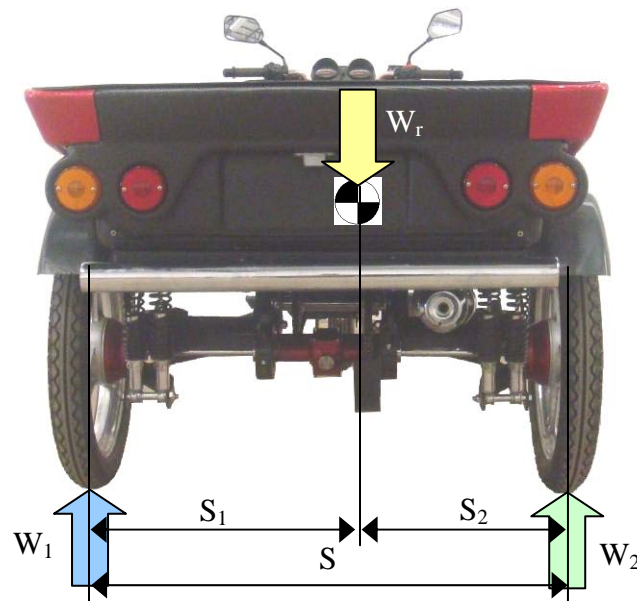


Figura 4.6 Posicionamento CG na direção transversal. Adaptado de Canale (1989).

Calculam-se os seguintes valores de S_1 e S_2 :

- $S_1 = 557$ mm
- $S_2 = 503$ mm

4.3.3 Posicionamento do CG na altura

Realizando uma analogia a proposta de Canale (1989), o posicionamento do CG na direção transversal fora identificado utilizando a equação (20).

$$H = r + \frac{(W - W_r).L.\sqrt{L^2 - N^2}}{W.N} \quad (20)$$

Donde as variáveis referentes a massa (W) e as cotas de posicionamento do CG podem ser identificadas na Figura 4.7.

Realizando a pesagem e a medição do triciclo foram encontrados os seguintes valores:

- a) Massa total do triciclo (W) = 206 kg
- b) Massa no eixo traseiro (W_r) = 137 kg
- c) Distância entre eixos (L) = 1736 mm
- d) Distância entre eixos com triciclo inclinado (N) = 1380 mm
- e) Raio da roda (r) = 300 mm

Calcula-se o seguintes valor de H :

- a) $H = 744$ mm

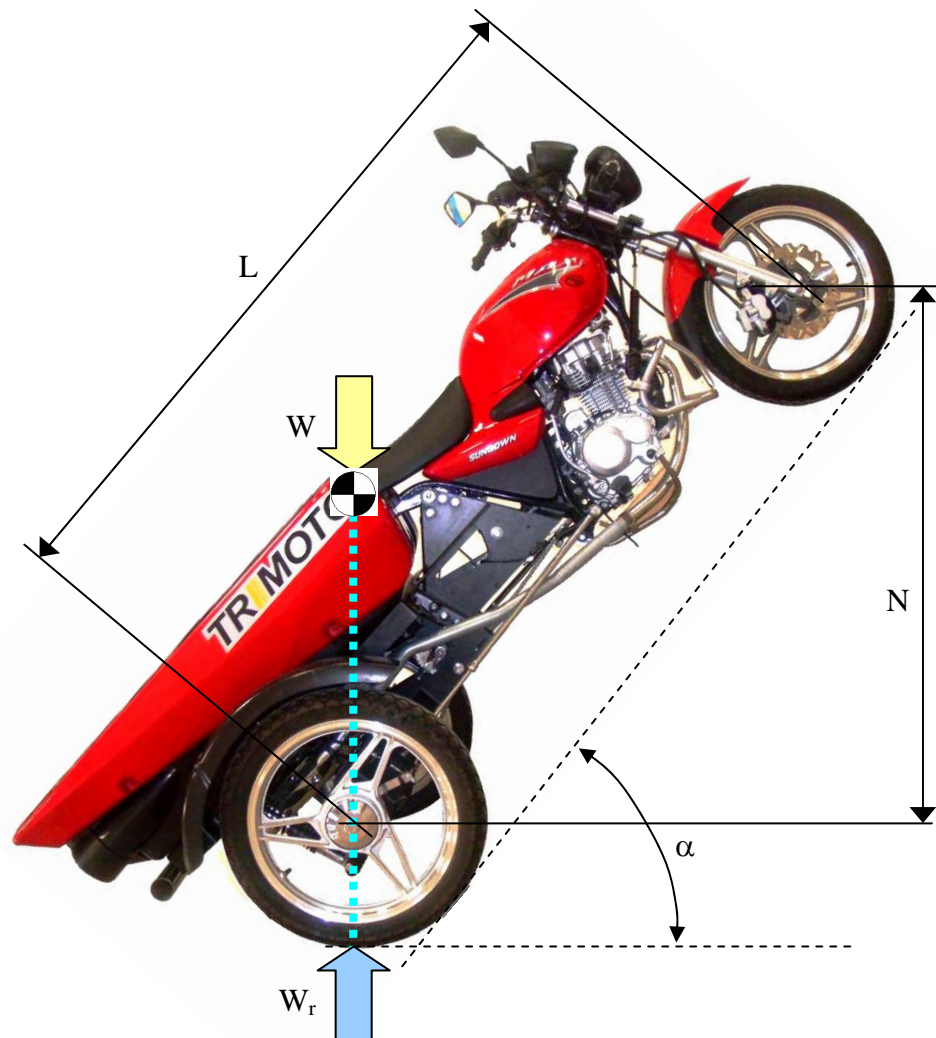


Figura 4.7 Posicionamento CG na direção altura. Adaptado de Canale (1989).

4.4 CÁLCULO DA ESTABILIDADE DO VEÍCULO AO CAPOTAMENTO

De acordo com o procedimento proposto por Riley & Foale (2006), verifica-se que a resistência ao capotamento de um triciclo pode ser igualada a de um veículo de quatro rodas, se o centro de massa do veículo é suficientemente baixo e próximo à extremidade do veículo que possui duas rodas laterais.

A margem de segurança de um veículo contra o capotamento é determinada pela relação “ t/H ”, onde “ t ” é a meia-distância entre rodas do veículo e “ H ” a altura do seu centro de massa. Diferentemente de um veículo de quatro rodas, a meia-distância entre rodas para um triciclo é obtida pela distância do centro de massa (CG) em relação ao lado do triângulo formado por suas três rodas, assim como ilustrado na Figura 4.8, por isto esta dimensão é chamada de “meia-distância efetiva entre rodas”.

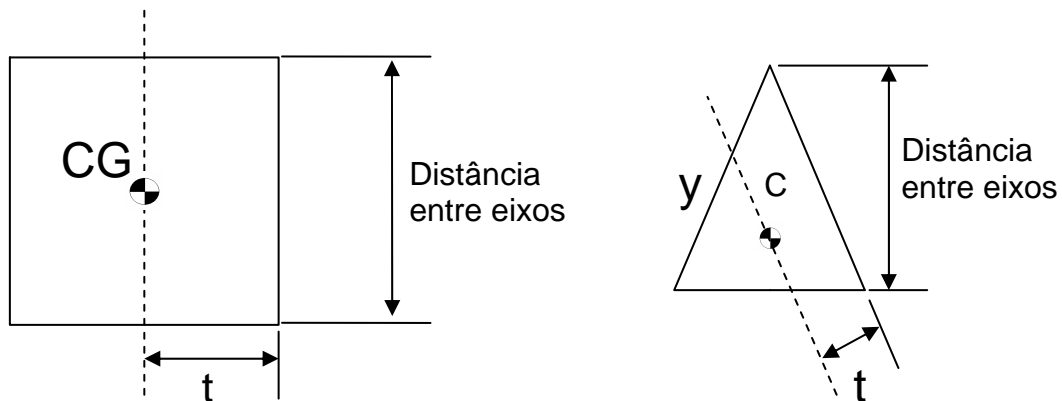


Figura 4.8 Meia-distância entre rodas (t) de um veículo de quadro rodas e de um triciclo. Adaptado de Riley & Foale (2006).

A meia-distância efetiva entre rodas pode ser incrementada aproximando o centro de massa à extremidade do veículo com duas rodas, aumentando a distância entre as duas rodas laterais e, mais gradualmente, aumentando a distância entre eixos.

