

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Victhor Souza Ferreira

**PROJETO CONCEITUAL DE UM REBOQUE DO TIPO PLATAFORMA
MODULAR DE EIXO SIMPLES**

Santa Maria, RS
2022

Victor Souza Ferreira

**PROJETO CONCEITUAL DE UM REBOQUE DO TIPO PLATAFORMA MODULAR
DE EIXO SIMPLES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Mecânico**.

Orientador: Dr. Macklini Dalla Nora

Santa Maria, RS
2022

Victhor Souza Ferreira

**PROJETO CONCEITUAL DE UM REBOQUE DO TIPO PLATAFORMA MODULAR
DE EIXO SIMPLES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Mecânico**.

Aprovado em 25 de outubro de 2022:

Macklini Dalla Nora, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Leonardo Nabaes Romano, Dr. (UFSM)

Leonardo Roso Colpo, Me. (UFRGS)

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio incondicional de meus pais e familiares. Sem os mesmos, não seria possível a concretização deste trabalho. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho e, de uma maneira especial, agradeço:

- Ao Professor Macklini Dalla Nora, orientador, pela oportunidade e confiança para realização deste trabalho;

- Aos meus pais, Renan e Sylene, que me apoiam e não medem esforços para me auxiliar;

- A minha namorada pelo apoio incondicional na vida e durante este trabalho;

Enfim, a todos àqueles que fazem parte da minha vida e que são essenciais para meu desenvolvimento.

Não é o crítico que importa. Nem aquele que aponta quando o outro tropeça, nem aquele que diz que o outro devia ter agido diferente. O mérito é do homem na arena, aquele com o rosto sujo de poeira, suor e sangue que se empenha, que erra, que fracassa uma, duas, três, quatro vezes. Aquele que, no final, embora conheça o triunfo da vitória, pode até fracassar, mas se arriscando em ser imperfeito.

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

PROJETO CONCEITUAL DE UM REBOQUE DO TIPO PLATAFORMA MODULAR DE EIXO SIMPLES

AUTOR: Victhor Souza Ferreira
ORIENTADOR: Macklini Dalla Nora

O presente trabalho buscou entender as restrições e requisitos de projeto de um reboque multiuso, além de compreender as necessidades dos consumidores para então propor o projeto conceitual de um veículo por meio de uma metodologia de projeto de produto. O projeto se divide na fase de planejamento, projeto informacional e projeto conceitual. Os requisitos de clientes foram buscados através de pesquisa com consumidores e vendedores do produto. Os requisitos de cliente foram avaliados de acordo com o diagrama de Mudge e traduzidos em requisitos de projeto, com métricas definidas e formas de avaliação. Os requisitos de projeto foram avaliados com o uso de uma matriz do tipo quality function deployment (QFD), de forma a se obter a importância relativa de cada requisito de projeto e então hierarquizá-los de acordo com a sua importância, de modo que se atinjam as necessidades dos clientes. Com isso, pôde-se determinar as especificações do produto com os valores metas para os requisitos de projeto, e assim completar o projeto informacional e dar-se início à fase de projeto conceitual. Nesta, a estrutura de funções permitiu derivar soluções distintas, e foram apontadas diferentes concepções de veículos. O conceito resultante, após as análises de acordo com os requisitos de projeto, descreve um veículo passível de uso das mais diversas formas, conforme a necessidade do proprietário, e apto a rodar em vias públicas. O reboque conta com a possibilidade de adaptação rápida e prática a usos específicos, além de uma estrutura simples para fácil manutenção e adequada confiabilidade. Os resultados e discussões mostram que o conceito resultante tem o potencial de suprir as necessidades dos consumidores, sendo passível de avançar para as próximas fases do projeto global.

Palavras-chave: reboque, metodologia de projeto de produto, desenvolvimento de produto.

ABSTRACT

CONCEPTUAL DESIGN OF A SINGLE AXLE MODULAR PLATFORM TRAILER

AUTHOR: Victhor Souza Ferreira
ADVISOR: Macklini Dalla Nora

The present work aimed at understanding the restrictions and design requirements of a trailer. The needs of the consumers were raised and then applied in the conceptual design of a vehicle through a product design methodology. The project was divided into the planning phase, informational design and conceptual design. Customer requirements were obtained by consumers themselves and product sellers. They were later evaluated according to the Mudge diagram and translated into project requirements with defined metrics and evaluation forms. The design requirements were evaluated using a quality function deployment (QFD) matrix in order to obtain the relative importance of each design requirement and rank them according to how important they were to meet customer needs. With this, it was possible to determine the product specifications and target values for the project requirements, which concluded the informational project and allowed the introduction to the conceptual design phase. In this one, the structure of the product functions was decomposed and potential solutions were pointed out so that it is possible to generate different vehicle conceptions. The resulting concept, after analysis according to the design requirements, described a vehicle intended for use in the most diverse ways and set accordingly in a quickly manner, with a simple structure for easy maintenance and reasonable reliability. The results and discussions provided the resulting concept was potentially prepared to meet the needs of consumers and able to advance to the next project design phases.

Keywords: trailer, product design methodology, product development.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REBOQUE DO MODELO FAZENDINHA	15
FIGURA 2 - REBOQUE DESTINADO AO TRANSPORTE DE MOTOCICLETAS.....	15
FIGURA 3 - REBOQUE DESTINADO AO TRANSPORTE DE EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE	16
FIGURA 4 - REBOQUE DO MODELO BAÚ FECHADO.....	17
FIGURA 5 - REBOQUE DO MODELO PLATAFORMA ABERTA	17
FIGURA 6 – DIMENSÕES SECUNDÁRIAS DE REBOQUES SEGUNDO O INMETRO	18
FIGURA 7 - ESQUEMA ESTRUTURAL DO CHASSI DE UM REBOQUE.	19
FIGURA 8 - METODOLOGIA PROPOSTA POR BONSIPE, KELLNER E POESSNECKER (1984)22	
FIGURA 9 - METODOLOGIA PROPOSTA POR BAXTER (2000).....	23
FIGURA 10 - METODOLOGIA PROPOSTA POR PAHL ET AL. (2007).....	24
FIGURA 11 - MACROFASES E FASES DO PDMA	25
FIGURA 12 - TIPOLOGIA DE PROJETO DEVIDO AO TIPO DE PRODUTO.....	26
FIGURA 13 - FLUXOGRAMA DO PROJETO INFORMACIONAL	28
FIGURA 14 - FLUXOGRAMA DO PROJETO CONCEITUAL	29
FIGURA 15 - EDT DO PROJETO	30
FIGURA 16 - ATIVIDADES CHAVE DE CADA FASE	31
FIGURA 17 - CATEGORIAS E CLASSE DE INFORMAÇÕES	33
FIGURA 18 - DIAGRAMA DE MUDGE.....	41
FIGURA 19 – MATRIZ QFD.....	45
FIGURA 20 - ESTRUTURA DE FUNÇÕES DO REBOQUE	49
FIGURA 21 - CONCEPÇÃO "A"	54
FIGURA 22 - CONCEPÇÃO "B"	55
FIGURA 23 - CONCEPÇÃO "C"	56
FIGURA 24 - CONCEPÇÃO "D"	56
FIGURA 25 - LAYOUT	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - REQUISITOS DO CLIENTE.....	39
TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS REQUISITOS TÉCNICOS.....	45
TABELA 3 - VALORES DE ACORDO COM O ATENDIMENTO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO	57
TABELA 4 – COMPARAÇÃO DAS CONCEPÇÕES GERADAS.....	57

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - SAÍDA DE CADA FASE	26
QUADRO 2 - SISTEMA DE TRANSPORTE DO REBOQUE DE CARGA	33
QUADRO 3 - INTERFERÊNCIAS E LIMITES DO PROJETO	34
QUADRO 4 - TIPOLOGIA DE PROJETO	35
QUADRO 5 – PAVIMENTOS	36
QUADRO 6 - CRITÉRIOS DE HOMOLOGAÇÃO	37
QUADRO 7 - ANÁLISE DE DIMENSÕES	38
QUADRO 8 - REQUISITOS DE CLIENTES VALORADOS	42
QUADRO 9 - CONVERSÃO REQUISITOS DE CLIENTE EM REQUISITOS DE PROJETO.....	43
QUADRO 10 - ESPECIFICAÇÕES DE REQUISITOS	46
QUADRO 11 - MATRIZ MORFOLÓGICA.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DE PROJETO.....	12
1.2 OBJETIVO GERAL	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 ETAPAS DO TRABALHO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 REBOQUES	14
2.1.2 Normas técnicas para homologação de um reboque.....	17
2.2 METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTOS	21
3 METODOLOGIA	30
3.1 DETERMINAÇÃO DE ESCOPO	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 PROJETO INFORMACIONAL	32
4.1.1 Fatores de Influência	32
4.1.1.1 Exame do escopo.....	33
4.1.1.2 Caracterização do ambiente operacional.....	36
4.1.1.3 Critérios de homologação	36
4.1.1.4 Análise comparativa de veículos	37
4.1.2 Especificações de projeto	38
4.1.2.1 Requisitos de clientes.....	38
4.1.2.2 Valoração dos requisitos de clientes	40
4.1.3 Requisitos de Projeto	43
4.1.3.1 Matriz QFD	43
4.1.3.2 Especificações de requisitos	45
4.2 PROJETO CONCEITUAL	48
4.2.1 Diagrama funcional do produto	48
4.2.1.1 Função global.....	48
4.2.1.2 Subfunções.....	48
4.2.1.3 Estrutura funcional	49
4.2.2 Matriz morfológica	50
4.2.3 Propostas de concepções	53
4.2.4 Seleção da concepção final	57
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60

5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS	61
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Reboques são veículos de carga independente, sem tração própria e utilizados para diferentes finalidades, como por exemplo, o transporte de cargas diversas e de animais. Em geral, não são adaptáveis, o que dificulta o uso e até a aquisição dos mesmos, pois cada um deles atende a uma finalidade específica. Assim, o presente estudo visa atender às necessidades de múltiplos consumidores e, por isso, a decisão de projetar um reboque de eixo simples certificado a trafegar em vias públicas, como opção para um mercado de consumidores que utilizam o reboque para usos diversificados. Como exemplos de tipos de cargas, observa-se as caixas, na qual demandam uma guarnição; os veículos com rodas, os quais demandam trilhos; e cargas a granel, que demandam laterais fechadas e uma tela sobre, conforme a legislação exige para evitar o espalhamento do material sobre a pista.

Observa-se que o projeto conceitual se define como a fase onde ocorre a concepção do produto, por meio da busca, criação, representação e seleção de soluções (ROZENFELD et al., 2006). Esta é a fase com maior potencial de otimização de retorno do investimento, representando baixo custo e alto benefício (BAXTER, 2000).

Sendo assim, para o desenvolvimento desse projeto conceitual, optou-se pela Metodologia de Projetos de Produtos, apresentada por Romano (2003). Esta visa sistematizar as tarefas do processo de projeto de um determinado produto, o que pode unificar as ferramentas de análise corretas e guiar a discussão e as decisões de projeto para uma concepção de sucesso. Normalmente, todo o processo é dividido em fases, em que cada fase proporciona um resultado tangível e mensurável. Sendo que, ao todo, todas as fases reunidas representam o ciclo de vida do projeto (PMBOK, 2017). O desenvolvimento de produtos engloba uma cadeia sequencial de atividades, traduzindo uma ideia abstrata para a materialização por um conjunto de ações (ROMANO, 2003). A aplicação de uma metodologia de projeto pode ajudar a compreender os fatores que freiam a disseminação de tecnologias no país.

Esse trabalho também busca contribuir com a literatura nacional a respeito desse tema, visto que os trabalhos de projetos concebidos à luz dessa Metodologia de Projetos de Produtos, em especial para reboques, são praticamente inexistentes.

1.1 PROBLEMA DE PROJETO

Reboques são confeccionados para cada tipo específico de carga e, portanto, não atendem as múltiplas necessidades de um mesmo usuário.

1.2 OBJETIVO GERAL

Projetar, conceitualmente, um veículo rebocado, de eixo simples e passível de trafegar em vias públicas, destinado ao transporte de cargas variadas, por meio de uma metodologia de projeto de produto.

1.2.2 Objetivos específicos

Com o intuito de se atingir o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- Elencar os requisitos de cliente por meio de questionários;
- Definir as especificações técnicas do veículo;
- Selecionar as possíveis concepções do produto que atendam às necessidades do cliente;
- Propor uma concepção de veículo de acordo com as especificações do projeto.

1.3 ETAPAS DO TRABALHO

Este trabalho divide-se em 4 partes. Na introdução é abordado o que é um reboque e qual o objetivo que o trabalho busca em seu decorrer além de dar uma prevê explicação sobre projeto conceitual.

No capítulo dois é conduzida uma revisão do estado da arte sobre reboques e todas suas variações além disso é visto sobre as normas que regulam sua homologação para autorização de tráfego em rodovias.

O capítulo três descreve as metodologias de projeto de produtos que foram utilizadas como base para o trabalho, trazendo uma explicação sobre cada uma delas.

O capítulo quatro descreve a metodologia que foi utilizada, obtida através da análise do que foi apresentado no capítulo anterior, aborda também os resultados das fases de projeto desenvolvidas e a discussão sobre estes. Os resultados são

apresentados desde o projeto informacional, com enfoque nos fatores de influências e especificações de projeto do veículo. Após, são apresentadas as etapas do projeto conceitual, suas análises e o conceito proposto para o veículo; e por fim o conceito final do veículo, de modo a verificar a aplicabilidade das escolhas realizadas nessa fase.