Uma maneira simplificada de calcular a margem de segurança ao capotamento de um triciclo é ilustrada pela Figura 4.9. As cargas de acelerações laterais máximas são determinadas pelo coeficiente de atrito dos pneus, projetando e rotacionando a força lateral resultante máxima que atua sobre o veículo durante uma conversão na superfície de base em que o triciclo está apoiado, forma-se a base do cone.

Considerando o exemplo apresentado na Figura 4.9, onde a situação de uma carga equivalente a uma unidade de aceleração da gravidade, resultaria na projeção de 45° em relação à base de apoio. Se a base do cone cair fora da meia-distância efetiva entre rodas, o

veículo capotaria antes de derrapar lateralmente, do contrário, o veículo derraparia antes do capotamento.

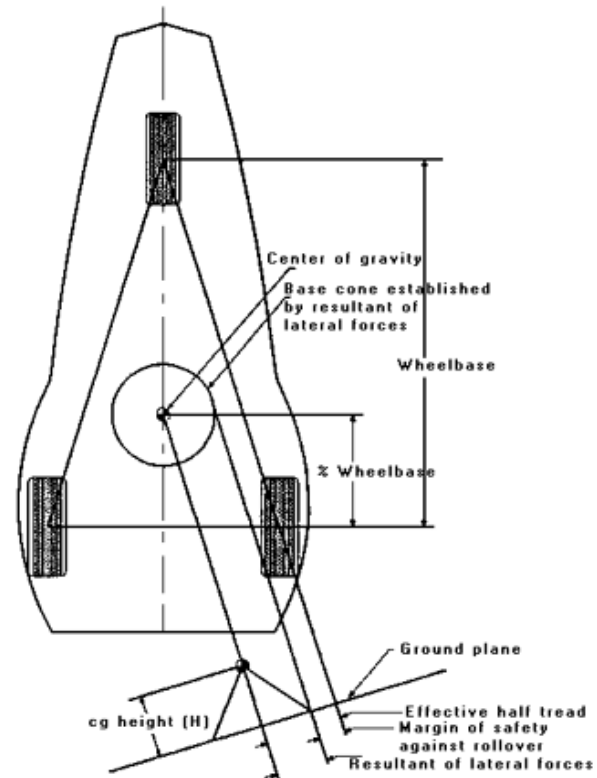


Figura 4.9 Procedimento para cálculo da margem de segurança contra capotamento proposto por Riley & Foale (2006).

Seguindo o procedimento proposto por Riley & Foale (2006), o cálculo da estabilidade do triciclo ao capotamento foi realizado utilizando a posição do centro de gravidade encontrado no capítulo anterior.

Montando o triângulo com a posição das rodas do triciclo, localizando o centro de gravidade de acordo com o posicionamento nas direções longitudinal e transversal, e projetando o cone de altura equivalente a altura do centro de gravidade, obtém-se a figura apresentada na Figura 4.10. De forma a obter-se o limite de estabilidade do veículo ao capotamento, considerou-se o maior diâmetro possível para a base do cone em que o mesmo permanecesse dentro do triângulo formado pela posição das rodas do triciclo, visto que esta seria a condição limítrofe para estabilidade do triciclo, segundo Riley & Foale (2006).

Como um cone de 45° seria equivalente a acelerações de uma unidade de aceleração da gravidade (g), proporcionalmente encontra-se que o limite de estabilidade do triciclo ocorre a $4,6 \text{ m/s}^2$, ou $0,47g$.

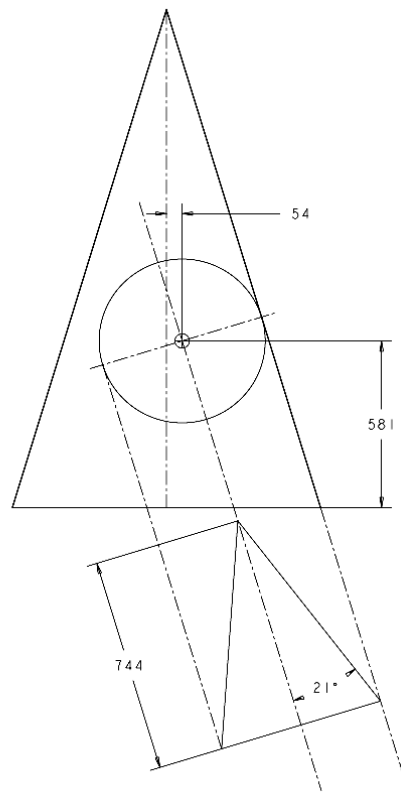


Figura 4.10 Modelo de Riley & Foale (2006) para cálculo da estabilidade do triciclo ao capotamento, dimensões em milímetros.

De acordo com as equações de movimento circular, verifica-se que a aceleração centrípeta (a_c) é calculada pela equação (21), onde V é a velocidade do corpo e R o raio de curvatura da trajetória circular. Considerando o valor de a_c igual a aceleração limite de estabilidade do triciclo, obtém os valores máximos de velocidade para cada raio de curvatura, obtendo-se a curva apresentada na Figura 4.11. Neste mesmo gráfico, inclui-se a velocidade máxima considerada para o projeto de curvaturas de rodovias, que, segundo Albano (2008), são calculadas pela equação (22), onde e é a superelevação adotada em m/m e f o coeficiente de atrito transversal entre o pneu e o revestimento do pavimento. Considerou-se para os cálculos uma superelevação nula e 0,4 como coeficiente de atrito.

$$a_c = (0,28.V)^2 / R \quad (21)$$

$$R = V^2 / 127(e + f) \quad (22)$$

Onde:

- a) a_c = aceleração centrípeta [m/s^2];
- b) V = velocidade do corpo [km/h];
- c) R = raio de curvatura da trajetória circular [m];

- d) e = superelevação adotada [m/m];
 e) f = coeficiente de atrito transversal.

Pode-se notar pelo gráfico que as velocidades limites para o triciclo percorrendo curvas de diferentes raios são sempre maiores que a velocidade limite considerada para o projeto de rodovias. Isto indica que o triciclo percorreria curvas em rodovias sem apresentar risco de capotamento.

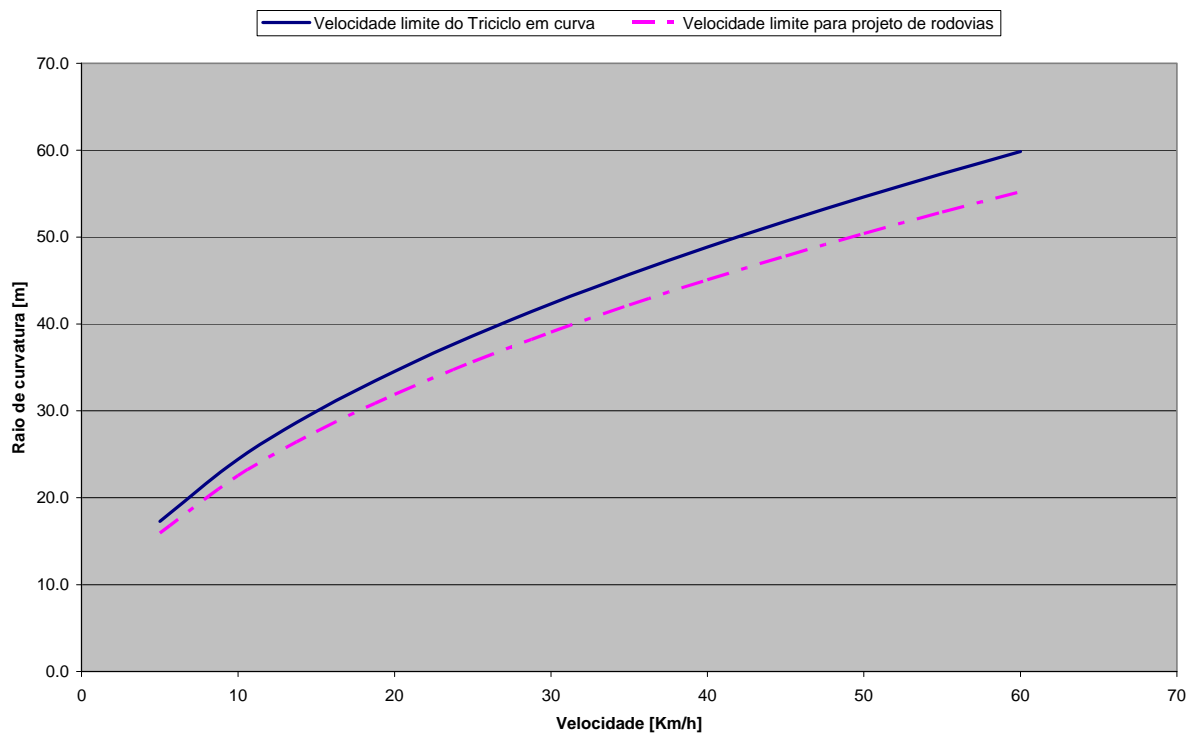


Figura 4.11 Gráficos de estabilidade do veículo em relação a velocidade e raio de curvatura.

4.5 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO AO MERCADO

O triciclo denominado comercialmente como “Trimoto” foi apresentado ao público durante a Exposição Internacional de Animais 2008 (Expoiner 2008), no início do mês de setembro. Conforme Figura 4.12, montou-se um estande para apresentação de cinco unidades produzidas especialmente para o evento.

Deste evento pôde-se constatar um grande interesse do público que visitara o estande no uso do triciclo. Aplicações bem diferenciadas e específicas ao uso de cada interessado pode ser identificada, confirmando os resultados levantados durante a pesquisa de mercado.



Figura 4.12 Apresentação do produto ao público na Expointer 2008.

4.6 MÓDULO CONFIGURADOR

Aproveitando a facilidade gerada pelo uso do processo de TDD para o projeto do produto, um simples módulo configurador, desenvolvido em linguagem Visual Basic, foi desenvolvido para ajudar a configuração do produto pela área comercial. Este configurador foi desenvolvido de forma a incluir todas as restrições existentes entre os opcionais e variáveis do triciclo. Como resultado da configuração do produto na tela do módulo, conforme apresentado na Figura 4.13, é o código do modelo escolhido durante a configuração. Deste código origina-se todo o processo de ordem de fabricação e compra de componentes para as áreas de compras e produção, pois do mesmo é gerada uma lista de peças e programa de horas requeridas para permitir a fabricação do produto.

Com as informações da lista de peças e a demanda de horas obtidas pelo código do modelo, e tendo seus respectivos custos previamente cadastrados, o custo do modelo configurado é facilmente calculado, por isto o módulo configurador também apresenta esta informação na tela.

The image shows a software configuration interface for a tricycle. It is titled 'MÓDULO CONFIGURADOR TRIMOTO'. The interface is organized into two main columns. The left column contains three dropdown menus for configuration options: 'Modelo da Moto' (with 'Sundown Max SE' selected), 'Versão da Carroceria' (with 'Bambona D'água' selected), and 'Tipo de Suspensão' (with 'Dupla' selected). The right column contains two text boxes: 'Código do Modelo' (with '101A1E2C2D1') and 'Custo do Modelo' (with 'R\$ 6750,00').

Figura 4.13 Módulo configurador do triciclo.

4.7 ESTUDO DE CUSTO OPERACIONAL

Como o apelo pretendido com o produto é primordialmente a redução de custo operacional no transporte de cargas urbanas, um estudo comparativo de viabilidade econômica do produto deve ser apresentado.

Pelo fato da capacidade de carga do triciclo ser equivalente a de um veículo pequeno com motorização de 1000 cilindradas, foram considerados modelos disponíveis no mercado com estas características para o estudo comparativo de custo operacional.

Conforme apresentados em Lima (2005), um modelo de custo de transporte é composto por vários custos que vão desde custos operacionais, como, por exemplo, a aquisição de combustível, até os custos administrativos. Estes custos são divididos em custos variáveis (do ponto de vista de transporte, são proporcionais à distância percorrida) e fixos (independentes ao deslocamento).

4.7.1 Custos Variáveis

A seguir estão listados os custos considerados como variáveis, seguidos das descrições e fórmulas acompanhadas das descrições dos parâmetros com as respectivas unidades.

- a) Combustível: depende do preço do combustível e do rendimento do veículo, vide (23). Onde P_{comb} é o preço do combustível por litro (R\$/L) e $rend$ é o rendimento do veículo (km/L);

$$C_{COMB} = \frac{P_{comb}}{rend} \quad (23)$$

- b) Pneus: depende do preço de aquisição de pneus novos, da recapagem e da sua vida útil, vide (24). onde N_P é número de pneus (pneu), P_{unit} é custo unitário do pneu novo (R\$/pneu), N_R é o número de pneus recapados (pneu), P_{recap} é o preço da recapagem (R\$/pneu) e V_{util} é a vida útil do pneu (km);

$$C_{PNEU} = \frac{N_P(P_{unit} + N_R P_{recap})}{V_{util}} \quad (24)$$

- c) Óleos (carter, câmbio, diferencial entre outros): depende do preço do óleo, da capacidade do tanque e do intervalo de trocas, vide (25). Onde P_{ol} é o preço do óleo (R\$/L), C_{tanque} é a capacidade do tanque do veículo (L), ΔS_{troca} é o intervalo de troca de óleo (km);

$$C_{OLEO} = \frac{P_{ol} C_{tanque}}{\Delta S_{troca}} \quad (25)$$

- d) Manutenção e peças: é dado pelo preço da manutenção e pelo intervalo em que ela é feita, vide (26). Onde P_{manut} é o preço da manutenção que engloba o valor do serviço e da substituição de peças (R\$), e ΔS_{manut} é o intervalo em que as manutenções são feitas (km);

$$C_{MANUT} = \frac{P_{manut}}{\Delta S_{manut}} \quad (26)$$

- e) Lavagem e lubrificação: dependem do preço destas e do intervalo em que são realizadas, vide (27). Onde P_{LL} é o preço da lavagem e da lubrificação (R\$) e ΔS_{LL} é o intervalo em que elas são feitas (km).

$$C_{LL} = \frac{P_{LL}}{\Delta S_{LL}} \quad (27)$$

4.7.2 Custos Fixos

A seguir listam-se os custos considerados como fixos seguidos das descrições e fórmulas acompanhadas das descrições dos parâmetros, com as respectivas unidades entre parênteses. Todos estes custos apresentam a unidade R\$/mês.

- a) Remuneração do capital: é o custo de oportunidade da empresa, ou seja, é o dinheiro que está deixando de ganhar com um projeto ou investimento no mercado financeiro mediante a imobilização de capital na compra de um ativo. Segundo Ehrlich & Moraes (2005), deve-se trazer a valor presente o valor residual do veículo, caso ele exista, no ano em que ele seria vendido utilizando a taxa de oportunidade da empresa e subtrair do custo de aquisição do veículo. Em seguida, deve-se calcular o custo mensal em equivalente uniforme utilizando o período de tempo como sendo a vida útil do veículo. Onde P_{aq} é o valor de aquisição do veículo (R\$), P_r é o valor residual do veículo (R\$), n é o tempo de vida útil determinado pela empresa (mês) e i é a taxa de oportunidade mensal da empresa (% a.m.). Vide (28).

$$C_{RC} = \left(P_{aq} - \frac{P_r}{(1+i)^n} \right) * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (28)$$

- b) Impostos e taxas: o IPVA (imposto sobre a propriedade de veículos automotores), o seguro obrigatório (DPVAT - seguros de danos pessoais causados por veículos automotores) e a taxa de licenciamento do veículo são taxas estaduais anuais, vide (29). Onde $P_{(IPVA+SO+TL)anual}$ é o valor anual pago de IPVA, seguro obrigatório e taxa de licenciamento dos veículos (R\$/ano).

$$C_{(IPVA+SO+TL)} = \frac{P_{(IPVA+SO+TL)anual}}{12} \quad (29)$$

- c) Custo de pessoal: engloba salários, encargos, benefícios e horas-extras. Onde $C_{sal/h}$ é o quanto o motorista recebe por hora (R\$/h), $N_{h/t}$ é o número de horas que compõem um turno (h/turno), $N_{t/mes}$ é número de turnos contidos em um mês (turno/mês), C_{enc} é a soma dos encargos referentes ao salário do motorista (%) e C_{benef} são os benefícios que ele recebe (plano de saúde, vale-refeição entre outros) (R\$/mês). Vide (30).

$$C_{PES} = (C_{sal/h} * N_{h/t} * N_{t/mes}) * (1 + C_{enc}) + C_{benef} \quad (30)$$

- d) Custos administrativos: são os custos indiretos em relação aos veículos, vide (31). Onde $C_{ADMManual}$ é a somatória de todos os custo administrativos anuais decorrentes da gestão de cada veículo (R\$/ano). Esta é dividida por 12 para converter em custo mensal.

$$C_{ADM} = \frac{C_{ADMManual}}{12} \quad (31)$$

- e) Seguro dos veículos: inclui seguro contra colisão, incêndio e roubo do veículo. Este valor é mensal e depende do tipo de veículo e da seguradora.
- f) Outros custos e taxas: aqueles que não se enquadram nos itens citados anteriormente, vide (32). Onde $C_{OUTROSannual}$ é a somatória de todos outros custos e taxas que venham a incorrer sobre a frota própria que não estejam englobados em nenhum dos itens acima (R\$/ano).

$$C_{OUTROS} = \frac{C_{OUTROSannual}}{12} \quad (32)$$

4.7.3 Resumo dos Custos Operacionais

Para cálculo dos custos operacionais do veículo, foram utilizados os dados apresentados na Tabela 4.2 para as variáveis referentes ao custo variável, e os dados da Tabela 4.3 para as variáveis referentes ao custo fixo. O levantamento dos mesmos foram realizados através de uma pesquisa de preços no mercado, onde os valores médios obtidos nesta pesquisa foram considerados.