Por fim o capítulo cinco apresenta as considerações finais sobre o projeto e apresenta algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo aborda os assuntos necessários à compreensão sobre o atual panorama dos produtos fabricados no Brasil e quais as normas que regulamentam a homologação dos veículos atualmente no país.

2.1 REBOQUES

De acordo com Grison (2005), reboques de linha leve são veículos destinados ao transporte de cargas diversas e usualmente tracionados por automóveis ou caminhonetes leves, com o objetivo de se aumentar a capacidade de transporte destes veículos. Possuem um valor agregado menor do que veículos com capacidade de carga maior, como caminhonetes pesadas, bem como uma manutenção mais simples. São considerados reboques de linha leve todos aqueles com um peso bruto total (PBT) inferior a 750 kg, pois estes não necessitam de um sistema de freios independente em relação ao veículo rebocador. O peso bruto total é referente ao peso do reboque somado a sua capacidade de carga.

Geralmente, reboques possuem uma estrutura simplificada e de fácil construção. Por este motivo, nas décadas passadas, pessoas com pouco ou nenhum conhecimento de engenharia fabricavam seus próprios reboques e os legalizavam perante o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN). Atualmente, porém, para poder se realizar o emplacamento destes veículos, é necessário que a empresa que o fabricou tenha o CCT (comprovante de capacitação técnica), e o produto deve ter o CAT (certificado de adequação às legislações de trânsito), pois só assim sabe-se que o fabricante é homologado e possui todas as licenças para a produção dos reboques com a garantia e segurança necessárias.

Segundo dados do Ministério da Infraestrutura (Frota de veículos, 2021), de janeiro à outubro de 2021, foram emplacados 61070 novos reboques de eixo simples para carga em todo o Brasil. Somente no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, foram emplacados 173 novos reboques neste mesmo período. Segundo a empresa Mania Car Reboques, a qual comercializa reboques nesta cidade, os reboques do modelo Fazendinha, Figura 1, são os mais vendidos, utilizados para o transporte de cargas diversas.

Figura 1 – Reboque do modelo fazendinha



Fonte: Autor

Os modelos de reboques destinados ao transporte de motocicletas, como apresentado na Figura 2, possui variação quanto ao número de canaletas para acomodação das motocicletas, além de rampas para facilitar o carregamento. Na extremidade da canaleta, há uma argola para firmar a motocicleta. A disposição das canaletas é feita de modo que todas as motos possam ser carregadas de frente.

Figura 2 - Reboque destinado ao transporte de motocicletas



Fonte: Autor

Há também os reboques destinados ao transporte de embarcações de pequeno porte, o qual possui um “berço” para a melhor acomodação do veículo aquático, como visto na Figura 3. Em alguns modelos, este berço é revestido com tecido para que não danifique o casco das embarcações. Alguns modelos mais luxuosos possuem rodas de borrachas ou plástico, que auxiliam na hora do carregamento e descarregamento da embarcação. Em sua grande maioria, possuem um guincho na parte dianteira para tracionar o veículo para cima do reboque. Suas sinaleiras devem ser herméticas se posicionadas na parte traseira final, pois estão em constante contato com água, muitas vezes até mergulhada.

Figura 3 - Reboque destinado ao transporte de embarcações de pequeno porte



Fonte: ANFTRE (2021)

Reboques do tipo baú com tampa, Figura 4, são utilizados para quem deseja transportar cargas que não podem ser expostas a intempéries e/ou de elevado valor, a fim de se minimizar riscos de furto. Muitos são fabricados em aço inoxidável, chapas de compósitos de alumínio, entre outros materiais. Suas capacidades de cargas são diferentes para cada reboque, embora o PBT é, no máximo, igual a 750 kg.

Figura 4 - Reboque do modelo baú fechado



Fonte: Reboques Vale do Aço (2022)

Os reboque plataforma, Figura 5, normalmente são utilizados para transportar materiais embalados em pallets, pois o assoalho nivelado e a ausência de abas laterais facilita a movimentação de cargas com o uso de paleteiras e empilhadeiras.

Figura 5 - Reboque do modelo plataforma aberta



Fonte: Usados do brasil (2022)

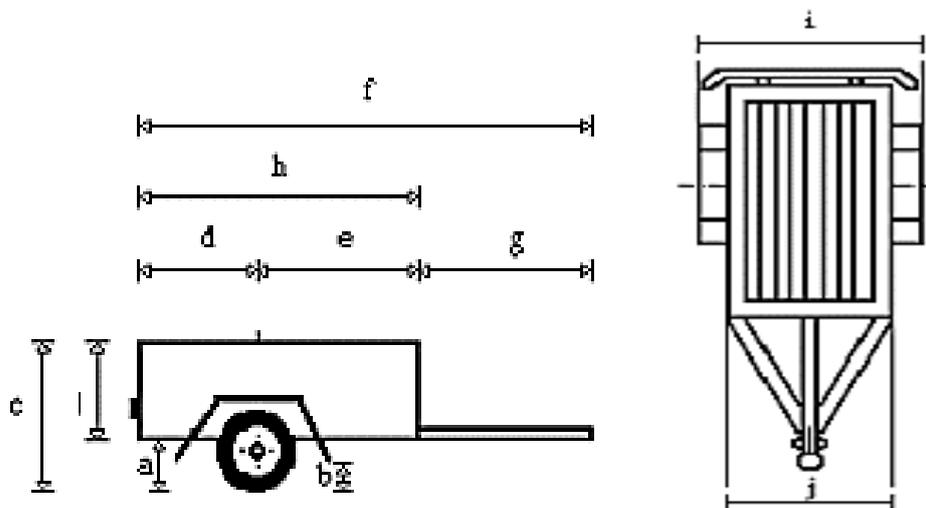
2.1.2 Normas técnicas para homologação de um reboque

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), através da portaria nº 69, de 08 de maio de 1996, regulamenta os requisitos necessários à inspeção de segurança veicular em reboques leves (PBT até 7500 N). Os requisitos que precisam ser atendidos para a homologação do reboque são demonstrados a seguir.

2.1.3 Dimensões

A referida Portaria regulamenta as dimensões do reboque a fim de não excederem 2600 mm de largura e 4400 mm de altura. O comprimento máximo, levando em consideração a soma do veículo trator e do reboque, não pode ultrapassar 19800 mm. O balanço traseiro máximo, o qual se refere à distância do centro do eixo do reboque até a parte final do para-choques, é de 3500 mm. As dimensões secundárias, elencadas abaixo e mostradas na Figura 6, são livres ao fabricante: altura solo/fundo do reboque (a); altura livre do solo (b); altura máxima (c); balanço traseiro (d); balanço dianteiro (e); comprimento total (f); comprimento da lança (g); comprimento útil (h); largura total (i); largura útil (j); altura útil da carroçaria (l).

Figura 6 – Dimensões secundárias de reboques segundo o INMETRO



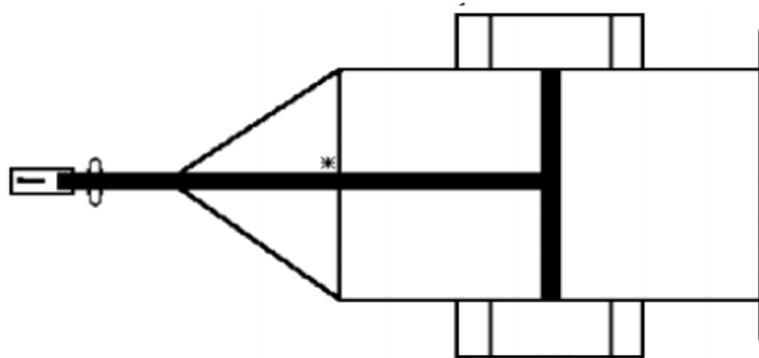
Fonte: INMETRO (1996)

2.1.4 Chassi

O chassi de um reboque deve possuir uma estrutura básica apta a suportar, com condições de resistência mecânica adequadas, o sistema de suspensão, pela parte inferior, e a carga, pela parte superior. A lança (cambão), que é o elemento que une o cabeçote de tração ao quadro do chassi, deve ser projetada de modo a resistir aos momentos de torção que ocorrem neste último ponto. Idealmente, a lança deve transpassar o quadro do chassi e se ancorar em uma travessa central ou próxima ao

eixo de rodagem. Nos pontos de máximo momento de flexão, nas partes externas do quadro (ver Figura 7), preferencialmente, não deve haver solda, para diminuir as possibilidades de quebra por fadiga.

Figura 7 - Esquema estrutural do chassi de um reboque.



Fonte: INMETRO (1996)

2.1.5 Carroceria e seus componentes

A carroceria deve ser confeccionada com material compatível com a finalidade de uso ou da carga. Deve ter resistência mecânica adequada, podendo ser fabricada em chapas metálicas, em madeira estruturada, em perfis de aço, ou em peças de *fiberglass* laminadas, integradas ao chassi ou não. É admissível portas nas guardas da carroçaria. O fechamento superior por tampas, removíveis ou articuladas, é opcional. No caso de carroçarias removíveis, para transporte de embarcações como "jet-skis", o sistema de presilhas da carroçaria ou do novo agregado deve possuir dispositivo de segurança contra o afrouxamento por vibração.

2.1.6 Para-choques

O para-choques deve ser produzido em material com resistência mecânica adequada a massa do reboque (NBR 14648). Não deve existir apêndices, tais como ganchos, guinchos, estepes, reservatório ou saliências perigosas que possam causar acidentes. Deve ser fixado à estrutura do reboque e posicionado transversalmente atrás do mesmo, podendo ser parte integrante da estrutura. O para-choques determinará o final do reboque, sendo que a largura máxima do para-choque não deve

ser maior que a largura total do reboque, e a mínima não pode ser inferior a 100 mm de cada lado. A linha de centro do para-choque deve estar a uma altura do solo entre 280 mm a 550 mm. O para-choque deve ser pintado ou adesivado com listras, em forma de zebrado, com inclinação de 45°.

2.1.7 Para-lamas

Devem ser rígidos, fixados firmemente à estrutura, ou ser parte da carroçaria, sem apresentar pontos contundentes ou cortantes. Os limites inferiores (abas) podem ficar até 10° na aba traseira e 20° na aba dianteira, acima da linha de centro da roda. O limite externo da sua largura deve, no mínimo, coincidir com os limites externos do pneu. Caso os limites das abas sejam superiores aos especificados, pode ser utilizado um dispositivo para-barro.

2.1.8 Rodas e pneus

A legislação para pneus deve atender a Resolução do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) nº 558/80 e a norma NBR 6087. Já as rodas, devem atender a Resolução do CONTRAN nº 963/22, como segue:

- Os pneus devem ser gravados com informações sobre tamanho, tipo de construção, capacidade de carga e limite de velocidade.
- Não são admitidos veículos com pneus cujo desgaste tenha atingido o indicador de banda mínimo, ou com profundidade dos sulcos inferior a 1,6 mm.
- Quando montados em um mesmo eixo, os pneus devem ser de idêntica construção, tamanho e carga, e montados em aros de dimensões iguais.

2.1.9 Suspensão

Atualmente, a legislação não obriga a utilização de um tipo específico de suspensão, nem mesmo a necessidade de utilização de algum modelo. Em geral, este se apresenta com molas semielípticas, helicoidais, coxim, eixo de torção ou até mesmo eixo rígido.

2.2 Metodologia de projeto de produtos

A metodologia contempla os procedimentos planejados com indicações de condutas a serem observadas no desenvolvimento e no projeto de sistemas técnicos. Tem como objetivo sistematizar atividades de todas as fases de realização do processo de projeto de produtos industriais, isto é, desde a concepção inicial do produto até a conclusão do projeto detalhado de todas as partes. O projeto é feito através de uma evolução sistemática de modelos que possuem fases distintas. Este método ressalta alguns fatores, como por exemplo:

- Análise de informações;
- Tipos de produtos;
- Aspectos da economia no momento;
- Fatores humanos;
- Segurança;
- Desenho industrial;
- Manufatura.