Tabela 4.2 Dados utilizados para cálculo do custo variável.

Variável	Automóvel	Triciclo
P_{comb}	R\$ 2,70	R\$ 2,70
$rend$	12 km/l	30 km/l
N_P	4	3
P_{unit}	R\$ 140,00	R\$ 100,00
N_R / P_{recap}	0	0
V_{util}	25000 km	10000 km
P_{ol}	R\$ 20,00	R\$ 20,00
C_{tanque}	3 l	1 l
ΔS_{troca}	5000 km	1000 km
$P_{manut} (5\% P_{aq})$	R\$ 720,00	R\$ 330,00

ΔS_{manut}	15000 km	5000 km
P_{LL}	R\$ 15,00	R\$ 12,00
ΔS_{LL}	600 km	600 km

Tabela 4.3 Dados utilizados para cálculo do custo fixo.

Variável	Automóvel	Triciclo
P_{aq}	R\$ 24000,00	R\$ 11000,00
P_r	R\$ 21840,00	R\$ 9900,00
n	12 meses	12 meses
i	0,5%	0,5%
$P_{(IPVA+SO+TL)anual}$	R\$ 840,00	R\$ 484,00
$C_{PES} / C_{ADM} / C_{OUTROS}$	0	0

Utilizando estes dados e as equações apresentadas nos capítulos 4.7.1 e 4.7.2, calcularam-se os custos variáveis por quilômetro percorrido, e os custos fixos mensais. Os resultados são apresentados nas Tabela 4.4 e Tabela 4.5.

Tabela 4.4 Cálculo do custo variável.

Variável	Automóvel	Triciclo
C_{COMB}	0,23	0,09
C_{PNEU}	0,02	0,03
$C_{ÓLEO}$	0,01	0,02
C_{MANUT}	0,05	0,07
C_{LL}	0,03	0,02
Σ custos variáveis	0,33 R\$/km	0,22 R\$/km

Tabela 4.5 Cálculo do custo fixo

Variável	Automóvel	Triciclo
C_{RC}	295,10	144,17
$C_{(IPVA+SO+TL)}$	70,00	40,33
Σ custos fixos	365,10 R\$/mês	184,50 R\$/mês

Considerando que o veículo percorra diariamente, em média, a distância de 150km, por 24 dias ao mês, o veículo percorreria mensalmente a distância de 3600 km. Multiplicando-se os valores dos custos operacionais variáveis do automóvel e do triciclo pela distância que percorriam mensalmente, obtém-se os custos médios operacionais mensais para cada veículo:

a) Custo operacional médio mensal do automóvel:

- i. Custo variável: R\$ 1188,00
- ii. Custo fixo: R\$ 365,10
- iii. Custo total: R\$ 1553,10

b) Custo operacional médio mensal do triciclo:

- i. Custo variável: R\$ 792,00
- ii. Custo fixo: R\$ 184,50
- iii. Custo total: R\$ 976,50

Nota-se que para estas condições de uso dos veículos o triciclo apresentaria um custo operacional 37% menor que o custo operacional do automóvel, ou uma economia mensal de R\$ 576,60.

5 CONCLUSÃO

Ao que fora definido inicialmente como escopo deste projeto, entende-se que os objetivos foram cobertos pelo que foi desenvolvido durante a elaboração do mesmo.

Considera-se que a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto se adequou ao produto, pois de forma sistemática abrangeu todas as etapas do desenvolvimento.

O desempenho dos sistemas mecânicos e de segurança veicular do veículo triciclo desenvolvido são adequados às legislações vigentes e às normas nacionais e internacionais existentes, pois assim como o CAT nº 0444/08 apresentado no Anexo B, o veículo está legalmente homologado para produção seriada.

As características de capacidade de tração, freios e suspensão do triciclo são adequadas às condições de uso e capacidade de carga, mesmo em condições extremas. Os testes de pista indicam o triciclo como um veículo estável e com dirigibilidade adequada.

O veículo triciclo obtido como resultado deste desenvolvimento se adequa como uma solução segura e financeiramente efetiva para o transporte urbano de cargas e passageiros. Também pode ser considerado como uma opção de solução para problemas sociais e de segurança no trânsito, que vem sendo largamente discutida por organizações socialmente ativas e pelos governos federais, estaduais e municipais.

Do ponto de vista mercadológico, o produto se encaixa a uma porção do mercado que atualmente é parcialmente coberta por motocicletas, automóveis de pequeno porte ou veículos que possuem baixa credibilidade do público. Entende-se que o potencial mercadológico existente se deve primordialmente ao direcionamento do produto conduzido a adaptabilidade do veículo às demandas de mercado, mas também pela reutilização de peças disponíveis no mercado, o que permite a utilização da infra-estrutura já existente do mercado automotivo de peças de reposição.

A estimativa do custo operacional para utilização do triciclo como um veículo comercial apresenta grande potencial de economia, quando comparado ao custo operacional de um automóvel pequeno com motorização de 1000cc, o que torna uma opção econômica para transporte de pequenas e médias cargas.

A continuidade da manutenção e adequação às novas normativas e ou legislações que serão liberadas durante a vida do produto, ou também a novas oportunidades de mercado que possam vir a serem identificadas, exige que o projeto de produto continue sendo atualizado e ou alterado conforme a necessidade.

Uma abordagem mais ampla no que tange a outras tecnologias específicas a cada sistema que fazem parte do triciclo também podem ser realizadas como continuidade deste projeto. Utilizando como exemplo o processo de fabricação dos componentes do conjunto básico, de acordo com o crescimento do volume de produção, propõe-se realizar um estudo de viabilidade para obtenção das peças por processo que possibilitem menos manuseio e menores tempo e custo de fabricação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAO, Y.; **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design**. Cambridge, USA. 1990. Productivity Press. 368 p.

ALBANO, J. F., **Notas de aula sobre Projeto Geométrico de Rodovias – Cap. 10 Concordância Horizontal: recomendações para projeto**. Engenharia de Produção e Transportes. DEPROT / UFRGS. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/410_10curva_circular.pdf> Acesso em 01/10/2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-14180: Inspeção de segurança veicular – Motocicletas e assemelhados**. Rio de Janeiro, 1998.

BAER, T.; KIEFER, J.; SCHMIDGALL, G.; BURR, H.; **Objectives of a Seamless Digital Process Chain in the Automotive Industry, Proceedings of the CARV 05**. Munich, Germany. 2005.

BATISTA V. J. **Pensando na Engenharia do Projeto do Produto**. Capítulo X - Metodologia Geral de Projeto. MEC083 – PROJETO CONCEITUAL - PROMEC/EE/UFRGS.

BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva / Robert Bosch**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 1232p. ISBN: 85-212-0378-0.

CAD USER MECHANICAL MAGAZINE Vol 18 No 08 - August/September 2005. Artigo disponível em: <http://www.caduser.com/reviews/reviews.asp?a_id=247>. Acesso em: 14 set 2006.

CANALE A. C. **Automobilística: dinâmica e desempenho**. São Paulo. Editora Érica, 126p, 1989.

COCCO G. **Motorcycle Design and Technology**. St. Paul, USA: Motorbooks International, 2004. 160 p. ISBN 0-7603-1990-1.

EHRlich, P. J.; MORAES, E. A. **Engenharia Econômica**. 6ª ed. Atlas, São Paulo, 2005.

FANTINI, JR, W. **Moto-táxi e Moto-frete**. Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural – EMDURB. 60º Reunião do Fórum Nacional de Secretários e Dirigentes de Transporte Urbano e Trânsito. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.emdec.com.br/downloads/eventos/60_forum/mototaxi_forum_nacional.ppt>

FONSECA R. R. N. **Sobre duas rodas: o mototaxi como uma invenção de mercado**. Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE/IBGE. Rio de Janeiro, 2005. 113p.

Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais). Disponível em: <http://www.ence.ibge.gov.br/pos_graduacao/mestrado/dissertacoes/pdf/2005/natasha_reis_d_a_fonseca_TC.pdf>

GILLESPIE, T. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**, Society of Automotive Engineers, Inc., USA, 1992.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 2000.

LIMA, M. P. **O Custeio do Transporte Rodoviário**. Coppead, Centro de Estudo em Logística, 2005. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fr-custeio.htm>. Acessado em: 15/07/2005.

MILLIKEN, W., MILLIKEN, D. **Race Car Vehicle Dynamics**, Society of Automotive Engineers, Inc., USA, 1998.

ZELLNER J.; **Summary of National and International Motorcycle Safety Regulations and Standards**. In: **National Transportation Safety Board Public Forum On Motorcycle Safety**, 12, 2006. Disponível em: <[http://www.nts.gov/events/symp_motorcycle_safety/Vehicle%20Design%20Panel/John%20Zellner%20-%20Dynamic%20Research%20Inc/MC%20Safety%20Related%20Regs%20\(Submitted%20by%20John%20Zellner\).pdf](http://www.nts.gov/events/symp_motorcycle_safety/Vehicle%20Design%20Panel/John%20Zellner%20-%20Dynamic%20Research%20Inc/MC%20Safety%20Related%20Regs%20(Submitted%20by%20John%20Zellner).pdf)>. Acesso em: 24 julho 2008.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H. **Projeto na Engenharia - Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos. Métodos e Aplicações**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2005. Tradução da 6ª edição alemã.

PEZZI, E. L.; COSTA, A. R.; **Uso do QFD no Desenvolvimento do Projeto de Veículo Triciclo - Dados Preliminares**. Trabalho de conclusão da disciplina Pesquisa de Mercado e QFD. Engenharia de Produção - UFRGS, Porto Alegre, 2007.

REIS, A. V.; MENEGATTI, F. A.; FORCELLINI, F. A. O uso do ciclo de vida do produto no projeto de questionários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 4., 2003. Gramado, RS. **Anais do ...** Gramado, 2003.

REMMERS, V.; Top-Down Design Tools - Managing Complex Assemblies. Workshops PTC/USER Benelux Event 2006. Disponível em: <http://www.ptcuser.nl/conf_06/presentations/T%20&%20T%20Top-Down%20Design.ppt>.

RIBEIRO, J. L.; DANIELEVICZ, A. F.; ECHEVESTE, M. E.; **QFD Desdobramento da Função Qualidade**. UFRGS, Porto Alegre, 2007.

RILEY, R. Q. & FOALE, T., 1999 – 2007. Three Wheel Cars Primary Factors that Determine Handling & Rollover Characteristics. www.rqriley.com/3-wheel.htm, viewed on May 20th, 2006, at 14:30 UT.

SILVEIRA, F. L.; 2007. Inclinações das ruas e das estradas. Instituto de Física da UFRGS. Publicado na revista Física na Escola, São Paulo. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a04.pdf>>.

APÊNDICE:

APÊNDICE A – Resolução das equações de equilíbrio para a balança traseira da motocicleta.

APÊNDICE B – Resolução das equações de equilíbrio para a balança traseira do triciclo.

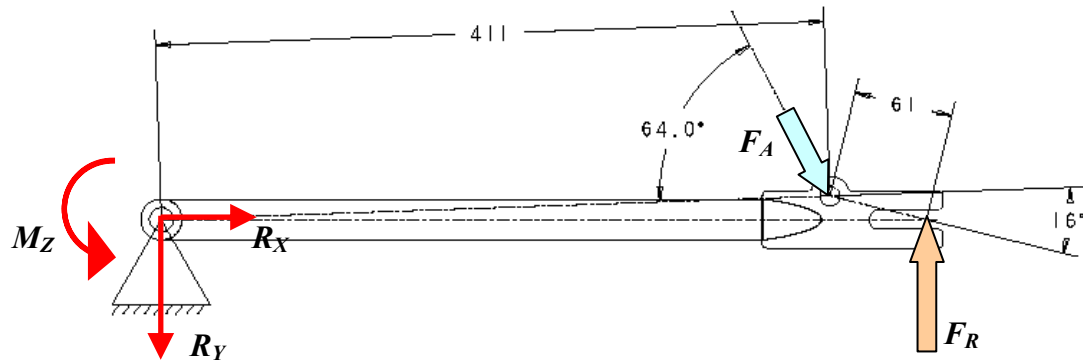
APÊNDICE C – Resoluções do Contran referentes ao veículo.

APÊNDICE D – Processo de homologação para emissão do CAT

APÊNDICE E – Regulamentos Técnicos Metrológicos e de Avaliação da Conformidade

APÊNDICE F – Figuras das versões do triciclo para transporte de cargas.

APÊNDICE A – Resolução das equações de equilíbrio para a balança traseira da motocicleta.



Decomposição das forças F_A e F_R :

$$F_{A_x} = F_A \cdot \cos(64^\circ) = 0,44 \cdot F_A \quad (1)$$

$$F_{A_y} = F_A \cdot \sin(64^\circ) = 0,9 \cdot F_A \quad (2)$$

$$F_{R_y} = F_R \cdot \cos(4^\circ) = 0,99 \cdot F_R \quad (3)$$

$$F_{R_x} = F_R \cdot \sin(4^\circ) = 0,07 \cdot F_R \quad (4)$$

$$M_Z = 0 \quad (5)$$

Aplicação das equações de equilíbrio estático:

Para $\sum F_Y = 0$

$$R_Y - F_{A_y} + F_{R_y} = 0$$

$$R_Y = F_{A_y} - F_{R_y}$$

Para $\sum F_X = 0$

$$R_X - F_{R_x} + F_{A_x} = 0$$

$$R_X = F_{R_x} - F_{A_x}$$

Para $\sum M_Z = 0$

$$M_Z + 0,47.F_{Ry} - 0,41.F_{Ay} = 0$$

Solução das equações de equilíbrio estático:

Para (2), (3) e (5) em (8):

$$\boxed{F_A = 1,27.F_R} \Rightarrow \text{Força aplicada no amortecedor em relação a força aplicada pela roda.}$$

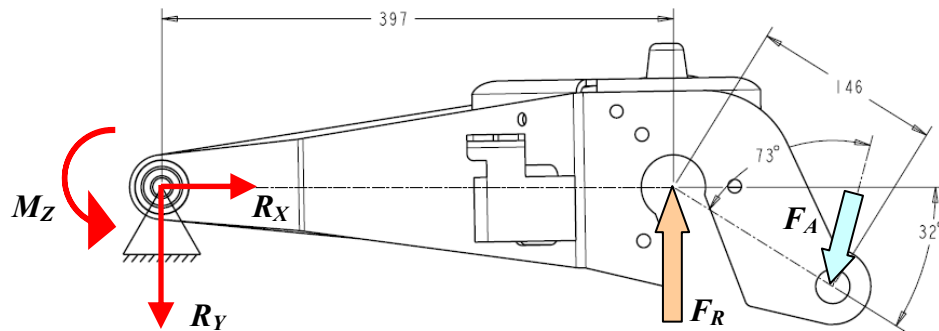
Para (1), (4) e (9) em (7):

$$\boxed{R_X = 0,44.F_R} \Rightarrow \text{Reação no ponto de pivotamento da balança na direção } X \text{ (horizontal) em relação a força aplicada pela roda.}$$

Para (2), (3) e (9) em (6):

$$\boxed{R_Y = 0,14.F_R} \Rightarrow \text{Reação no ponto de pivotamento da balança na direção } Y \text{ (vertical) em relação a força aplicada pela roda.}$$

APÊNDICE B – Resolução das equações de equilíbrio para a balança traseira do triciclo.