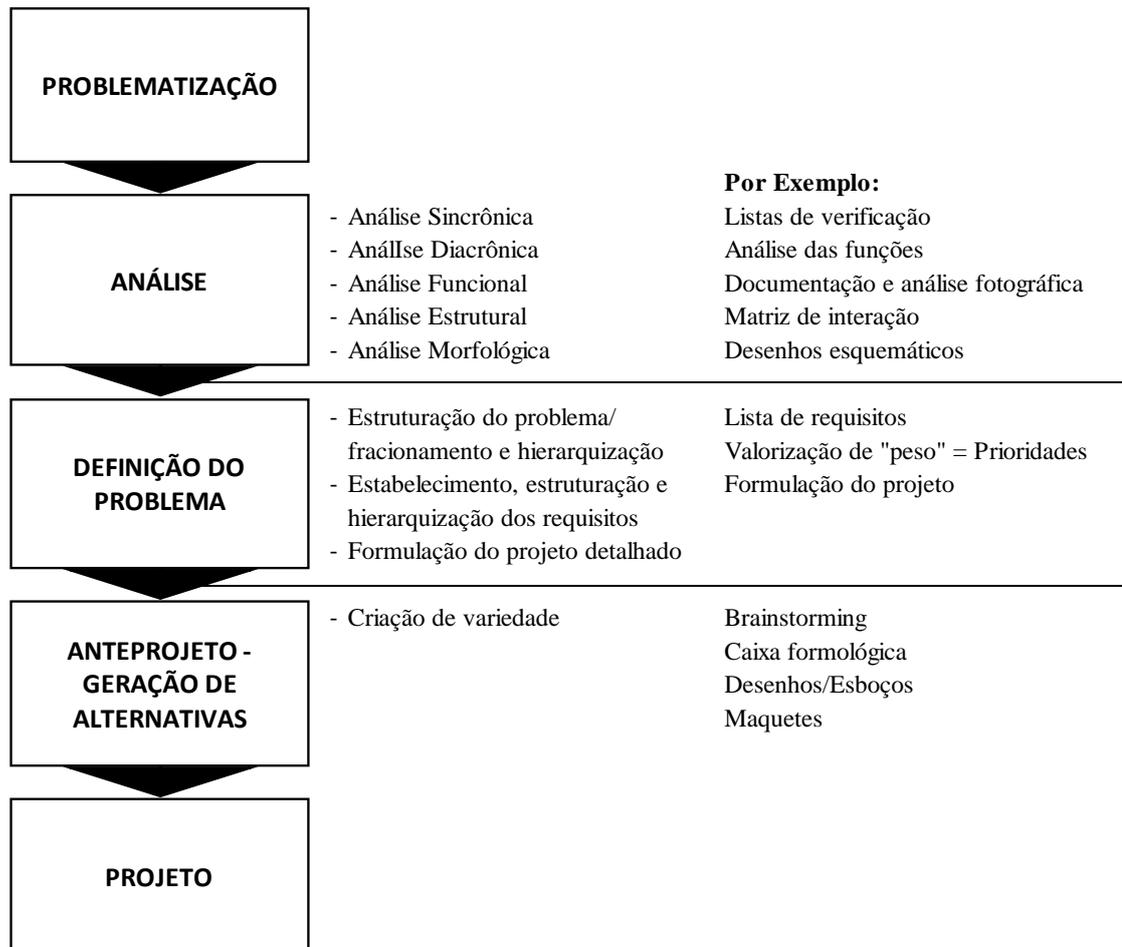
A evolução sistemática apresenta algumas técnicas, tais como:

- Hierarquização de requisitos;
- Desenvolvimento da estrutura de funções;
- Criatividade;
- Seleção de uma solução;
- Seleção de materiais;
- Otimização de projeto.

Diversos autores demonstraram o processo de desenvolvimento de um produto, sendo diferentes pelo número de fases presentes e pelas tarefas a serem realizadas. Sendo que a análise dessas abordagens possibilita a escolha da melhor solução para o problema de projeto enfrentado. (BACK et al., 2008; PAHL et al., 2007; WHEELWRIGHT; CLARK).

Conforme Bonsiepe, Kellner e Poessnecker (1984), são propostas cinco fases para o projeto (*design*) de um produto, com visão científica e destaque na estruturação do problema e análise. As etapas podem ser vistas na Figura 8.

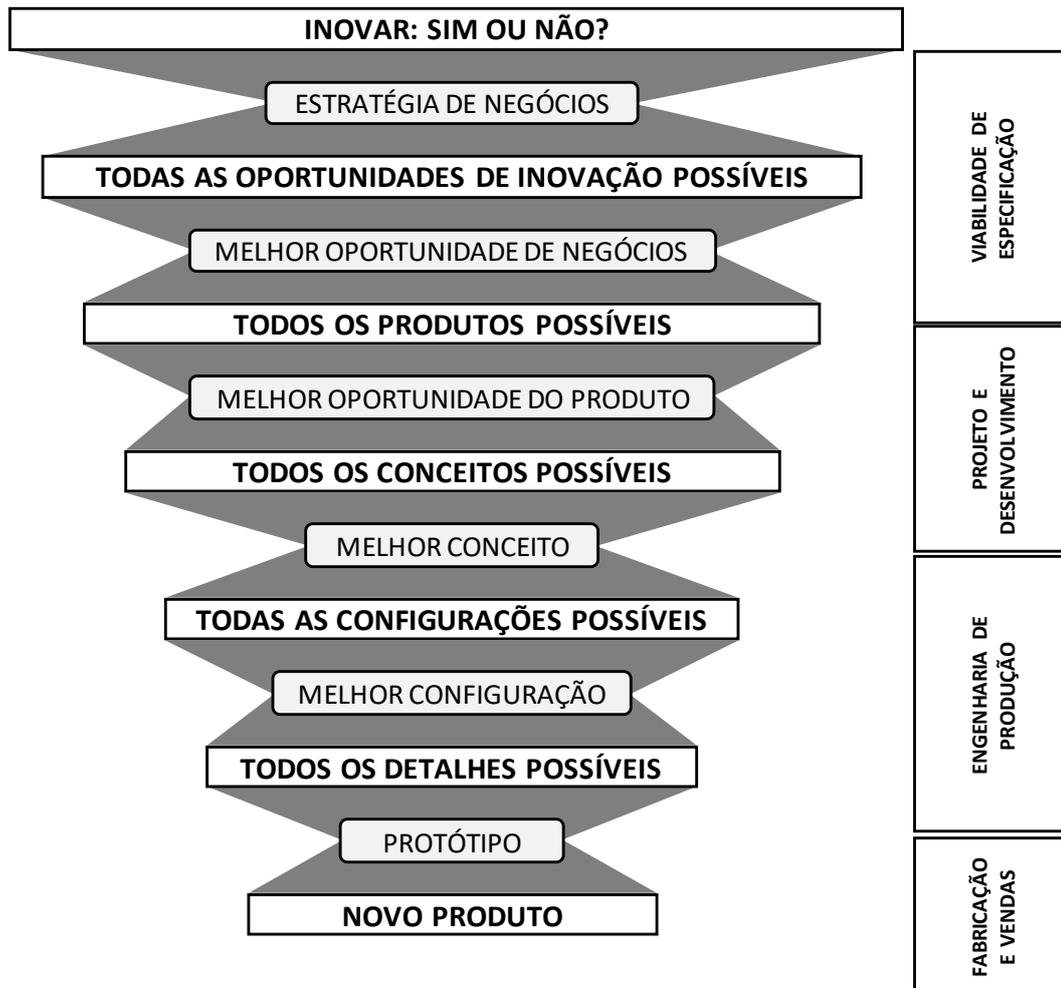
Figura 8 - Metodologia proposta por Bonsiepe, Kellner e Poessnecker (1984)



Fonte: Adaptado de (BONSIEPE; KELLNER; POESSNECKER, 1984)

Baxter (2000) segue a perspectiva de um funil de decisões para demonstrar o processo de desenvolvimento, como pode ser observado na Figura 9. Esse processo possui o foco na criação de concepções e conceitos ao produto, no qual o problema conceitual é diminuído a seus elementos básicos e analisado através de ferramentas específicas, com saliência para tomadas de decisão.

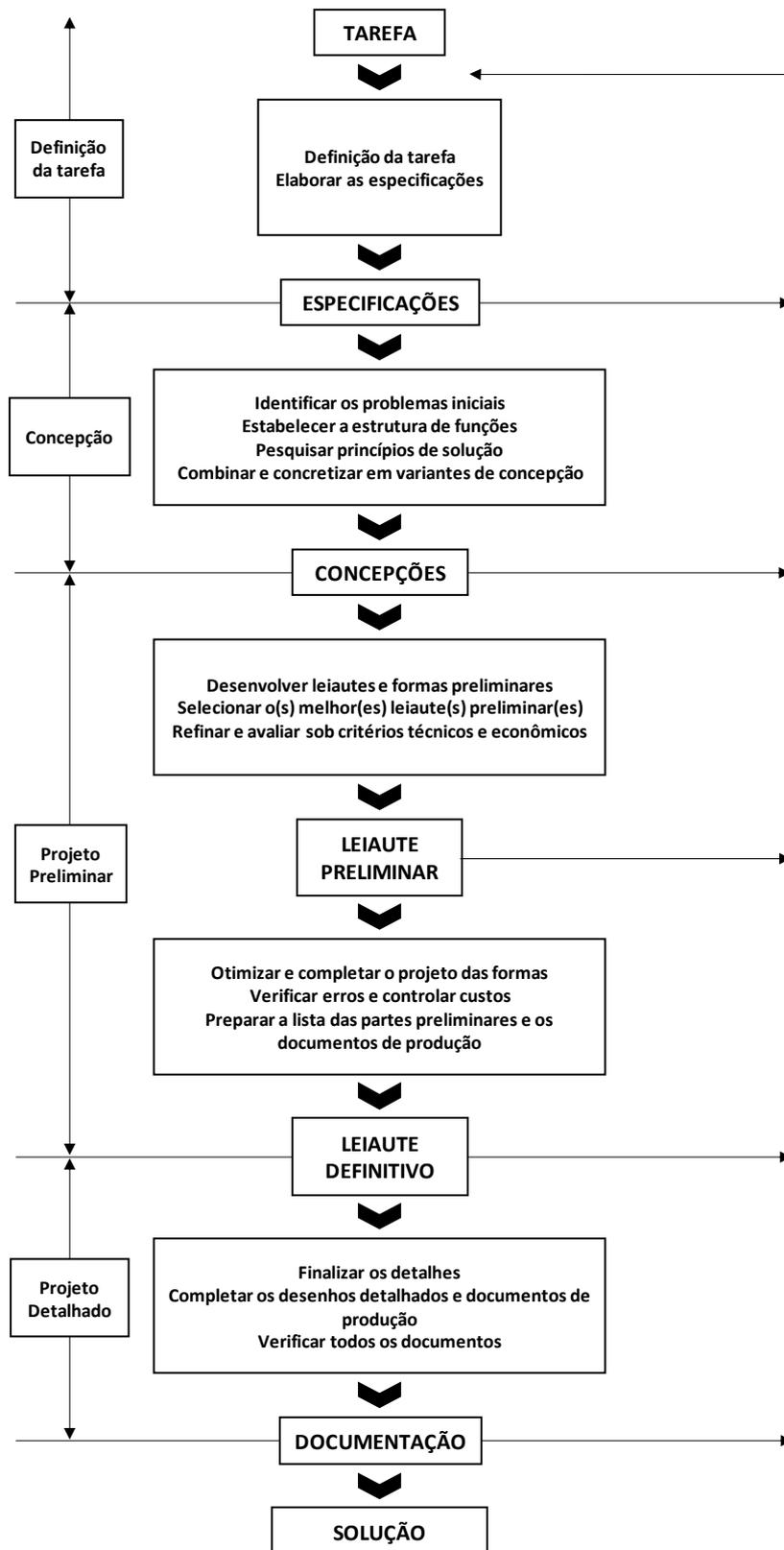
Figura 9 - Metodologia proposta por Baxter (2000)



Fonte: Adaptado de (BAXTER, 2000 apud COLPO, 2021, p. 44)

Pahl et al. (2007) dispõe o projeto de produtos em quatro fases, sendo elas: Clarificação das necessidades, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. O fluxograma da Figura 10 demonstra a sequência proposta pelos autores.

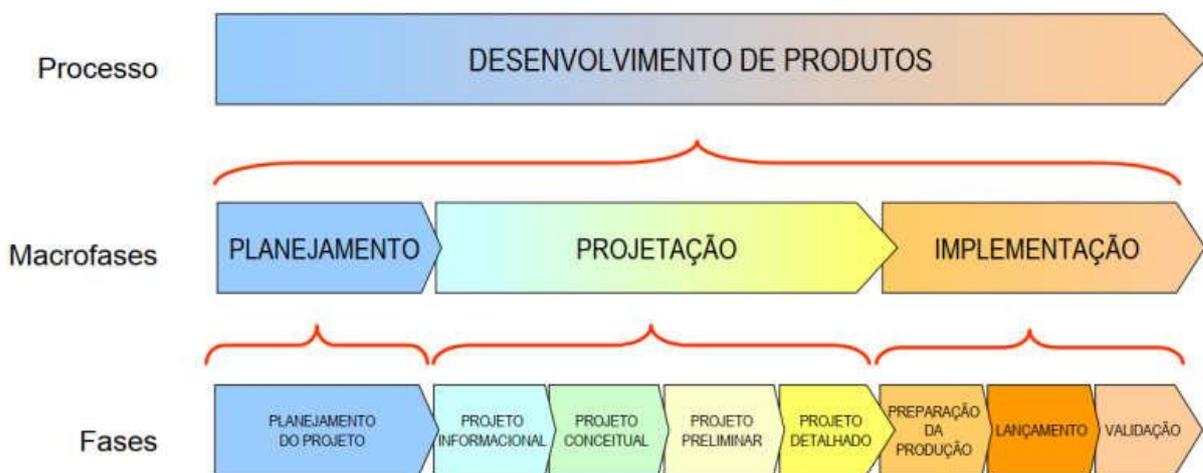
Figura 10 - Metodologia proposta por Pahl et al. (2007)



Fonte: Adaptado de (PAHL et al., 2007)