Decomposição das forças F_A e F_R :

$$F_{A_x} = F_A \cdot \cos(64^\circ) = 0,44 \cdot F_A \quad (1)$$

$$F_{A_y} = F_A \cdot \sin(64^\circ) = 0,9 \cdot F_A \quad (2)$$

$$F_{R_y} = F_R \cdot \cos(4^\circ) = 0,99 \cdot F_R \quad (3)$$

$$F_{R_x} = F_R \cdot \sin(4^\circ) = 0,07 \cdot F_R \quad (4)$$

$$M_Z = 0 \quad (5)$$

Aplicação das equações de equilíbrio estático:

Para $\sum F_Y = 0$

$$R_Y - F_{A_y} + F_{R_y} = 0$$

$$R_Y = F_{A_y} - F_{R_y}$$

Para $\sum F_X = 0$

$$R_X - F_{R_x} + F_{A_x} = 0$$

$$R_X = F_{R_x} - F_{A_x}$$

Para $\sum M_Z = 0$

$$M_Z + 0,47.F_{R_y} - 0,41.F_{A_y} = 0$$

Solução das equações de equilíbrio estático:

Para (2), (3) e (5) em (8):

$$\boxed{F_A = 1,27.F_R} \Rightarrow \text{Força aplicada no amortecedor em relação a força aplicada pela roda.}$$

Para (1), (4) e (9) em (7):

$$\boxed{R_X = 0,44.F_R} \Rightarrow \text{Reação no ponto de pivotamento da balança na direção } X \text{ (horizontal)} \\ \text{em relação a força aplicada pela roda.}$$

Para (2), (3) e (9) em (6):

$$\boxed{R_Y = 0,14.F_R} \Rightarrow \text{Reação no ponto de pivotamento da balança na direção } Y \text{ (vertical) em} \\ \text{relação a força aplicada pela roda.}$$

APÊNDICE C – Resoluções do Contran referentes ao veículo.

Resolução	Requisitos a serem atendidos
14 / 98	<p>Veículo deve possuir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) espelhos retrovisores, de ambos os lados; 2) farol dianteiro, de cor branca ou amarela; 3) lanterna, de cor vermelha, na parte traseira; 4) lanterna de freio, de cor vermelha 5) iluminação da placa traseira; 6) indicadores luminosos de mudança de direção, dianteiro e traseiro; 7) velocímetro; 8) buzina; 9) pneus que ofereçam condições mínimas de segurança; 10) dispositivo destinado ao controle de ruído do motor.
24 / 98	<p>Gravação do número VIN no chassi ou monobloco, conforme NBR 3 n° 6066. Gravação na profundidade mínima de 0,2 mm, quando em chapas ou plaqueta colada, soldada ou rebitada, destrutível quando de sua remoção, ou ainda por etiqueta autocolante e também destrutível no caso de tentativa de sua remoção.</p>
44 / 98	<p>O veículo deve possuir encosto de cabeça nos assentos dianteiros próximos às portas e nos traseiros laterais, quando voltados para frente do veículo.</p>
48 / 98	<p>Requisitos da instalação de cinto de segurança nos assentos voltados para frente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Nos assentos traseiros laterais, o do tipo três pontos, com ou sem retrator, ou do tipo Subabdominal. 2) Nos assentos traseiros intermediários, o do tipo três pontos, com ou sem retrator, ou do tipo Subabdominal. 3) Nos assentos dos automóveis conversíveis, o tipo três pontos, com ou sem retrator, ou do tipo Subabdominal. 4) Nos assentos individuais dianteiros é facultada a instalação de cintos de segurança do tipo Suspensório. 5) Deve atender as normas NBR 7337 e NBR 7338. Também são reconhecidos os resultados de ensaios realizados por órgãos credenciados pela Comunidade Européia, ou pelos Estados Unidos da América.
49 / 98	<p>Para efeito de registro, licenciamento e circulação, os veículos de carga e os de transporte coletivo de passageiros, devem ter indicação de tara, lotação, peso bruto total e capacidade máxima de tração, registrados conforme o Anexo desta Resolução.</p>
63 / 98	<p>Considera-se veículo de fabricação artesanal todo e qualquer veículo concebido e fabricado sob responsabilidade de pessoa física ou jurídica, atendendo a todos os preceitos de construção veicular, de modo que o nome do seu primeiro proprietário sempre coincida com o nome do fabricante. Será permitido registro e licenciamento de no máximo 3 (três) veículos para cada fabricante, no período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de cada ano.</p>
69 / 98	<p>A prática de carreta rebocada por motocicleta era regulada pela Resolução 47/98, e foi revogada por esta resolução.</p>
129 / 01	<p>Para circular nas áreas urbanas, sem a obrigatoriedade do uso de capacete de segurança pelo condutor e passageiros, o triciclo automotor com cabine fechada deverá estar dotado dos seguintes equipamentos obrigatórios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) espelhos retrovisores, de ambos os lados; 2) farol dianteiro, de cor branca ou amarela;

	<ul style="list-style-type: none"> 3) lanterna, de cor vermelha, na parte traseira; 4) lanterna de freio de cor vermelha; 5) iluminação da placa traseira; 6) indicadores luminosos de mudança de direção, dianteiro e traseiro; 7) velocímetro; 8) buzina; 9) pneus em condições mínimas de segurança; 10) dispositivo destinado ao controle de ruído do motor; 11) pára-choque traseiro; 12) pára-brisa confeccionado em vidro laminado; 13) limpador de pára-brisa; 14) luzes de posição na parte dianteira (faroletes) de cor branca ou amarela; 15) retrorefletores (catadióptricos) na parte traseira; 16) freios de estacionamento e de serviço, com comandos independentes; 17) dispositivo de sinalização luminosa ou refletora de emergência, independentemente do sistema de iluminação do veículo; 18) extintor de incêndio; 19) cinto de segurança; 20) roda sobressalente, compreendendo o aro e o pneu; 21) macaco, compatível com o peso e a carga do veículo; 22) chave de roda.
157 / 04	O extintor de incêndio definido como obrigatório pelo item 18 da Resolução 129/01, para triciclo automotor de cabine fechada, deve possuir capacidade extintora mínima de “1-A :5-B:C”.
203 / 06	É obrigatório, para circular na vias publicas, o uso de capacete pelo condutor e passageiro de motocicleta, motoneta, ciclomotor, triciclo motorizado e quadriciclo motorizado. O condutor e o passageiro de motocicleta, motoneta, ciclomotor, triciclo motorizado e quadriciclo motorizado, para circular na via pública, deverão utilizar capacete com viseira, ou na ausência desta, óculos de proteção.
228 / 07	Define que o sistema de exaustão de gases seja dimensionado para que a temperatura de sua superfície externa mantenha nível de calor adequado ao uso seguro do veículo pelos ocupantes, podendo ser complementado por redutores de temperatura nos pontos críticos conforme definido pelo fabricante.
261 / 07	Todos os veículos devem possuir código de marca/modelo/versão específicos, o qual deve ser concedido conjuntamente à emissão do Certificado de Adequação à Legislação de Trânsito – CAT.

APÊNDICE D – Processo de homologação para emissão do CAT

De acordo com os procedimentos à concessão do código de marca-modelo-versão de veículos do Registro Nacional de Veículos Automotores – RENAVAM e emissão do Certificado de Adequação à Legislação de Trânsito - CAT, para efeito de pré-cadastro, registro, e licenciamento no Sistema Nacional de Trânsito, definidos pela Portaria nº 47/98, as seguintes etapas devem ser seguidas.

5.1.1 Requisitos de identificação e de segurança veicular

De acordo com o Artigo 2º da Portaria nº 47/98, todos os veículos de fabricação nacional, importados, transformados ou encarroçados, receberão códigos específicos na tabela de marca-modelo-versão do RENAVAM e o CAT, desde que atendidos os requisitos de identificação e de segurança veicular que são apresentados nos anexos desta Portaria.

Dentre os dados de identificação da empresa, requerimentos diversos, certificados de ensaios e inspeções, e a comprovação da existência de um responsável técnico habilitado, diversas informações técnicas referentes ao produto a ser homologado devem ser apresentadas durante o processo de homologação, são elas:

- a) Comprovante do Identificador Mundial do Fabricante (WMI)
- b) Designação do veículo
- c) Classificação do veículo
- d) Tipo de carroçaria do veículo
- e) Lotação do veículo (n.º. de pessoas)
- f) Peso Bruto Total (PBT)
- g) Peso Bruto Total Combinado (PBTC)
- h) Capacidade Máxima de Tração (CMT)
- i) Fabricante do motor
- j) Localização do motor
- k) Cilindrada do motor
- l) Potência, torque e rotação máximos do motor
- m) Tipo de combustível utilizado
- n) Comprovante de atendimento a Lei n.º 8723, de 28 de outubro de 1993, das Resoluções do CONAMA n.º 01/93 e 02/93 e das Portarias do IBAMA n.º. 086/96 e 167/97

- o) Fotografias coloridas do veículo das vistas lateral direita, lateral esquerda, dianteira e traseira
- p) Indicação dos locais das gravações dos números de identificação do veículo
- q) Descrição das seções que compõem o código VIN (Número de Identificação do Veículo), conforme NBR 6066/ABNT e Resolução n.º 24/98 do CONTRAN
- r) Memorial descritivo do veículo contendo as seguintes informações:
 - i. Descrição e materiais do chassi/monobloco
 - ii. Número de eixos e rodas
 - iii. Eixos motrizes (no., localização)
 - iv. Distância entre eixos
 - v. Dimensões exteriores do veículo(mm):
 - vi. Comprimento
 - vii. Largura
 - viii. Altura do veículo com massa em ordem de marcha
 - ix. Massa do veículo em ordem de marcha
 - x. Distribuição da massa em ordem de marcha, por eixo - veículos de carga, reboques e semi-reboques (informações de projeto)
 - xi. Capacidade de carga declarada pelo fabricante
 - xii. Balanço Traseiro
- s) Tipo de transmissão e número de marchas
- t) Descrição dos sistemas de suspensão dianteiro e traseiro
- u) Descrição do sistema de direção
- v) Configuração da carroçaria com relação ao n.º de portas, n.º de volumes, compartimento de bagagem, numero de bancos e material construtivo
- w) Descrição do sistema de freios
- x) Dimensões e tipo e ou materiais dos pneus e rodas
- y) Tipo, método de regulagem e campo de visão dos espelhos retrovisores
- z) Descrição dos cintos de segurança e desenhos das ancoragens e fixações
- aa) Descrição dos sistemas de iluminação e sinalização

APÊNDICE E – Regulamentos Técnicos Metrológicos e de Avaliação da Conformidade

A Portaria n.º 33 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro estabelece que as avaliações das capacitações técnico-operacionais de empresas fabricantes, montadoras, transformadoras, ou encarroçadoras (veículos e equipamentos veiculares), que não possuem capacitação laboratorial e de engenharia, executadas por entidades credenciadas pelo Inmetro, devem ser feitas de acordo com os requisitos estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade do Inmetro “Inspeção da capacitação técnico-operacional de empresa” (RTQ 28).

O RTQ 28 aplica-se a empresas que fabricam veículos de forma seriada, ou transformam veículos também de forma seriada. Este procedimento avalia a qualificação técnica da empresa para a emissão do CCT (Comprovante de Capacitação Técnica) exigido pelo Sistema Nacional de Trânsito para a inscrição dos veículos produzidos no sistema RENAVAL, de forma a permitir o licenciamento dos mesmos.

O procedimento envolve também a avaliação técnica dos protótipos representativos dos veículos que serão produzidos. A avaliação dos protótipos verifica os itens de segurança do veículo e demais características construtivas do mesmo e sua adequação à legislação e normas vigentes.

Para efeito de utilização do RTQ para inspeção de segurança veicular de motocicletas e assemelhados - modificação ou fabricação artesanal, são adotadas as definições constantes na NBR-14180 (Partes 6 e 8), NIT-DICOR-002 do Inmetro, Portaria Conjunta Denatran e Inmetro nº 01/2002.

Através de uma pesquisa neste Regulamento, e extraindo do mesmo os requerimentos pertinentes a veículo em questão, definidos como veículos que sofreram alterações de suas características originais de fábrica, descrevem-se os itens abaixo.

Ensaio	Requerimento
Freios de serviço e estacionamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Na frenagem, o veículo não deve derivar para nenhum dos lados. 2. Para categoria L5 a velocidade de teste deve ser 80 km/h, percorrendo uma distância de frenagem máxima de 49,2m. 3. Para veículos que possuam sistema de freio a cabo, deve-se verificar a existência de possíveis esgarçamentos nos cabos. 4. É motivo de reprovação a constatação das seguintes ocorrências: <ol style="list-style-type: none"> a) Frenagem inadequada. b) Fixação inadequada de qualquer dos comandos. c) Curso excessivo ou retorno lento do pedal do freio de serviço. d) Curso/folga excessiva do comando do freio (pedal e manete).

	<ul style="list-style-type: none"> e) Trava do freio de estacionamento inoperante f) Cabo de acionamento do freio deteriorado <ol style="list-style-type: none"> 5. Verificar o estado geral do sistema do freio de estacionamento tais como cabos de aço, parafusos, alavanca de acionamento e válvulas. 6. O sistema de freio de estacionamento deve ser testado por cerca de 5 minutos em rampa com 30 % de inclinação, o veículo não deverá movimentar-se. O veículo não poderá estar com nenhuma marcha engatada durante a realização deste ensaio.
Inspeção visual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar o curso do pedal/alavanca do freio, folgas, tempo de retorno do pedal/alavanca, permanência do pedal/alavanca na posição após acionado, fixação, trava e cabos. 2. É motivo de reprovação a constatação das seguintes ocorrências: <ul style="list-style-type: none"> a) Fixação/conservação inadequada de qualquer dos comandos b) Curso/folga excessivo ou retorno lento do pedal do freio/.alavanca do freio c) Curso/folga excessiva do comando do freio de estacionamento d) Trava do freio de estacionamento inoperante e) Cabo do freio de estacionamento deteriorado f) Ausência de folga no curso do pedal/alavanca do freio
Sistema de direção	<ol style="list-style-type: none"> 1. Devem ser verificado alinhamento de direção/guidão e existência de soldas ou emendas no sistema de direção. 2. O alinhamento das rodas em veículo de 03 (três) rodas, com as rodas apoiadas em piso plano e com o guidão posicionado no sentido de marcha, marcar no solo os pontos extremos centrais dos pneus traseiros e ponto central do pneu dianteiro que toca no solo, obtendo-se um triângulo. O veículo estará alinhado se o triângulo for isóscele ou equilátero. Feito isto, confirmar a posição ortogonal do guidão em relação à roda dianteira. 3. É motivo de reprovação a constatação da ocorrência, o desalinhamento entre rodas dianteira e traseira e desalinhamento entre roda dianteira e guidão.
Inspeção em pista	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esta inspeção deve ser executada em velocidade compatível com as condições do local, não excedendo 80 km/h. 2. Verificar o sistema de direção, quanto ao seu funcionamento, que não deve apresentar barulhos, rangidos no manuseio e nem desalinhamento em pista. 3. A eficiência de frenagem do veículo deve ser verificada conforme a categoria do veículo e indicado anteriormente. O empenamento dos discos ou a ovalização dos tambores também deve ser verificado, pressionando levemente o pedal do freio e, mantendo-se uma baixa velocidade e observando se o pedal oscila. O travamento prematuro das rodas traseiras em frenagem não deve ocorrer. 4. O sistema de transmissão de ser preciso no engate das marchas, verificando eventuais ruídos, vibrações, estalos ou qualquer outra sinalização que possa indicar defeito.

	<ol style="list-style-type: none">5. O sistema de suspensão não deve apresentar ruídos ou folgas, atentando para manutenção do alinhamento do veículo quando em movimento. A suspensão não deve permitir que o veículo sofra grandes trepidações e nem a perda de estabilidade em média velocidade (40 km/h). Sobre pista irregular, o veículo não deve emitir ruídos oriundos do sistema de suspensão.6. Imprimindo a velocidade média estabelecida, em pista reta e plana, o veículo não deverá ter tendência a derivar para os lados. O posicionamento do volante em relação ao quadro do chassi deve ser centralizado, não devendo ocorrer vibrações no volante/guidão e no sistema.7. Em pista reta e plana, mantendo o veículo na velocidade especificada, deve-se verificar, acionando o pedal de freio simulando uma frenagem imediata, se o veículo deriva para os lados e se ocorre o travamento das rodas. Posteriormente, executando curvas para ambos os lados, verificando o comportamento do sistema de suspensão.
--	---

APÊNDICE F – Figuras das versões do triciclo para transporte de cargas.