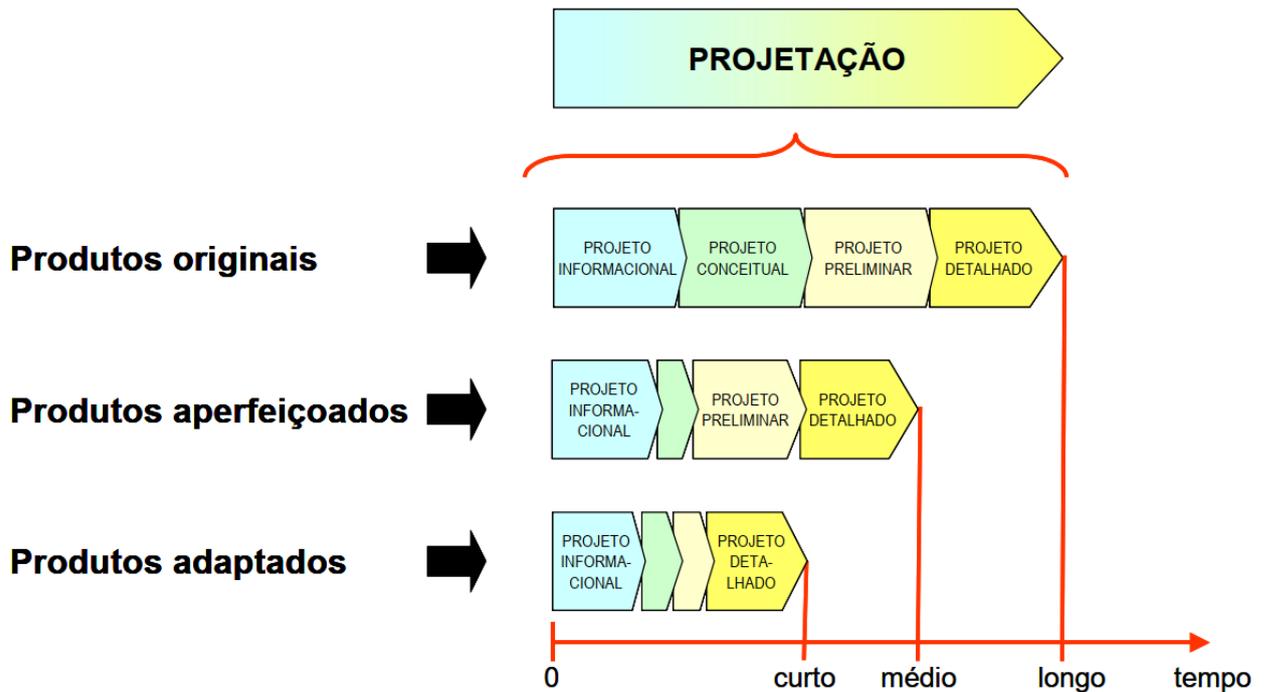
Observa-se que o uso de um modelo de referência gera a possibilidade de se conseguir um maior conhecimento do processo. Ademais, mantem os registros e defini um foco para a tomada de decisões ao decorrer do processo, assegurando o fluxo de informações em consonância com a maturidade do projeto. Este modelo possui macrofases e fases, que podem ser visualizadas na Figura 11. A duração de cada fase, durante a realização do projeto, é referente ao tipo de produto que se deseja desenvolver, como apresentado na Figura 12 (ROMANO 2003).

Figura 11 - Macrofases e fases do PDMA



Fonte: (ROMANO, 2003)

Figura 12 - Tipologia de projeto devido ao tipo de produto



Fonte: (ROMANO, 2003)

O Quadro 1 mostra detalhadamente a descrição das saídas de cada fase e as principais abordagens das mesmas. Por fim, o quão maduro está o produto ao longo do ciclo de vida.

Quadro 1 - Saída de cada fase

(continua)

FASE	SAÍDA	DESCRIÇÃO
1 – Planejamento de projeto	Plano do projeto	Documento formal e aprovado, usado para gerenciar e controlar a execução do desenvolvimento da máquina agrícola.
2 – Projeto Informacional	Especificações de projeto	Documento formal e aprovado, que apresenta os objetivos que a máquina deve alcançar, de modo a atender os requisitos dos clientes e/ou usuários. As especificações de projeto são usadas para orientar o desenvolvimento dos projetos conceitual, preliminar e detalhado da máquina agrícola.

(conclusão)

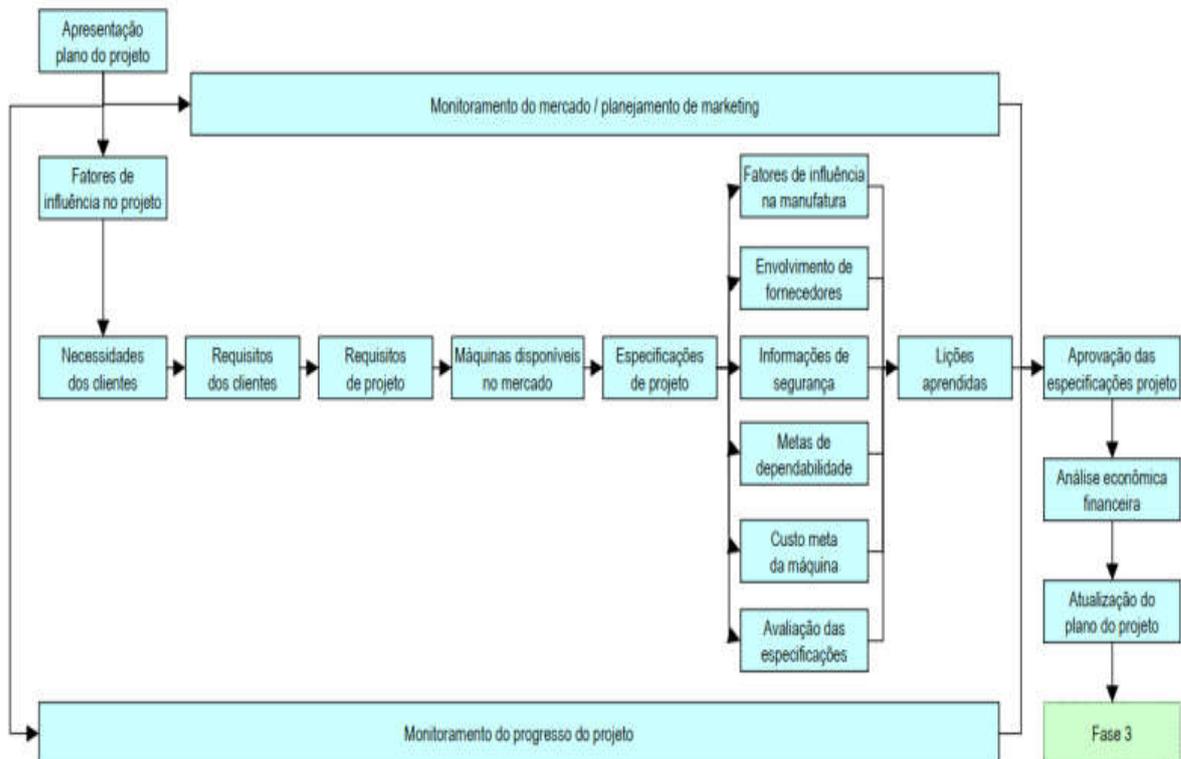
FASE	SAÍDA	DESCRIÇÃO
3 – Projeto Conceitual	Concepção da máquina agrícola	Documento formal e aprovado, que apresenta a concepção escolhida da máquina (viabilidade técnica), de modo a atender as especificações de projeto e, portanto, os requisitos dos clientes. Usado para orientar o desenvolvimento dos projetos preliminar e detalhado da máquina agrícola.
4 – Projeto Preliminar	Viabilidade econômica	Documento formal e aprovado, usado para determinar a viabilidade econômica de se desenvolver a máquina agrícola.
5 – Projeto Detalhado	Solicitação de investimento	Documento formal e aprovado, usado para descrever e solicitar os investimentos necessários à implementação da produção da máquina agrícola.
6 – Preparação da produção	Liberação do produto	Documento formal e aprovado, usado para descrever e liberar o produto para lançamento.
7 – Lançamento	Liberação do lote inicial	Documento formal e aprovado, usado para liberar o lote inicial produzido para comercialização.
8 – Validação	Validação do projeto	Documento formal e aprovado, usado para validar o projeto e registrar o aceite do resultado do projeto.

Fonte: Romano (2003)

O projeto informacional tem como objetivo definir quais serão as especificações do projeto. Isto é feito com a apresentação do plano do projeto e o levantamento de informações, é realizada através de um levantamento sobre o uso, com os clientes, identificando as necessidades solicitadas por eles, as quais serão relacionadas como requisitos de clientes. Elencadas as necessidades, pode-se determinar os requisitos de projeto com o objetivo de avaliar as métricas de

engenharia para atender as necessidades. Com todos estes requisitos valorados, é então possível criar a lista de especificações de projeto para determinar as variáveis presentes no projeto. Pode – se verificar como deve ser este andamento na Figura 13.

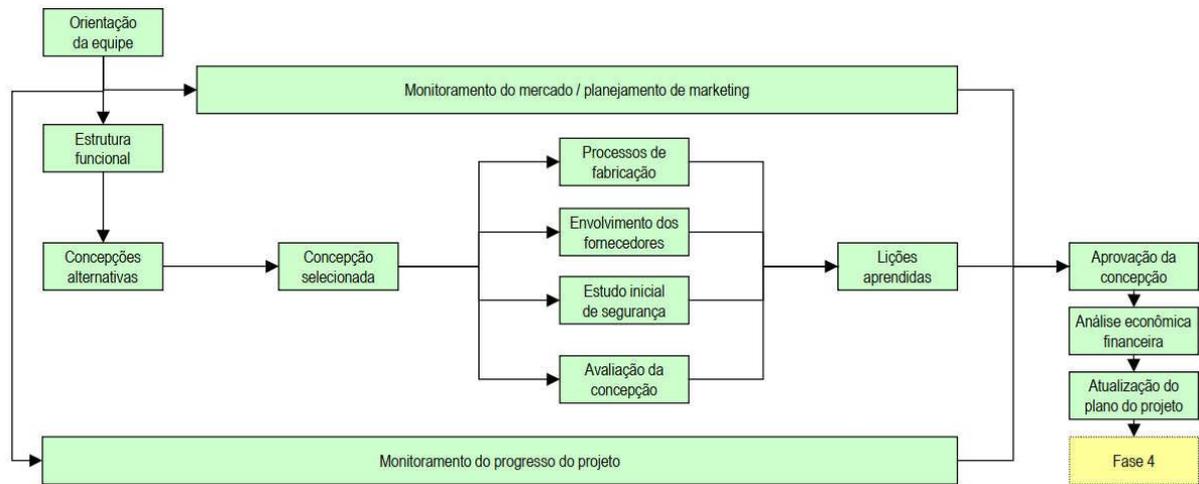
Figura 13 - Fluxograma do projeto informacional



Fonte: Romano (2003)

Definidas as especificações de projeto, passa - se para a fase de projeto conceitual, para encontrar soluções para atender às especificações. Estas soluções são chamadas de concepções e são desenvolvidas como um conjunto de princípios de soluções para as funções e subfunções definidas do produto. Pode - se ver como funciona o andamento desta fase na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma do projeto conceitual



Fonte: Romano, (2003)

A estrutura funcional da máquina é desenvolvida, quer como síntese funcional ou com a análise funcional de produtos existentes. Com as funções definidas, pode-se elaborar princípios de solução para essas funções, e assim soluções se comportam em relação às especificações de projeto. Cada concepção faz parte de um conjunto de princípios de solução para as subfunções e funções definidas do produto. Sua avaliação, mediante as especificações, define a concepção selecionada (COLPO, 2021).

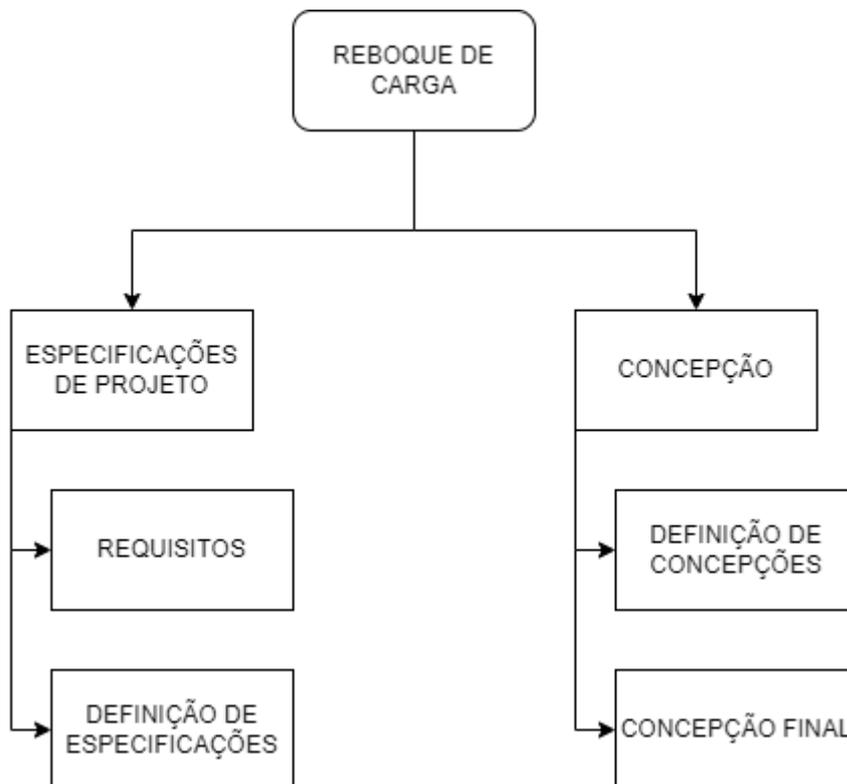
3 METODOLOGIA

A metodologia do Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (PDMA) de Romano (2003) foi adaptada para as necessidades e objetivos do presente trabalho. Como se trata de um desenvolvimento tecnológico para fins acadêmicos, algumas etapas foram simplificadas

3.1 DETERMINAÇÃO DE ESCOPO

A definição do escopo da pesquisa passa pela estrutura de desdobramento do trabalho (EDT), a qual tem, por definição, a objetivação das saídas desejadas para a conclusão do projeto, conforme Figura 15.

Figura 15 - EDT do projeto

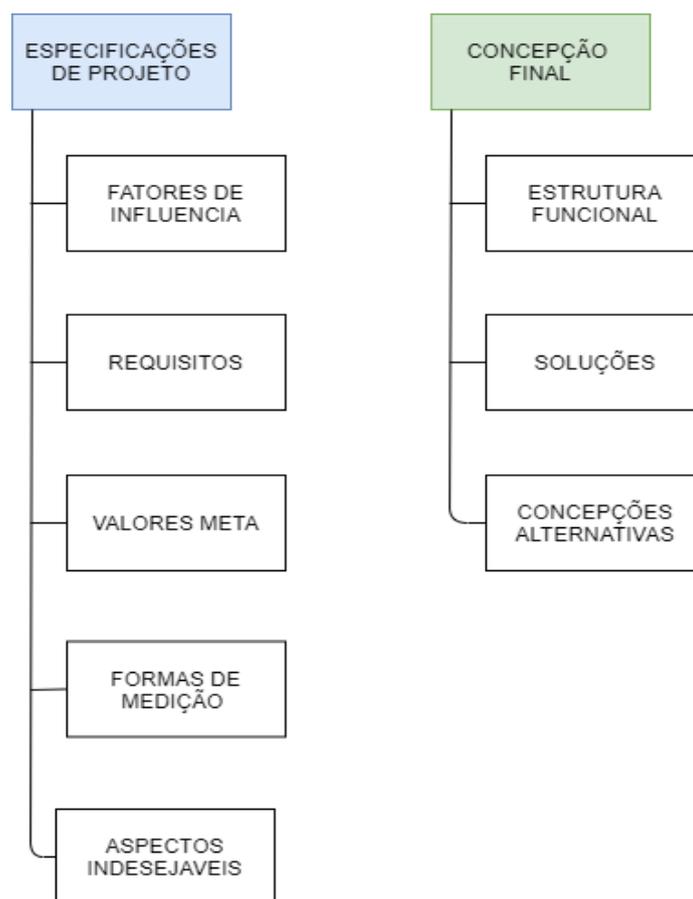


Fonte: Adaptado de (COLPO, 2021)

A EDT foi determinada com foco na busca por potenciais soluções que reboques de carga possam apresentar ao mercado brasileiro, identificando falhas e

possíveis melhorias em relação aos modelos do mercado. A intenção das etapas de projeto compreendidas no trabalho foi de determinar as especificações de projeto e as concepções para o reboque, de modo que atenda às necessidades de clientes levantadas com base no mercado nacional. Para que se atinjam as saídas propostas, são definidas atividades chave para a conclusão de cada fase. Essas atividades são observadas na Figura 16.

Figura 16 - Atividades chave de cada fase



Fonte: Adaptado de (Colpo,2021)

Com a metodologia definida, iniciou-se as atividades de desenvolvimento do reboque. No próximo capítulo, a etapa de projeção é tratada, na qual os resultados do projeto conceitual e informacional são apresentados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados os resultados obtidos com base na metodologia proposta, e a discussão acerca da contribuição destes para o resultado final do trabalho.

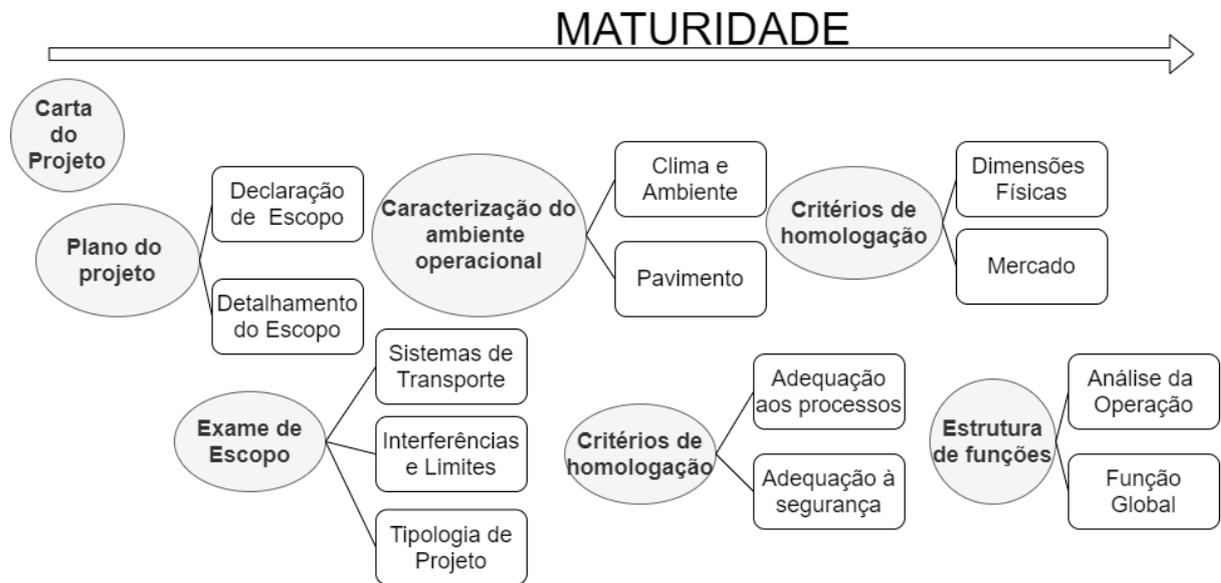
4.1 PROJETO INFORMACIONAL

A fase do projeto informacional é destinada, à definição das especificações de projeto do produto, ou seja, são definidos os requisitos básicos, técnicos e de atratividade do produto. Além disso, especificações sobre o projeto também são realizadas.

4.1.1 Fatores de Influência

Determinar os fatores de influência é importante para o levantamento do que pode influenciar a definição das especificações de projeto do produto em desenvolvimento. Os fatores têm ainda o significado de conhecer, além de requisitos derivados das necessidades dos clientes, as propriedades dos elementos do ciclo de vida que condicionam o alcance dos objetivos do projeto (MARINI, 2007). Fatores de influência tem por definição os elementos cujo a análise é fundamental para a tomada de decisão na fase de projeção (ROMANO, 2003). Com isso, deve - se mapear as categorias e as classes de informação para o projeto (Figura 17).

Figura 17 - Categorias e classe de informações



Fonte: Adaptado de (Colpo,2021)

4.1.1.1 Exame do escopo

Após definidas as classes, pode - se buscar pelas informações que compõem cada uma delas, e assim guiar as especificações de projeto. Já foi passado anteriormente a abertura do projeto e o plano e, desta forma, passa-se a análise do escopo do projeto. Este visa abordar o que se pretende com o reboque de carga, como visto na modelagem apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Sistema de transporte do reboque de carga

(continua)

Classe	Propriedades	Informação	Descrição
Sistemas de Transporte	Mercado pretendido: Brasileiro	Região Sul	Todas as regiões
		Região Sudeste	
		Região Centro-Oeste	
		Região Nordeste	
	Região Norte		
	Operação Executada	Logística	Transporte de Cargas

(conclusão)

Classe	Propriedades	Informação	Descrição
	Época de Operação	Verão	Pode ser utilizado em todas as estações
		Outono	
		Inverno	
		Primavera	

Fonte: Autor

As interferências e limites do projeto, mostrados no Quadro 3, abordam situações onde podem ocorrer a alteração na execução da função principal do reboque. Para isso, foi definido desde fatores de controle até elementos naturais.

Quadro 3 - Interferências e limites do projeto

(continua)

Classe	Propriedades	Informação	Descrição	
Interferências e Limites	Elementos Operacionais	Ser Humano	Controle e monitoramento do estado do reboque	
	Elementos Ambientais	Pista de Operação	Asfalto	
			Concreto	
			Terra	
			Cascalho	
	Tempo de Operação	Livre	12 meses consecutivos	
	Época do Ano		Verão	Pode ser utilizado em todas as estações
			Outono	
			Inverno	
			Primavera	
Frequência de Operação		Diário	Uso diário	

(conclusão)

Classe	Propriedades	Informação	Descrição
	Riscos de execução	Falha e/ou desgaste dos componentes	Perda de função dos componentes devido a utilização ou outro evento isolado

Fonte: Autor

A tipologia de projeto se refere a conhecimentos, gerais e específicos, que deverão ser empregados no desenvolvimento do veículo. Essas propriedades são descritas no Quadro 4.

Quadro 4 - Tipologia de projeto

Classe	Propriedades	Informação	Descrição
Tipologia de Projeto	Conhecimento	Engenharia Mecânica	Elementos de máquina e dimensionamentos mecânicos
	Complexidade	Atendimento às normas de homologação	Direcionamento do projeto para atender às normas
	Risco de falha	Projeto acadêmico	Restrições do meio acadêmico e do aluno
		Atendimento às normas	Normas rígidas para homologação

Fonte: Autor

Pôde-se clarificar informações necessárias para identificar fatores que afetam o escopo do projeto, sendo a próxima etapa aquela de análise do ambiente operacional.

4.1.1.2 Caracterização do ambiente operacional

A análise do ambiente operacional começa com o levantamento das informações de clima e ambiente de utilização do reboque, os pavimentos onde o veículo irá trafegar e suas informações principais (Quadro 5).

Quadro 5 – Pavimentos

Classe	Propriedades	Informação	Descrição
Pavimento	Superfície	Asfalto	Pavimentação padrão de estradas
		Terra Batida	Terra compactada
		Paralelepípedos	Pavimentação de blocos de pedra compactados
	Variações	Imperfeições	Depressões no solo, variadas dimensões
		Acúmulo de água	Ausência/deficiência de escoamento da água caracterizando uma área de baixo atrito

Fonte: Autor

4.1.1.3 Critérios de homologação

O produto estudado se enquadra na categoria de reboques e, desta forma, deve atender às normas do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), fiscalizadas pelos DETRANs (Departamentos Estaduais de Trânsito) de cada estado brasileiro, como visto no Quadro 6.

Quadro 6 - Critérios de Homologação

Classe	Propriedades	Informação	Descrição
Homologação	Organização emissora	DETRAN/CONTRAN	Órgão responsável pelas legislações de trânsito
	Norma declarante	24/98	Número de identificação veicular
		14/98	Equipamentos obrigatórios
		231/07	Placa de licença e lacre
		128/01	Dispositivos de segurança
		777/93	Sistemas de freios
		227/07 e 294/08	Dispositivos de iluminação
		152/03	Para – choque traseiro

Fonte: Autor

Todos os dados apresentados no Quadro 6 se encontram presentes na resolução da Portaria DENATRAN nº190/09. Com estas informações, tem-se todos os requisitos a serem avaliados no projeto do reboque. Assim, pode-se definir e delimitar os aspectos do projeto de acordo com o que é permitido.

4.1.1.4 Análise comparativa de veículos

No mercado brasileiro, atualmente, o produto que mais se encaixa na proposta do projeto é o reboque conhecido como Fazendinha, fabricado pela empresa Steel Car, de São José dos Pinhais, Paraná. Na empresa Mania Car reboques, localizada

na cidade de Santa Maria, este modelo de reboque é o mais vendido, e será usado como referência do projeto (Quadro 7).

Quadro 7 - Análise de dimensões

Classe	Propriedades	Informação	Descrição
Dimensões Físicas	Massa	Massa total sem carga (tara)	130 kg
	Comprimento	Comprimento total	3.100 mm
	Largura	Largura total	1.800 mm
	Altura	Altura do solo ao ponto mais alto	1.350 mm
	Vão livre	Altura do ponto mais baixo até o solo	400 mm
	Espaço à frente do pneu	Distância do centro do pneu até o ponto mais dianteiro	2200 mm
	Espaço atrás do pneu	Distância do centro do pneu até o ponto mais traseiro	900 mm

Fonte: Autor

4.1.2 Especificações de projeto

O método de avaliação pelo diagrama de Mudge comparou cada um dos requisitos de projeto e estabeleceu sua importância relativa, o que permitiu sua avaliação numérica antes da análise dos requisitos do projeto.

4.1.2.1 Requisitos de clientes

Esses requisitos foram relacionados levando-se em conta todos os atributos presentes no ciclo de vida do produto, desde o projeto até a manutenção. As opiniões dos clientes levaram a três categorias, a citar: projeto, manufatura e operação. Estas opiniões foram fundadas em possíveis clientes e em uma empresa revendedora do ramo de reboques baseada nas necessidades normalmente demandadas.

- Projeto

Um projeto de baixo custo é crucial para o sucesso do reboque. Por existirem muitos modelos de diferentes fabricantes, é interessante o reboque ser personalizável conforme a necessidade do cliente. Esta liberdade do cliente conseguir adotar um estilo que seja mais interessante para seu uso tem a capacidade de ampliar o leque de consumidores.

- Manufatura

Para os clientes, o reboque deve ser fabricado utilizando-se materiais adequados, e sua fabricação deve ser feita prezando o baixo custo e a qualidade.

- Operação

Os reboques devem apresentar qualidade, segurança e confiabilidade, segundo os clientes. Deve também ser de fácil manobra quando desengatado do veículo, alterar minimamente o consumo de combustível do veículo rebocador, e possuir uma manutenção de baixo custo. Os requisitos gerais resumidos do cliente são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos do cliente

(continua)

Categorias	Nº	Requisitos
Projeto	1	Ser compacto
	2	Ser leve
	3	Ter um reduzido preço de venda
	4	Ser personalizável
	5	Ter um design atraente
	6	Apresentar elevada durabilidade
Manufatura	7	Atender a legislação vigente
	8	Apresentar um baixo custo industrial
Operação	9	Apresentar um processo de fabricação sustentável
	10	Ter uma operação silenciosa
	11	Ser de fácil manutenção
	12	Ter um baixo custo de manutenção
	13	Prover acessibilidade para o manuseio de cargas
	14	Ser seguro contra furto

(conclusão)

Categorias	N°	Requisitos
	15	Minimizar o desgaste do veículo rebocador
	16	Apresentar boa manobrabilidade desengatado
	17	Ter reduzido impacto no conforto do veículo rebocador
	18	Transmitir confiabilidade

Fonte: Autor

4.1.2.2 Valoração dos requisitos de clientes

O processo de valoração dos requisitos é realizado através do diagrama de Mudge, o qual estabelece a comparação de todas as possíveis combinações de pares de funções, determinando-se a cada momento a mais importante. Este foi construído após entrevistas realizadas com três pessoas, sendo elas: o revendedor de reboques da empresa Mania Car Reboques, um cliente interessado em adquirir um reboque, e um engenheiro mecânico. Após confeccionado o diagrama para cada um dos respondentes, foram então analisadas as respostas e convergidas para aquela que melhor atenderia as necessidades gerais dos clientes desse nicho Figura 18.

Figura 18 - Diagrama de Mudge

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Soma	%	
1	1	2B	3A	4B	5C	6B	7A	8B	9B	10C	11A	12 ^a	13B	14B	15A	1C	17B	18B	1	0,23%	
2		2	3B	2C	2B	6B	7A	8B	9B	2B	11B	12B	13B	2C	15B	2C	17B	18C	12	2,75%	
3			3	3B	3A	6B	7A	3C	3B	3B	3C	3C	13C	3B	15C	3B	3C	3C	33	7,57%	
4				4	4C	6B	7A	8B	4C	4B	11B	12B	13B	4C	15B	4C	17B	18B	10	2,29%	
5					5	6A	7A	8B	9B	10C	11B	12B	13B	14B	15B	16C	17B	18A	1	0,23%	
6						6	7A	6B	6B	6B	6C	12C	6C	6B	15C	6B	17C	6B	37	8,49%	
7							7	7A	7A	7A	7A	7 ^a	7 ^a	7A	7 ^a	7A	7A	7A	85	19,50%	
8								8	8C	8C	11B	8B	13C	8B	15C	8B	8C	18B	24	5,50%	
9									9	9B	11B	12B	13B	9B	15B	9B	17C	18B	18	4,13%	
10										10	11B	12C	13B	10B	15B	10B	17C	18B	8	1,83%	
11											11	12C	13B	11B	15C	16C	17B	18B	26	5,96%	
12												12	13C	12B	12C	12B	17B	18C	27	6,19%	
13													13	13B	13B	13B	17C	13C	34	7,80%	
14														14	15B	14B	17B	18B	9	2,06%	
15															15	15B	17C	18B	30	6,88%	
16																16	17B	18B	2	0,46%	
17																	17	18B	37	8,49%	
18																		18	42	9,63%	
																			TOTAL	436	100,00%

Legenda	
A=5	Muito mais importante
B=3	Mais importante
C=1	Pouco mais importante

Fonte: Autor

De acordo com o diagrama de Mudge, exposto na Figura 18, tem-se os requisitos de clientes, ordenados por relevância, como segue no Quadro 8 abaixo:

Quadro 8 - Requisitos de clientes valorados

Classificação	N°	Requisitos	Valores (%)
1°	07	Atender a legislação vigente	19,50
2°	18	Transmitir confiabilidade	9,63
3°	06	Apresentar elevada durabilidade	8,49
4°	17	Ter reduzido impacto no conforto do veículo rebocador	8,49
5°	13	Prover acessibilidade para o manuseio de cargas	7,80
6°	03	Ter um reduzido preço de venda	7,57
7°	15	Minimizar o desgaste do veículo rebocador	6,88
8°	12	Ter um baixo custo de manutenção	6,19
9°	11	Ser de fácil manutenção	5,96
10°	08	Apresentar um baixo custo industrial	5,50
11°	09	Apresentar um processo de fabricação sustentável	4,13
12°	02	Ser leve	2,75
13°	04	Ser personalizável	2,29
14°	14	Ser seguro contra furtos	2,06
15°	10	Ter uma operação silenciosa	1,83
16°	16	Apresentar boa manobrabilidade desengatado	0,46
17°	05	Ter um <i>design</i> atraente	0,23
18°	01	Ser compacto	0,23

Fonte: Autor.

Pode - se observar, analisando o diagrama de Mudge, que o requisito mais importante é o atendimento à legislação de trânsito vigente, o que não poderia ser diferente, já que é imperativo para o trânsito do reboque pelas ruas e rodovias. Contudo, pode - se ver que o preço de venda, na comparação direta com a legislação, é mais atraente. Pode - se pensar, neste caso, que na hipótese de aquisição do reboque apenas para utilização em uma propriedade rural, ou até mesmo dentro de uma indústria, onde não é necessário o licenciamento do mesmo, pode-se reduzir seu valor por não necessariamente atentar às implicações que a lei impõe. Portanto, obtidas as importâncias relativas de cada requisito, pode-se a partir deste momento fazer a análise dos requisitos de projeto.

4.1.3 Requisitos de Projeto

Um requisito de projeto é uma condição necessária para a obtenção de um objetivo ou para o preenchimento de um certo fim. Em outras palavras, indica como um requisito do cliente pode ser atendido. É uma característica mensurável, uma métrica. Estes requisitos são obtidos a partir da conversão dos requisitos dos clientes (Quadro 9), ou seja, uma transformação de desejos em manifestações físicas.

Quadro 9 - Conversão requisitos de cliente em requisitos de projeto

Requisitos	Unidades
Área projetada em solo	m
Tara	kg
Etapas de fabricação	Quantidade
Capacidade de carga	kg
Proteção estrutural contra intempéries	µm
Modularização	Quantidade
NVH	dB
Tempo de manutenção	Horas
Custo manutenção	R\$
Centro de gravidade	m
Altura plataforma de carga	m
Resistencia ao rolamento	N
Consumo de energia elétrica	W
Itens adicionais de sinalização	Quantidade
Proteção da carga	%
Segurança à sobrecarga	%
Durabilidade do sistema rolante	km
Nacionalização de componentes	%
Intervalo de manutenção	Meses
Amortecimento do conjunto	kg/s
Fixadores da carga	Quantidade

Fonte: Autor

4.1.3.1 Matriz QFD

Com a lista de requisitos dos clientes avaliados pelo método Mudge, pôde-se entender como cada requisito foi traduzido em satisfação do cliente. Esses requisitos devem ser atendidos no produto final, mas precisam de uma forma de mensuração. Para isso, os requisitos do cliente devem ser transformados em requisitos de projeto

com métricas de engenharia. Isso permite definir metas, avaliar os requisitos e listar os aspectos indesejáveis, caso não possam ser alcançados.

O método QFD consiste em uma avaliação numérica semelhante ao método Mudge, embora os requisitos do cliente sejam todos comparados aos requisitos do projeto, desde que classificados como obrigatórios, atrativos ou esperados pelo modelo Kano. O objetivo é analisar e classificar como cada requisito de projeto atende aos desejos do cliente. A importância relativa de cada requisito foi obtida pelo método QFD apresentado na Figura 19.

Figura 19 – matriz QFD

Valoração Cliente	Modelo Kano	Requisitos de projeto Requisitos do cliente	Área projetada em solo	Tara	Etapas de fabricação	Capacidade de carga	Proteção estrutural contra intempéries	Modularização	NVH	Tempo de manutenção	Custo de manutenção	Centro de gravidade	Altura plataforma de carga	Resistência ao rolamento	Consumo de energia elétrica	Itens adicionais de sinalização	Proteção da carga	Segurança a sobrecarga	Durabilidade do sistema rolante	Nacionalização de componentes	Intervalo de manutenção	Amortecimento do conjunto	Fixadores da carga
			Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	X	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø	Ø
19,50%	M	Atender a legislação vigente	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	X	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø
9,63%	A	Trasmitir confiabilidade	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø
8,49%	E	Apresentar elevada durabilidade	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
8,49%	A	Ter reduzido impacto no conforto do veículo rebocador	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø
7,80%	E	Prover acessibilidade para o manuseio de cargas	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	X	X	X	Ø	Ø	X	X	X	Ø	X	X	X	X	X	Ø
7,57%	A	Ter um reduzido preço de venda	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
6,88%	A	Minimizar o desgaste do veículo rebocador	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø	X	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø
6,19%	A	Ter um baixo custo de manutenção	X	Ø	X	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X	X	X	X	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø	X	X
5,96%	E	Ser de fácil manutenção	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X	X	X	X	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X
5,50%	E	Apresentar um baixo custo industrial	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
4,13%	E	Apresentar um processo de fabricação sustentável	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X	X	X	Ø	Ø	X	X	Ø	Ø	Ø	X	X
2,75%	E	Ser leve	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X
2,29%	A	Ser personalizável	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø
2,06%	A	Ser seguro contra furtos	X	X	X	X	X	Ø	X	X	X	X	X	X	X	X	Ø	X	X	X	X	X	Ø
1,83%	E	Ter uma operação silenciosa	Ø	Ø	X	X	X	Ø	Ø	X	X	Ø	Ø	Ø	X	X	X	X	Ø	X	X	Ø	Ø
0,46%	E	Apresentar boa manobrabilidade desengatado	Ø	Ø	X	Ø	X	Ø	X	X	X	Ø	Ø	Ø	X	X	Ø	X	X	Ø	X	X	Ø
0,23%	A	Ter um design atraente	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	X	Ø	Ø
0,23%	A	Ser compacto	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	X	Ø	X	X	Ø	Ø	X	X	Ø	X	X	Ø

Fonte: Autor

Tabela 2 – Classificação dos requisitos técnicos

Classificação	Requisitos	Valores (%)
1°	Capacidade de carga	8,75
2°	Tara	7,20
3°	Segurança a sobrecarga	7,11
4°	Área projetada em solo	6,04
5°	Durabilidade do sistema rolante	5,47
6°	Proteção estrutural contra intempéries	5,33
7°	Resistencia ao rolamento	5,20
8°	Amortecimento do conjunto	5,19
9°	Modularização	5,09
10°	Centro de gravidade	5,06
11°	Etapas de fabricação	4,42
12°	Altura plataforma de carga	4,29
13°	Tempo de manutenção	4,14
14°	Intervalo de manutenção	4,02
15°	Consumo de energia elétrica	3,84
16°	Fixadores da carga	3,75
17°	Nacionalização de componentes	3,47
18°	Proteção da carga	3,19
19°	NVH	2,89
20°	Itens adicionais de sinalização	2,80
21°	Custo de manutenção	2,74

Fonte: Autor

4.1.3.2 Especificações de requisitos

A lista de especificações de projeto foi processada após a avaliação numérica dos requisitos de projeto. As metas foram baseadas nas informações disponíveis na comunidade de pesquisa, padrões internacionais, benchmark da frota brasileira e modelos atuais, pode ser vista no Quadro 10.

Quadro 10 - Especificações de requisitos

(continua)

Classificação	Especificação	Valor alvo	Processo de valoração	Aspecto indesejado
1°	Capacidade de carga	> 500 Kg	Pesagem da carga	Capacidade muito menor
2°	Tara	< 750 Kg	Pesagem do veículo carregado	Ultrapassar o limite imposto pela legislação
3°	Área projetada em solo	< 2,6 m de largura <19,6 m de comprimento engatado ao veículo rebocador < 4,4 m de altura	Medição	Ultrapassar o limite imposto pela legislação
4°	Segurança a sobrecarga	>2,7	Calculado	Valor menor que 2,7 para FS
5°	Durabilidade do sistema rolante	>20000 km	Medindo	Durar menos que 20 mil km com manutenção preventiva
6°	Proteção estrutural contra intempéries	Camada de tinta maior que 150 µm. Camada de galvanização maior que 80 µm.	Medição da camada	Camada de tinta menor que 100 µm. Camada de galvanização menor que 80 µm.
7°	Modularização	>5	Contagem	Possuir menos de 5 opções
8°	Resistencia ao rolamento	>C	Verificação	Gradação de eficiência abaixo de C
9°	Fixadores da carga	>15	Contagem	Má fixação da carga
10°	Etapas de fabricação	<6	Contagem	Elevado número de etapas
11°	Amortecimento do conjunto	<1 Hz	Medição	Valor muito maior que 1 Hz
12°	Altura plataforma de carga	<0,9 m	Medição	Dificuldade de carregamento da carga

(conclusão)

Classificação	Especificação	Valor alvo	Processo de valoração	Aspecto indesejado
13°	Centro de gravidade	Centro do reboque	Medição	CG na parte traseira do reboque
14°	Custo de manutenção	< R\$ 100 a.a.	Empírico	Valor maior que R\$ 100 dentro de 1 ano
15°	Intervalo de manutenção	>1 ano	Empírico	Ter que realizar a manutenção antes de 1 ano de uso
16°	Nacionalização de componentes	>5	Empírico	Peças importadas
17°	Proteção da carga	>60%	Empírico	Baixa proteção da carga
18°	NVH	<100 dBA	Medição	Valor maior que 100 dBA
19°	Consumo de energia elétrica	<100 W	Medição	Valor maior que 100 W
20°	Itens adicionais de sinalização	>5	Empírico	Sinalização insuficiente e risco de acidente
21°	Tempo de manutenção	<1 dia	Empírico	Manutenção demorar mais que 1 dia

Fonte: Autor

Para a definição de alguns valores alvo, foram utilizados dados já conhecidos e adaptados para o caso pesquisado. Por exemplo, para o valor de revisão, foi considerado o custo de revisão de um automóvel popular novo, ajustado proporcionalmente para o valor de um reboque, assim como outros itens.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

Com a aprovação das especificações de projeto, foi possível dar início à fase de projeto conceitual, com a análise funcional do produto e proposta de princípios de solução para estes.

4.2.1 Diagrama funcional do produto

4.2.1.1 *Função global*

A função global define o objetivo do produto. É caracterizada com um verbo no infinitivo somado a um substantivo. Conforme ROMANO (notas de aula, 2020), os requisitos de um equipamento, máquina ou subconjunto, determinam a função que representa a inter-relação geral entre entrada e saída de um sistema. Portanto, se o núcleo da tarefa global estiver formulado, então a função global pode ser indicada, apontando-se, mediante utilização de um diagrama de blocos, a inter-relação entre variáveis de entrada e de saída com referência à conversão de energia, material e/ou sinal, de forma neutra com relação à solução. Assim, a função global do produto em desenvolvimento é a de transportar cargas.

4.2.1.2 *Subfunções*

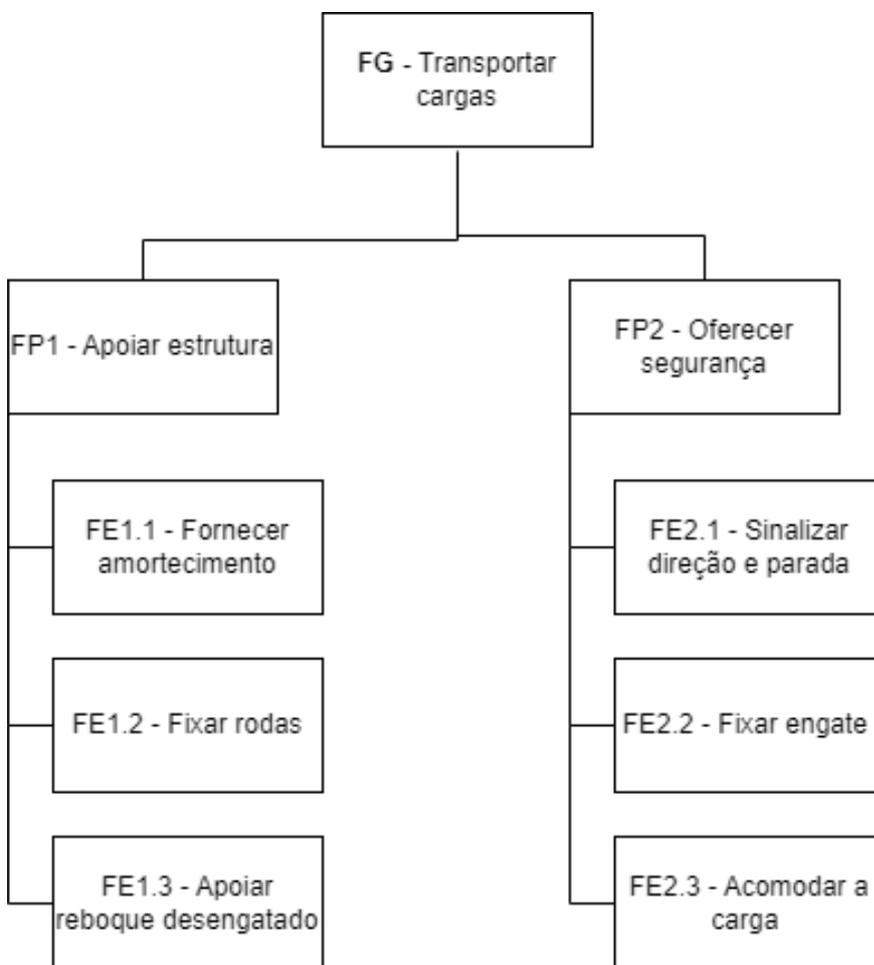
A divisão da função global em subfunções é conveniente durante a fase do projeto conceitual. No momento em que a função global é subdivida, simplifica-se a busca por soluções. Desta forma, a função global subdivide-se em:

- Apoiar estrutura;
- Oferecer segurança;

4.2.1.3 Estrutura funcional

O objetivo é decompor a função global a ser executada em funções mais simples, denominadas de funções parciais, até o nível de funções elementares, de modo a atender as especificações de projeto. A interligação das subfunções resulta na estrutura funcional, que representa a função global. Posto isto, na Figura 20, pode - se ver a estrutura funcional do produto.

Figura 20 - Estrutura de funções do reboque



Fonte: Autor

4.2.2 Matriz morfológica

A matriz morfológica procura sistematizar as diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema. Esta compreende: listar as funções do produto, os possíveis meios (princípios de solução) para cada função, e representar visualmente as funções e os princípios de solução para explorar as combinações, como visto no Quadro 11. Com isso, pôde-se selecionar concepções para o produto e avaliar estas mediante o quão bem atendem as especificações determinadas no capítulo anterior.

Quadro 11 - Matriz morfológica

(continua)

FUNÇÕES	1	2	3
FE1.1 - Fornecer amorteciment o			
FE1.2 - Fixar rodas			
FE1.3 – Apoiar reboque desengatado			

(continuação)

FUNÇÕES	1	2	3
FE2.1 – Sinalizar direção e parada			
FE2.2 – Fixar engate			
FE2.3 – Acomodar a carga			
FE2.3 – Acomodar a carga			
FE2.3 – Acomodar a carga			
FE2.3 – Acomodar a carga			
FE2.3 – Acomodar a carga			

(conclusão)

FUNÇÕES	1	2	3
FE2.3 – Acomodar a carga			

Fonte: Autor

As concepções que foram formadas levaram em consideração os requisitos de projeto e o quão bem atendiam a estes. Para isso, foi observado o impacto de cada parte do veículo para um princípio de solução como um todo. A principal etapa na escolha da concepção foi a carroceria, para a qual deverá ser utilizada uma plataforma lisa, onde o usuário encaixa os itens que ele deseja para cada função necessária, como por exemplo: guardas laterais dianteiras e traseiras, trilhos para o transporte de motocicletas, trilhos para o transporte de embarcações, guardas com tampa vedada para cargas que necessitam um espaço hermético, cabine para camping, e todas as outras formas para possibilitar o “multiuso” do reboque.

A suspensão pode ser do tipo eixo simples com barra de torção, onde uma barra, no interior do tubo e envolta por borrachas, faz o amortecimento do veículo. Outra possibilidade seria um conjunto com feixes de molas semielípticas com amortecedores, como utilizados em alguns veículos de carga. A vantagem da utilização do primeiro é a simplicidade devido ao baixo número de componentes, enquanto o segundo é mais efetivo no amortecimento de impactos.

As travas de engate são todas regularizadas e suportam o mesmo peso. Com isso, a sua escolha é baseada em estética, embora o último modelo apresentado para alguns pode não transmitir tanta segurança, o que pode ser um ponto negativo.

Com relação aos cubos de rodas, a primeira opção é segura e o fornecedor oferece garantia, porém não atende ao requisito de ter mais de uma furação para rodas de diferentes marcas de veículos. Já a segunda opção atende

esta necessidade, a um maior custo. O terceiro modelo transmite uma maior segurança por possuir freios próprios, embora isso traga uma maior complexidade ao sistema e um maior custo. Segundo o órgão regulamentador, o reboque ao qual está sendo proposto a sua utilização não necessita de um sistema de freios próprio.

Para o conjunto de sinalização, tem – se o modelo todo em LED, o qual apresenta uma maior vida útil devido ao encapsulamento. Porém, quando este apresenta um defeito parcial, não há manutenção, apenas a troca do conjunto. Já a opção convencional com lâmpadas comuns possibilita a manutenção individual, embora seja sujeita a oxidação mais facilmente.

Para o apoio do reboque quando desengatado, tem - se a primeira opção que é uma base reta, porém articulada. Outra opção é uma base com rodízio, o que facilita o movimento do reboque quando o mesmo não está engatado, porém a um custo maior. Por último, uma base reta sem articulação, mas retrátil.

Já as guardas laterais, frontal e traseira, podem ser fabricadas em madeira, chapas metálicas, ou outros materiais, e tem como objetivo o transporte mais seguro de cargas a granel, como areia e brita.

Guias para o transporte de embarcações evitam que este veículos sejam danificados.

Canaletas para o transporte de motocicletas facilitam o procedimento de carga e descarga, bem como evitam o escorregamento do veículo sobre o reboque.

Já as cabines de camping servem para aqueles que utilizam o veículo para passeio e necessitam de um lugar para pernoite. E por fim, os baús servem para o acomodamento hermético e seguro de alguns tipos de cargas.

4.2.3 Propostas de concepções

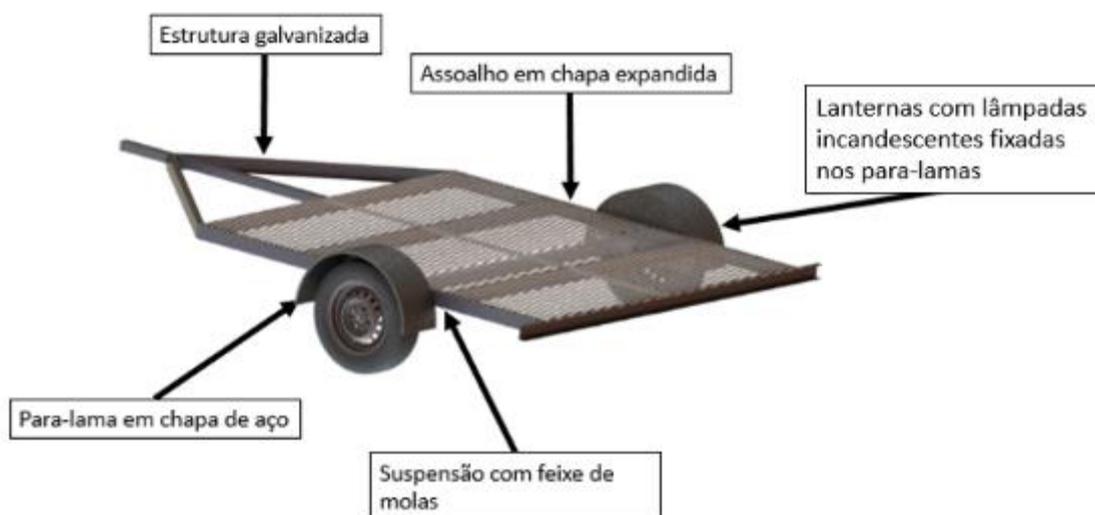
A formação de concepções se dá pela combinação das partes presentes no Quadro 11, de modo a formar um conceito final ideal para o reboque que atenda, da melhor forma possível, as necessidades dos compradores.

A discussão sobre as possíveis concepções do veículo gerou 4 opções a serem analisadas de acordo com as especificações de projeto. Dentre as

concepções geradas, cada uma tem sua peculiaridade: A concepção “A” é focada em um maior número de fixações para carga com um projeto mais simples. A concepção “B” foca no menor custo possível para o veículo, enquanto a concepção “C” foca na maior qualidade do produto. Já a concepção “D” mescla as concepções anteriores, buscando um compromisso entre elas, que irá atingir a maior valoração de acordo com os requisitos de projeto. Abaixo serão apresentadas as concepções para um melhor entendimento das mesmas.

Para a concepção “A”, Figura 21, foi proposta uma estrutura com tratamento de galvanização para proteção contra inempéries, para-lamas em chapas de aço calandrada, uma suspensão com feixes de mola e amortecedor, lanternas traseiras com lâmpadas incandescentes, e um assoalho fabricado em chapa de aço expandida, o que possibilita uma grande facilidade para amarrar a carga em qualquer ponto do veículo.

Figura 21 - Concepção "A"

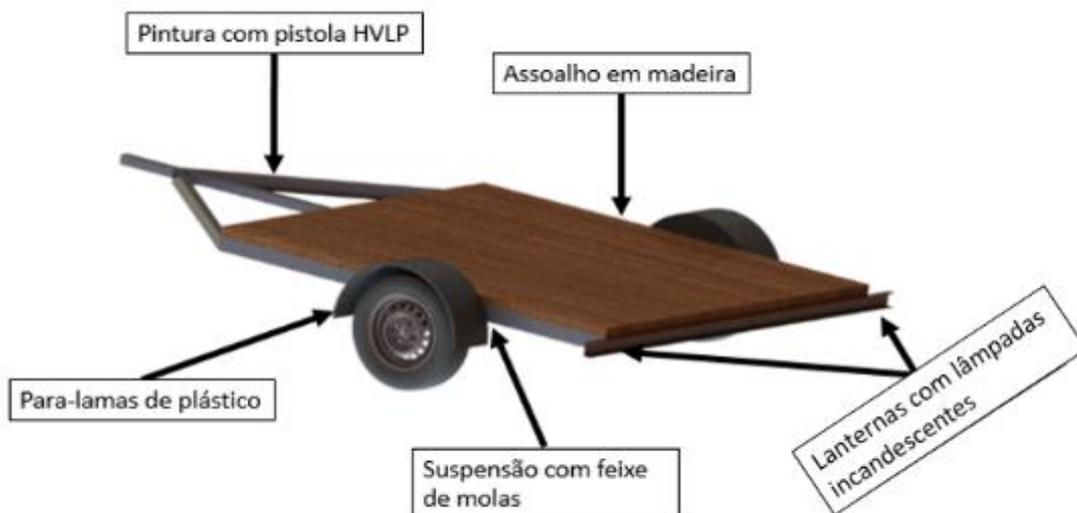


Fonte: Autor

Para a concepção “B” foi proposto um conjunto visando o menor custo possível. Para isso, tem - se uma estrutura pintada manualmente com tinta sintética, para-lamas em plástico injetado, uma suspensão com sistema de feixe

de molas e amortecedor, lanternas traseiras com lâmpadas incandescentes, e um assoalho em madeira envernizada. A concepção “B” é apresentada na Figura 22.

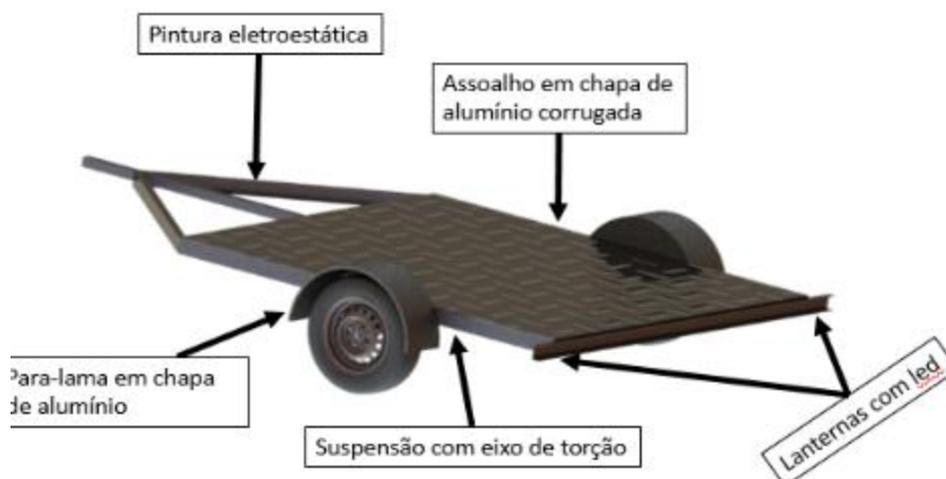
Figura 22 - Concepção "B"



Fonte: Autor

Na concepção “C” foi proposto um conjunto visando uma maior qualidade do produto, o que acarreta um custo maior. Para isso, tem - se uma estrutura com pintura eletroestática, para-lamas em chapas de alumínio, uma suspensão com sistema de braço de torção, lanternas traseiras em LED e um assoalho em chapa de alumínio corrugado. A concepção “C” é apresentada na Figura 23.

Figura 23 - Concepção "C"



Fonte: Autor

Na concepção "D" foi proposto um conjunto visando uma maior valoração de acordo com os requisitos de projeto. Para isso, tem - se uma estrutura com pintura eletroestática, para-lamas em plástico injetado, uma suspensão com sistema de braço de torção, lanternas traseiras em led e um assoalho feito com chapa aço expandida. A concepção "D" é apresentada na Figura 24.

Figura 24 - Concepção "D"



Fonte: Autor

4.2.4 Seleção da concepção final

Os requisitos de projeto foram utilizados para a avaliação de quão bem essas concepções atendem a cada um destes, de maneira sugerida por Back et al. (2008). Foi utilizado o peso (p_i) de cada requisito para a multiplicação do resultado final, a partir da pontuação vista na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de acordo com o atendimento das especificações de projeto

Valor v_i	Descrição
0	Não atende
3	Atende fracamente
5	Atende medianamente
7	Atende bem
10	Atende muito bem

Fonte: Autor

Tabela 4 – Comparação das concepções geradas

(continua)

Especificações	Peso	Concepção "A"		Concepção "B"		Concepção "C"		Concepção "D"	
	p_i	v_i	$p_i \cdot v_i$						
Capacidade de carga	9,28	10	92,8	10	92,8	10	92,8	10	92,8
Peso bruto total	8,14	10	81,4	10	81,4	10	81,4	10	81,4
Dimensões	8	10	80	10	80	10	80	10	80
Segurança a sobrecarga	6,72	7	47,04	7	47,04	7	47,04	7	47,04
Durabilidade do sistema rolante	5,52	5	27,6	5	27,60	7	38,64	7	38,64
Proteção estrutural contra intempéries	5,17	10	51,7	5	25,85	7	36,19	7	36,19
Modularização	4,94	7	34,58	7	34,58	7	34,58	7	34,58
Resistencia ao rolamento	4,75	7	33,25	7	33,25	7	33,25	7	33,25
Fixadores de carga	4,68	10	46,8	7	32,76	7	32,76	10	46,80
Etapas de fabricação	4,64	7	32,48	7	32,48	7	32,48	7	32,48

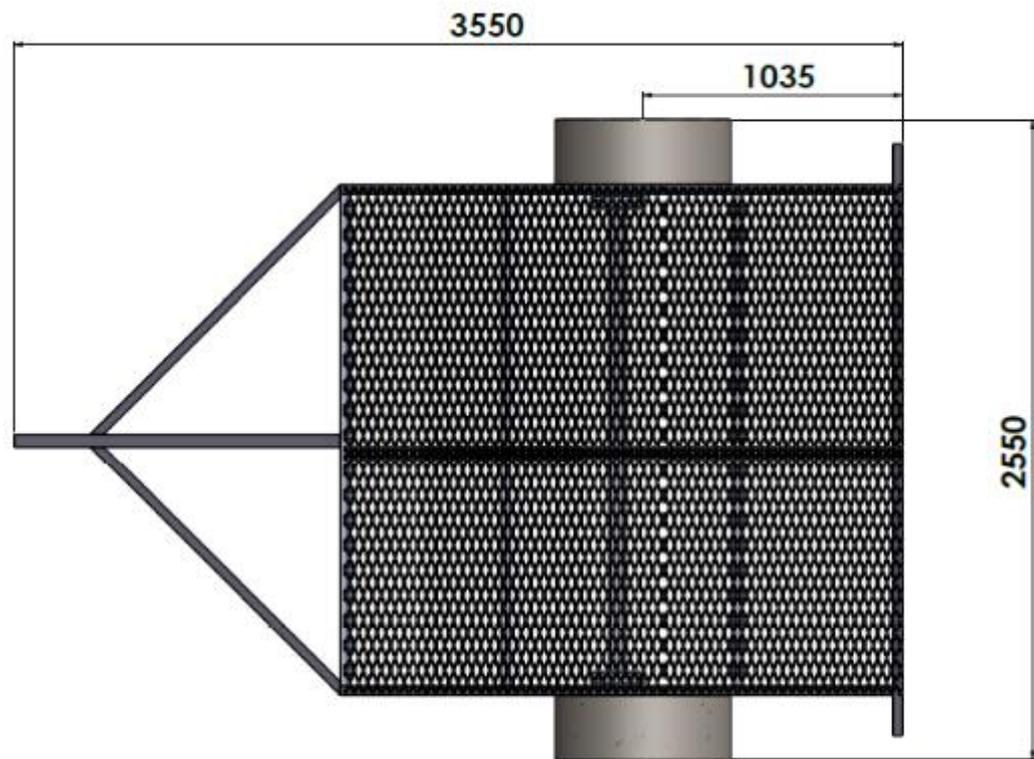
(conclusão)

Especificações	Peso	Concepção "A"		Concepção "B"		Concepção "C"		Concepção "D"	
	pi	vi	pi*vi	vi	pi*vi	vi	pi*vi	vi	pi*vi
Amortecimento do conjunto	4,61	5	23,05	5	23,05	7	32,27	7	32,27
Altura da plataforma	4,52	5	22,6	5	22,60	5	22,6	5	22,60
Centro de gravidade	4,44	7	31,08	7	31,08	7	31,08	7	31,08
Custo de manutenção	3,91	10	39,1	7	27,37	5	19,55	5	19,55
Intervalo de manutenção	3,89	7	27,23	10	38,9	10	38,90	10	38,9
Nacionalização de componentes	3,80	10	38	10	38	10	38	10	38
Proteção da carga	3,61	5	18,05	5	18,05	5	18,05	5	18,05
NVH	3,43	5	17,15	5	17,15	7	24,01	7	24,01
Consumo de energia elétrica	3,37	5	16,85	5	16,85	10	33,70	10	33,70
Itens adicionais de sinalização	2,59	5	12,95	7	18,13	7	18,13	7	18,13
Resultados		-	773,7	-	738,9	-	785,4	-	799,4

Fonte: Autor

A concepção que apresentou a maior nota é a "D". Este modelo se sobressai com relação ao modelo "C" pois possui um maior número de pontos para fixação da carga. O veículo não possui o menor valor agregado, mas atende muito bem os requisitos pois possui um grande número de pontos de fixação; possui uma pintura mais resistente aos intempéries; a suspensão, apesar de ter um valor de aquisição um pouco maior que o outro modelo, compensa por ser mais simples e possuir menos partes que necessitam de manutenção; a sinaleira em LED possui uma durabilidade muito maior para o sistema e um consumo energético menor que lâmpadas incandescentes; e possui também para-lamas de plástico, que são de fácil substituição caso haja alguma avaria. Abaixo é apresentado o layout do reboque na Figura 25, que apresenta algumas medidas impostas pelos órgãos regulamentadores para sua homologação.

Figura 25 - Layout



Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se, ao longo da pesquisa, a necessidade de um reboque com um valor acessível ao consumidor e de boa qualidade, de forma a atender o maior número de pessoas que o utilizam para diferentes fins, e atendendo a legislação vigente.

Através da buscas na literatura foi possível encontrar uma metodologia e através de suas etapas chegar na melhor concepção, com enfoque nos resultados necessários e pertinentes aos fins acadêmicos. Com o êxito da aplicação da metodologia, foi possível verificar a literatura e determinar os fatores de sucesso em conjunto ao que foi visto com entrevistas a possíveis compradores do produto, que foram expostos como requisitos de clientes e de projeto, de modo que o reboque seja aceito pelo mercado consumidor. A partir disso, a lista de especificações de projeto foi elaborada, trazendo recursos e valores meta de atributos a serem atendidos no leiaute final do produto.

O veículo parcialmente desenvolvido ao longo deste trabalho é classificado como um reboque plataforma modular, com possibilidade de transporte dos mais variados tipos de carga sendo adicionado módulos para cada carga específica, como guardas parafusadas e um assoalho fechado, para carregar cargas como areia e brita; pode-se colocar canaletas para o transporte de motocicletas; trilhos para o transporte de embarcações, prender estruturas como barracas para camping, pode-se aparafusar um báu para a maior segurança no transporte das mais diferentes cargas. Por isso é importante um reboque com plataforma que, conforme a necessidade do cliente, possa ser adaptado. As especificações de projeto selecionadas retratam um veículo especificado para o cotidiano, com facilidade de carregamento, além de proporcionar as atratividades com segurança e a respeitar a legislação de trânsito.

5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

Em função do que foi abordado durante a pesquisa, compreende-se que são importantes novas pesquisas acerca dos temas e resultados abordados.

Sugere-se:

- a) A continuação da fase de projeção, compreendendo o projeto preliminar do veículo e a modelagem do restante do produto, até a fabricação de um protótipo;
- b) Estudos de interação com os consumidores sobre os resultados dessa pesquisa;
- c) Desenvolvimento dos módulos a serem adicionados no produto desenvolvido no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Pára-choque traseiro de caminhonetes, caminhões e rebocados. **ABNT 14648**. 2006.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL EOW FABRICANTES DE TRAILERS, REBOQUE E ENGATES. **ANFATRE**. Reboque para Jet Ski. Disponível em: <<https://www.fortcarreboques.com.br/reboque-jet-ski.php>>. Acesso em 18 nov. 2021.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: Guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2000.

BONSIEPE, G.; KELLNER, P.; POESSNECKER, H. **Desenho Industrial - Metodologia Experimental**. Bras: CNPq/Coordenação Editorial, 1984.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução CONTRAN nº 558** de 15 de abril 1980. Brasília, DF. 1980.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução CONTRAN nº 963 de 17 de maio 2022. Brasília, DF. **Diário Oficial da União**. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Frota de veículos – 2021**. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021>>. Acesso em 18 nov. 2021.

COLPO, L. R. **Projeto Conceitual de um Veículo Elétrico de Pequeno Porte para o Transporte Urbano Individual**. Tese de mestrado, UFSM. 2021. 144 p.

GRISON, V. **Ferramentas para análise dinâmica e estrutural de um reboque de linha leve**. Tese de mestrado, UFRS. Junho 2005.

INMETRO. **Portaria nº 69**, de 08 de maio de 1996. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000196.pdf>>. Acesso em 23 Set 2021

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Engineering design: A systematic approach**. London: Springer London, 2007.

PMBOK. **PMBOK Guide** - 6th Edition. Philadelphia: PMI, 2017. v. 40.

REBOQUES VALE AÇO. **Carretinha Baú – 1.20x1.10x0,50**. Disponível em: <<https://reboquesvaledoaco.com.br/venda/carretinha-bau-a-venda/>>. Acesso em 18 nov. 2021.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Florianópolis, 2003.

ROZENFELD, H. FORCELLINI, F.A. AMARAL, D.C. TOLEDO, J.C. SILVA, S.L. ALLIPRANDINI, D.H. SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produto**: uma referência para a melhoria do processo. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MARINI, V. K. **Fatores de Influência no Projeto de Máquinas Agrícolas: Uma Contribuição Teórica** Santa Maria, 2007.

NBT. Normas Brasileira Técnicas. Segurança em pneu – Pneus novos de automóveis, camionetas de uso misto e seu reboques leves. NBR6087. **NBR6087**. 2001.

USADO BRASIL. **Plataforma Reboque**. Disponível em: <<https://www.usadobrasil.com.br/u/Keyword/Refresh?query=plataforma%20reboque>>. Acesso em: 13 ago. 2022.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality**. New York, NY: Free Press, 1992.