Figura A – Versão do triciclo para transporte de bambonas de água mineral.



Figura B – Versão do triciclo para transporte de botijões de GLP.



Figura C – Versão do triciclo para transporte de cargas em geral.

ANEXOS:

Anexo A - CAT emitido pelo DENATRAN pela homologação do modelo preliminar.

Anexo B - CAT emitido pelo DENATRAN pela homologação do modelo final.

Anexo C - Ficha técnica das motocicletas Sundown Max SE.

Anexo D - Ficha técnica das motocicletas Sundown Max SED.

ANEXO A - CAT emitido pelo DENATRAN pela homologação do modelo preliminar.



MINISTÉRIO DAS CIDADES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO

CERTIFICADO DE ADEQUAÇÃO À LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO – CAT N° 0555/05

O Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, em cumprimento ao que dispõe a Portaria n° 47/98 do DENATRAN, concede com base na documentação apresentada, constante do Processo n° 80001.012030/2004-20 – DENATRAN, o presente CERTIFICADO, a **TARGOS EQUIPAMENTOS E VEÍCULOS LTDA**, CNPJ 05.562.508/0001-05, referente ao veículo abaixo especificado:

MARCA/MODELO/VERSÃO: **HONDA/TARGOS TRIDER CA**
CÓDIGO MARCA/MODELO/VERSÃO: **030600**
ESPÉCIE: CARGA
TIPO: TRICICLO
CARROÇARIA: ABERTA
TRANSFORMADOR: TARGOS EQUIPAMENTOS E VEÍCULOS LTDA.
FABRICANTE: MOTO HONDA DA AMAZONIA LTDA.
PAÍS DE FABRICAÇÃO: BRASIL
IDENTIFICADOR INTERNACIONAL DO FABRICANTE (WMI): 9C2

Este CERTIFICADO não exige o interessado de comprovar junto ao Órgão ou Entidade Executiva de Trânsito, por ocasião do registro, licenciamento e emplacamento, que o veículo objeto deste esteja adequado à legislação vigente de identificação e de segurança veicular.

Brasília, *dois* de *julho* de 2005.

Pedro Seitiro Nagao
Coordenador-Geral de Infra-Estrutura de Trânsito

Ailton Brasiliense Pires
Diretor do DENATRAN

ANEXO B - CAT emitido pelo DENATRAN pela homologação do modelo final.

**MINISTÉRIO DAS CIDADES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO****CERTIFICADO DE ADEQUAÇÃO À LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO – CAT Nº 0444/08**


O Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, em cumprimento ao que dispõe a Portaria nº 47/98 do DENATRAN, concede com base na documentação apresentada, constante do Processo nº 80001.037078/2007-93 – DENATRAN, o presente CERTIFICADO, a **TARGOS VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS LTDA - ME** CNPJ Nº 05.562.508/0001-05, referente à transformação do veículo abaixo especificado:

MARCA/MODELO/VERSÃO: **SUNDOWN/MAX TRIMOTO CA**
CÓDIGO MARCA/MODELO/VERSÃO: **027917**
ESPÉCIE: CARGA
TIPO: TRICICLO
CARROÇARIA: ABERTA.
TRANSFORMADOR: TARGOS VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS LTDA-ME.
FABRICANTE: BRASIL & MOVIMENTOS S.A.
PAÍS DE FABRICAÇÃO: BRASIL.
IDENTIFICADOR INTERNACIONAL DO FABRICANTE (WMI): 94J

Este CERTIFICADO não exige o interessado de comprovar junto ao Órgão ou Entidade Executiva de Trânsito, por ocasião do registro, licenciamento e emplacamento, que o veículo objeto deste esteja adequado à legislação vigente de identificação e de segurança veicular.

Brasília, 11 de março de 2008.


KELLEEN GRACE ROMANINI PACE
Coordenador-Substituta


ORLANDO MOREIRA DA SILVA
Diretor Substituto

ANEXO C - Ficha técnica das motocicletas Sundown Max SE.

SUNDOWN MAX SE 125CC

www.sundownnet.com.br | 0800 701.9912



SUNDOWN, MOTOS FABRICADAS NO BRASIL COM A QUALIDADE QUE VOCE MERECE

- Design moderno
- Partida elétrica e a pedal
- Proteção de partida elétrica
- Botão de emergência corta-corrente
- Painel completo de fácil visualização
- Indicador digital de marcha
- Hodômetro total e parcial
- Tachômetro eletrônico (com ta-giros)
- Comandos anatómicos
- Lampejador de farol alto
- Trava no guidão
- Motor 4 tempos (CHV) – resistente e econômico
- Protetor de escapamento
- Transmissão com 5 velocidades
- Amortecedores trasstros reguláveis
- Pedaleiras trasstros fixas no chassi



Concessionária:

FICHA TÉCNICA

MOTOR	4 tempos (CHV), 1 cilindro, refrigerado a ar 1,24 cilr 56,5 x 49,5 mm 9,0 l/min por bomba injeção e bafio de óleo 105 cv a 8500 rpm 0,87 kg/m a 7000 rpm Bateria e a pedal
CHASSI	Diamond Garfo telescópico / 120 mm Braço adiante com dois amortecedores hidráulicos / 100 mm Tambor / 130 mm Freio dianteiro / diâmetro 100 mm / 18 MP 20 mil 1,2 P Pneu dianteiro 100 x 90 x 18 MP 15 mil 1,5 P
DETAHES	Comp. x Larg. x Alt. 785 mm 1300 mm 1300 mm 112 kg
TRANSMISSÃO	5 velocidades (1,14,2,3+4,5) Alimentados lubrificados em óleo
SISTEMA ELÉTRICO	CDI 12V, 6 Ah 3525 W - Lâmpada halógena 10 A
CAPACIDADES	14 litros (reserva 3 litros) 1,1 litro Capacidade máxima de carga: 156 kg (piloto, passageiro e carga)
COBES	Acetolapack, Vermelho-turmalina e Preto-quartzo.

Informações e imagens são de caráter informativo e não representam compromisso da Sundown Motor. Imagens meramente ilustrativas.



ANEXO D - Ficha técnica das motocicletas Sundown Max SED.

SUNDOWN MAX SED 125cc

www.sundownnet.com.br | 0800.701.9912

SUNDOWN. MOTOS FABRICADAS NO BRASIL COM A QUALIDADE QUE VOCE MERECE

- Design moderno
- Partida elétrica e a pedal
- Proteção de partida elétrica
- Botão de emergência corta-corrente
- Painel completo de fácil visualização
- Indicador digital de marcha
- Hôdômetro total e parcial
- Tacômetro eletrônico (com ta-giros)
- Comandos anatômicos
- Lamejador de farol alto
- Trava no guidão
- Motor 4 tempos (CHV) – resistente e econômico
- Protetor de escapamento
- Transmissão com 5 velocidades
- Amortecedores traseiros reguláveis
- Pedaleiras traseiras fixas no chassi
- Rodas de três raios em liga leve
- Freio dianteiro a disco com pinça de pistão duplo e ABS mecânico

FICHA TÉCNICA

MOTOR	4 Tempos (CHV), 1 cilindro, refrigerado a ar 124 ccm Diâmetro x curso 56,5 x 40,5 mm Fogão por bomba injeção e banho de óleo 9,8 J 10,5 cv a 8500 rpm Sistema de injeção eletrônica
CHASSI	Diâmetro Garfo telescópico / 120 mm Suspensão traseira / 120 mm Disco espiralado / 267 mm Banco / 130 mm Pneu 2,75 x 18 MT 39 perfil 42P Pneu 2,75 x 18 MT 15 perfil 53P
DIMENSÕES	Compr. x Larg. x Alt. 768 mm Distância entre eixos 1300 mm Distância mínima do solo 176 mm Peso seco 115 kg
TRANSMISSÃO	5 velocidades (1 R, 2, 3, 4, 5) Multi-rosas banhadas em óleo
INSTRUMENTAÇÃO ELETÔNICA	CDI 12V 6 AN (Delphi) - FX 603 3525 W - Lâmpada halógena 10 A
OPÇÕES	14 litros (reserva 3 litros) 11 litros Capacidade máxima de carga 150 kg (piloto, passageiro e carga)

COMO: Autoparado, Vermelho-Turmalina e Preto-Quartzo.

Concessionária: